

## GEA, FLORA ET FAUNA

# Efecte de les variables ambientals i hidrològiques sobre la riquesa i distribució dels briòfits fontinals a la Catalunya oriental

Miquel Bes<sup>1</sup>, Jordi Corbera<sup>1</sup>, Ferran Sayol<sup>2</sup>, Guillem Bagaria<sup>2</sup>, Miquel Jover<sup>3</sup>, Catherine Preece<sup>2,4</sup>, Francesc Sabater<sup>1,4,5</sup>, Aida Viza<sup>1,5</sup> & Marcos Fernández-Martínez<sup>1,2,4,6</sup>

<sup>1</sup> ICHN. Delegació de la Serralada Litoral Central. Carrer de Pablo Iglesias, 83. 08302 Mataró, Catalunya.

<sup>2</sup> CREAM, Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals. 08193 Bellaterra (Cerdanyola de Vallès), Catalunya.

<sup>3</sup> Departament de Ciències Ambientals. Facultat de Ciències. Universitat de Girona. Carrer Maria Aurèlia Capmany i Farnés, 69. 17003 Girona, Catalunya.

<sup>4</sup> CSIC. Unitat d'Ecologia Global. CREAM-CSIC-UAB. 08193 Bellaterra (Cerdanyola de Vallès), Catalunya.

<sup>5</sup> Universitat de Barcelona. Departament de Biologia Evolutiva, Ecologia i Ciències Ambientals (Secció d'Ecologia). Avda. Diagonal, 643. 08028 Barcelona. Catalunya.

<sup>6</sup> Centre of Excellence PLECO (Plant and Vegetation Ecology). Departament de Biologia. Universitat d'Anvers. Universiteitsplein, 1. BE-2610 Wilrijk, Bèlgica.

Autor per a la correspondència: Marcos Fernández-Martínez. A/e: [m.burriach@gmail.com](mailto:m.burriach@gmail.com)

Rebut: 12.10.2017; Acceptat: 06.11.2017; Publicat: 28.12.2017

## Resum

Els briòfits tenen uns trets funcionals que fan d'ells uns dels indicadors més sensibles als canvis ambientals. En aquest treball vam estudiar si la riquesa d'espècies de briòfits i llurs distribucions es podien predir fent servir variables macroecològiques (p. ex., el clima, l'altitud i la conductivitat i el pH de l'aigua) a partir del mostreig de les comunitats de briòfits de 198 fonts distribuïdes entre la Serralada Litoral Central, el massís del Montseny-Guillerics, el Lluçanès i la Garrotxa. Fent servir regressions lineals, vam relacionar les variables ambientals amb la riquesa d'espècies per font. Seguidament, mitjançant un anàlisi de components principals (ACP), vam agrupar les variables ambientals en tres eixos descriptius de la variabilitat ambiental de les fonts. Fent servir les variables ambientals i els tres eixos extrems de la ACP, vam comprovar la influència d'aquestes sobre la distribució d'espècies fent servir anàlisis de la variància (ANOVA). Els nostres resultats suggereixen que la riquesa d'espècies està positivament relacionada amb la precipitació anual, el pH de l'aigua de la font i l'altitud a la que es troba la surgència. Tanmateix, la variància explicada pel model va ser força baixa (<10 %), cosa que suggereix que s'haurien de considerar altres variables ambientals per entendre millor els processos que condicionen la riquesa d'espècies de briòfits per font. A més, els nostres resultats indiquen que la distribució de briòfits es pot explicar fent servir la temperatura i precipitació mitjanes, l'altitud i la conductivitat de l'aigua que brota de les fonts.

**Paraules clau:** nínxol ecològic, molses, hepàtiques, rangs de tolerància, fonts, ecosistemes aquàtics.

## Abstract

### The effect of environmental and hydrological variables on the species richness and distribution of the bryophytes of the natural springs of eastern Catalonia

Bryophytes have biological traits that make them some of the most sensitive indicators of environmental change. Springs have a significant presence of bryophytes and hence they are ideal habitats for studying their relationship with the environment. We tested whether bryophyte species richness and distribution can be predicted with macroecological variables (i.e., climate, altitude, water pH and conductivity) sampling bryophytes from 198 springs distributed along montane regions in NE Iberian Peninsula. Regressions were used to relate species richness with selected environmental variables. A PCA analysis was performed to reduce the environmental variables to three principal coordinates. We tested the influence of environmental variables and PCA axis on species distribution using ANOVAs. Our results suggest that species richness is related to mean annual precipitation, water pH and altitude. However, total variance explained by the model is low (<10 %) suggesting other variables should be considered for a better understanding of bryophyte richness. Our results also show that bryophyte species distribution can be predicted using mean annual temperature and precipitation, altitude and water conductivity. The results obtained by the present study will be useful to improve predictions on species distribution using simple and easy to obtain variables such as climate, water pH and conductivity.

**Key words:** ecological niche, mosses, liverworts, tolerance range, springs, aquatic ecosystems.

## Introducció

Els briòfits inclouen els antocerotes (Anthocerotophyta), les hepàtiques (Marchantiophyta) i les molses (Bryophyta) i són, des d'un punt de vista morfològic i anatòmic, les plantes més simples. Malgrat ser de mida reduïda, els briòfits poden

jugar un paper rellevant en la funcionalitat i estructura dels ecosistemes. Aquest grup pot tenir una gran productivitat i ser una font important d'acumulació de biomassa (Bowden, 1999). També participen en el cicle dels nutrients i alguns, associats amb cianobacteris, són capaços de fixar nitrogen (Matzek & Vitousek, 2003). Com que són plantes no vascu-

lars, i no tenen cutícules o epidermis ben desenvolupades, la majoria de gèneres absorbeixen l'aigua i els nutrients a través de tota la seva superfície i això, sumat al fet que sovint es troben sobre substrats molt exposats, els fa ser molt sensibles a les condicions ambientals (Kapfer *et al.*, 2012). De fet, juntament amb els líquens, s'han fet servir abastament com a indicadors de la contaminació de l'aire (Slack, 1990; Suren & Ormerod, 1998; Suren & Duncan, 1999).

Així doncs, no és estrany que la distribució de les diferents espècies de briòfits estigui molt condicionada per les variables ambientals. Entre les més estudiades hi ha el clima (Gignac & Vitt, 1990; Nicholson *et al.*, 1996; Gignac, 1994) i la litologia (Belland, 2005; Callaghan & Ashton, 2008a), les quals, mitjançant la seva interacció, determinen la naturalesa de variables més locals com el pH i la conductivitat de l'aigua i condicionen les espècies de briòfits s'hi podran establir (Gignac, 1992). Estudis duts a terme en ecosistemes temperats d'Anglaterra (Callaghan & Ashton, 2008a) i zones semi-àrides d'Àustràlia (Eldridge *et al.*, 1997) confirmen la diferència en la composició de la comunitat de briòfits en relació a la precipitació mitjana, el pH del sòl i la geologia, mostrant una clara diferenciació entre les comunitats de les litologies calcàries i no calcàries (Callaghan & Ashton, 2008b; Spitale *et al.*, 2009; Virtanen *et al.*, 2009). D'altra banda, s'ha vist que la diferència de pH (Tessler *et al.*, 2014) i conductivitat (Ceschin *et al.*, 2012) de l'aigua dels diferents rius estan relacionades amb les espècies que hi poden viure, però sembla que el règim de perturbacions sembla ser el principal factor determinant de la distribució i riquesa específica en aquests ecosistemes (Suren & Ormerod, 1998; Suren & Duncan, 1999).

També s'ha estudiat abastament la composició de les comunitats briofítiques al llarg del gradient altitudinal (Suren & Ormerod, 1998; Andrew & Rodgeron, 2003; Bruun *et al.*, 2006; Grytnes *et al.*, 2006a; Ah-Peng *et al.*, 2007; Grau *et al.*, 2007). Aquests, però, no sempre són coincidents: alguns mostren una relació positiva de la riquesa amb l'altitud (Suren & Ormerod, 1998), d'altres una relació unimodal on la riquesa és màxima a altituds mitjanes (Grau *et al.*, 2007) i, finalment, n'hi ha que no detecten cap patró relacional (Andrew & Rodgeron, 2003).

Tot i que Casas (1960) i Cros (1985) descriuen la composició de les comunitats de briòfits en relació als diferents hàbitats al Montseny i al Montnegre, respectivament, són pocs els estudis duts a terme en territori català sobre els factors que determinen la distribució de les espècies (vegeu Peñuelas 1983, Peñuelas & Sabater 1987). A més, a dia d'avui, tant sols s'ha fet un treball sobre l'ecologia dels briòfits que apareixen en un hàbitat tant aparentment propici per a la seva presència com ho són les fonts de Catalunya (Corbera *et al.*, 2015).

La distribució de fonts a Catalunya és relativament homogènia per tot el territori i fa que, en conjunt, aquestes siguin representatives de la variabilitat climàtica de bona part del país. A més, les propietats fisicoquímiques de l'aigua que en brolla són indicatives de les diferències litològiques dels aquífers per on transcorren abans d'afllorar a la superfície. Les fonts representen un hàbitat on l'aigua hi és majoritàriament garantida de forma més o menys permanent, fet que afavoreix la proliferació de comunitats de briòfits a les seves parets i roques

properes, que hi acostumen a créixer de forma relativament aïllada de les plantes vasculars. Tots aquests motius fan que les fonts siguin un lloc idoni per a l'estudi de les comunitats de briòfits i llurs relacions amb les variables ambientals, aportant alhora nous coneixements sobre la flora briofítica fontinal i dels factors que en determinen la seva presència.

Així doncs, l'objectiu d'aquest treball és comprovar si les propietats fisicoquímiques de l'aigua (pH i conductivitat), el clima (temperatura, precipitació) i l'altitud, determinen la composició de les comunitats briofítiques que s'estableixen a les fonts de l'àrea d'estudi. També ens proposem determinar si hi ha alguna relació entre aquestes variables i la riquesa específica de les comunitats presents a les fonts. Per tal d'assolir els objectius generals del treball hem fet les següents hipòtesis: 1) la riquesa específica de les comunitats de briòfits té una relació amb les propietats fisicoquímiques de l'aigua, el clima i l'altitud, i 2) existeix una diferenciació en la distribució d'espècies segons les propietats fisicoquímiques de l'aigua, el clima i l'altitud.

Els resultats que se'n desprenguin poden aportar coneixements sobre la importància relativa dels diferents factors estudiats enfront la distribució i riquesa d'espècies del territori Català, fet que pot permetre fer prediccions sobre la futura distribució dels briòfits en relació a variacions ambientals.

## Material i mètodes

### Disseny experimental

Entre el gener del 2013 i el març del 2016 es van mostrejar 198 a zones muntanyoses de les comarques del Maresme, el Vallès Oriental, la Selva, Osona, el Bages i la Garrotxa (Fig. 1 i Annex 1).

L'àrea d'estudi s'estén al llarg d'una distància aproximada de 95 km en la direcció NS i 50 km en la direcció EW però, com es pot observar a la Fig. 1, les fonts mostrejades estan agregades en quatre zones ben diferenciades: 101 al massís del Montseny-Guilleries, 55 a la Serralada Litoral Central, 32 a l'altiplà del Lluçanès i 10 a la Garrotxa. Les fonts es troben situades sobre diferents climatologies que van des del mediterrani litoral central de les fonts de la Serralada Litoral Central, al mediterrani prelitoral central i mediterrani continental humit i sub-humit de les fonts del Montseny, Guilleries i Lluçanès, i al mediterrani prepirinenc oriental de la Garrotxa (Martín-Vide, 1992). Les fonts de la serralada Litoral Central estan situades majoritàriament sobre terreny granític, exceptuant les del Montnegre, que drenen una litologia predominantment metamòrfica (Sabater *et al.*, 2015). Les mostrejades al Montseny es troben sobre roques granítics, metamòrfiques i calcàries. Les de la Garrotxa estan sobre litologia calcària i volcànica. A la zona de les Guilleries, les fonts trobades se situen majoritàriament sobre litologia granítica mentre que a l'altiplà del Lluçanès estan totes sobre litologia calcària (IGME, 1983).

L'aigua de les fonts mostrejades no ha rebut cap tractament sanitari. Només s'han recopilat dades d'aquelles fonts que en el moment del mostreig rajaven. Les fonts que tenien el cabal



Figura 1. Localització geogràfica de les fonts mostrejades.

regulat per un broc d'aixeta es van descartar, de manera que, tret que les fonts s'assequin en períodes de sequera, els briòfits establerts a les fonts mantenen unes condicions d'humiditat relativament constants durant tot l'any. El pH i la conductivitat de les aigües de cada font es van mesurar directament al camp. El pH es va mesurar mitjançant un pH-metre ORION, prèviament calibrat amb tampons de 7 i de 10 i la conductivitat elèctrica mitjançant un conductímetre (WTW) calibrat a 25 °C.

Alhora, es va agafar una mostra de cada una de les diferents espècies de briòfits que, en el moment del mostreig, es trobaven en contacte amb l'aigua de la font, ja fos directament (per exemple, aquelles situades al pericó de la font) o bé indirectament (per esquitxos o bé per pèrdues d'aigua per les parets de la font). Posteriorment, al laboratori, es va procedir a la determinació a nivell d'espècie dels briòfits trobats. La determinació es va fer utilitzant una lupa binocular (80x) i un microscopi per tal de poder observar els fil·lidis i les seves cèl·lules. Les claus utilitzades per a la identificació foren les de Smith (1978, 1990), Casas *et al.* (2001, 2004) i s'ha utilitzat la nomenclatura segons Hill *et al.* (2006). Algunes mostres no han pogut ser identificades (3 %, 18 de 538), o només a nivell de gènere, degut a la dificultat que comporta determinar a nivell d'espècie algunes de les mostres recollides. Aquests casos no han estat tinguts en compte a l'hora de descriure la composició específica de la font a la qual pertanyen però sí per calcular la riquesa específica (sempre i quan s'hagi pogut assegurar que no pertanyien a cap de les altres espècies presents a la mostra). Per a estudiar la distribució dels briòfits només hem fet servir les espècies més freqüents, que hem definit com les espècies de briòfits que apareixen a 10 o més fonts. D'aquesta manera, ens assegurem que la variabilitat de cada espècie en relació a les variables ambientals hi quedi mínimament representada.

Les dades climàtiques: temperatura mitjana anual ( $T_m$ ) i precipitació mitjana anual ( $P_m$ ), de les fonts s'han extret de l'Atlas climàtic digital de Catalunya (Pons, 1996; Ninyerola *et al.*, 2000; disponible al web <http://www.opengis.uab.cat/acdc/index.htm>) a partir de les coordenades geogràfiques de cada font, obtingudes al camp amb un dispositiu GPS. L'altitud de cada font s'ha obtingut a partir del Model Digital del Terreny de Catalunya de l'Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC), disponible al web de l'ICC (<http://www.icc.cat/>). L'obtenció de dades a partir de fonts cartogràfiques s'ha dut a terme mitjançant eines de combinació de capes del programari MiraMon (Pons, 2004).

### Anàlisi estadística

Primer s'han obtingut els rangs i els valors mitjans de pH, conductivitat, clima i altitud de les quatre regions estudiades (Serralada Litoral Central, Montseny-Guilleries, Lluçanès i Garrotxa) per tal de caracteritzar les condicions ambientals a cadascuna d'elles. Per veure si hi havia diferències estadísticament significatives entre regions s'han fet servir anàlisis de la variància (ANOVA) i el test post-hoc de Tukey de comparacions dos a dos.

Per determinar si hi ha relacions entre les variables explicatives i la riquesa d'espècies hem utilitzat les dades de les cent noranta-vuit fonts que hem mostregat. Amb elles hem ajustat la riquesa d'espècies front les variables ambientals mitjançant regressions lineals incloent relacions polinòmiques de segon grau pel mètode de mínims quadrats. El model saturat que prediu la riquesa d'espècies inclou el pH, la conductivitat, l'altitud, la temperatura i la precipitació, així com també el seus termes al quadrat per permetre relacions no lineals entre la riquesa d'espècies i les variables predictores. La selecció de models s'ha dut a terme mitjançant la tècnica del millor subconjunt (*bests subsets*) basant-nos en el criteri de mínim BIC (Bayesian Information Criterion) i fent servir la funció *dredge* del paquet d'R (R Core Team, 2015) *MuMin* (Barton, 2015). La variància explicada per cada variable predictora ( $R^2$ ) s'ha calculat mitjançant la mètrica «PMVD» (Proportional Marginal Variance Decomposition method) del paquet d'R *relaimpo* (Grömping, 2006, 2007). Per visualitzar els resultats s'han fet servir gràfics de residus parcials mitjançant el paquet d'R *visreg* (Breheny & Burchett, 2015). Aquests gràfics mostren la relació de la variable predictora amb la resposta tenint en compte la variància compartida per la resta de variables dins del model.

Seguidament, per tal de veure si les comunitats de briòfits varien en relació a les condicions ambientals de les fonts es va fer: *i*) una anàlisi de components principals (ACP) a partir de les variables de pH, conductivitat, precipitació mitjana, temperatura mitjana i altitud per cada font per tal d'obtenir tres eixos ortogonals que ens expliquin el màxim de la variància de les variables explicatives *ii*) hem extret les puntuacions dels tres eixos extrets de la ACP per cada espècie i font *iii*) hem fet una ANOVA, on les variables resposta són les puntuacions dels tres primers eixos de la ACP i la variable predictora, en els tres casos, són les espècies. Aquesta anàlisi ens permet veure si la variabilitat entre espècies és més ele-

vada que la variabilitat dins de l'espècie per les puntuacions dels tres eixos de la ACP. Per determinar entre quines espècies hi ha diferències significatives hem dut a terme un test post-hoc de Tukey. A més a més, els punts *ii* i *iii* s'han dut a terme també per cadascuna de les 5 variables predictorcs (pH, conductivitat, Tm, Pm i altitud). Per fer aquesta anàlisi només s'han fet servir cent vuitanta-dues fonts en les que hi apareix almenys una de les espècies més freqüents.

Tant els models lineals com les ANOVA compleixen les assumpcions dels models (normalitat, homoscedasticitat i independència dels residus). L'autocorrelació espacial s'ha comprovat mitjançant el test de Moran dels residus del model, resultant no significativa. L'anàlisi estadística s'ha dut a terme amb el software lliure R (R Core Team, 2015).

## Resultats

### Caracterització de les zones d'estudi

Les fonts de la Serralada Litoral Central són les que es troben a cotes inferiors (328 metres de mitjana) i a temperatures més càlides (13,90 °C de mitjana) de totes les mostrejades (Taula 1). Les fonts del Lluçanès, Montseny-Guilleries i Garrotxa es troben majoritàriament a temperatures mitjanes anuals entre 11 °C i 12,5 °C i a altituds mitjanes entre 550 i 850 metres, tot i que algunes fonts del Montseny es troben a temperatures excepcionalment altes (15,70 °C). La precipitació mitjana de la Garrotxa és la més elevada de totes les zones (1.049 mm) seguida del Montseny-Guilleries (947 mm), mentre que el Lluçanès i la Serralada Litoral Central són les zones més seques amb precipitacions mitjanes anuals entre 700 i 80 mm (Taula 1).

Pel que fa a les propietats de l'aigua, la Taula 1 mostra com les fonts de la Garrotxa, de mitjana, brollen aigua de pH mig punt més bàsic (7,65) que les del Lluçanès i Serralada

Litoral Central (7,10), mentre que les del Montseny-Guilleries es troben en valors intermedis. En tot cas, al Lluçanès, Serralada Litoral i Montseny-Guilleries tant hi trobem fonts amb aigües àcides (pH ≤6) com bàsiques (pH ≥8). La conductivitat també es mou en rangs molt amplis en totes les zones però, de mitjana, és clarament superior al Lluçanès (1.059 µS·cm<sup>-1</sup>) seguida de la Serralada Litoral Central i la Garrotxa (al voltant de 700 µS·cm<sup>-1</sup>), mentre que el Montseny-Guilleries presenta les aigües amb menys conductivitat (286 µS·cm<sup>-1</sup>) (Taula 1).

En el total de les fonts mostrejades s'hi han trobat 58 tàxons diferents de briòfits (16 hepàtiques i 42 molses) (Annex 1). Com es pot veure a l'histograma (Fig. 2), la majoria de fonts presenten una riquesa d'espècies baixa, entre 1 i 3, essent 2 el valor de riquesa més freqüent. El màxim correspon a una única font de la Garrotxa que conté 12 espècies. Exceptuant aquesta font, la màxima riquesa trobada és de 8 espècies. La Garrotxa és la zona que té la mitjana més alta d'espècies per font (4,27) tot i que no ha resultat ser significativament superior a la del Lluçanès (3,16 espècies). La riquesa mitjana de les fonts del Montseny-Guilleries (2,75 espècies) és més alta que la de la Serralada Litoral que és la zona que presenta el valor més baix de totes (2,05 espècies) (Taula 1).

### Relacions de la riquesa d'espècies amb les variables ambientals

El model que millor explica la riquesa d'espècies per font conté la precipitació, el pH i l'altitud tal com es veu a l'equació següent:

$$\text{Riquesa} \sim \text{precipitació} + \text{pH} + \text{pH}^2 + \text{altitud} + \text{altitud}^2$$

La precipitació, el pH i l'altitud expliquen un 2,9 %, 2,7 % i 3,1 % respectivament de la variància de la riquesa d'espècies per font, la suma de les quals ens dona el valor total de R<sup>2</sup> del model, que ens indica que aquest explica tan sols un 8,8 %

Taula 1. Resum de les dades del clima, altitud, pH i conductivitat de l'aigua i riquesa de briòfits trobada a les fonts estudiades. Les dades s'expressen com a mitjana ± error estàndard, el grup es descriu amb lletres que indiquen diferències significatives entre regions. Les regions amb la mateixa lletra (A, B o C) no es diferencien significativament entre elles en relació a la variable considerada, però sí de les que tenen lletres diferents. Les diferències entre llocs han estat testades amb tests ANOVA i el test post-hoc de Tukey per establir grups. La columna total mostra la mitjana considerant totes les fonts i la filera fonts mostra el nombre de fonts per grup. Totes les anàlisis van ser significatives ( $P > 0.001$ ). Els acrònims indiquen temperatura mitjana anual (MAT), precipitació mitjana anual (MAP) i riquesa d'espècies (Riquesa sp.).

|               | Total        | Lluçanès     | Montseny - Guilleries | Central Litoral | Garrotxa     |
|---------------|--------------|--------------|-----------------------|-----------------|--------------|
| MAT           | 12,01 ± 0,13 | 11,38 ± 0,12 | 11,18 ± 0,30          | 13,90 ± 0,16    | 12,11 ± 0,52 |
|               |              | A            | A                     | B               | A            |
| MAP           | 863 ± 11     | 766 ± 22     | 947 ± 19              | 728 ± 14        | 1049 ± 31    |
|               |              | A            | B                     | A               | C            |
| Altitud       | 660 ± 24     | 703 ± 29     | 828 ± 53              | 328 ± 25        | 640 ± 109    |
|               |              | B            | B                     | A               | B            |
| pH            | 7,17 ± 0,04  | 7,10 ± 0,09  | 7,18 ± 0,11           | 7,09 ± 0,10     | 7,65 ± 0,13  |
|               |              | A            | AB                    | A               | B            |
| Conductivitat | 546 ± 32     | 1059 ± 100   | 286 ± 50              | 701 ± 74        | 688 ± 186    |
|               |              | C            | A                     | B               | B            |
| Riquesa Sp.   | 2,71 ± 0,12  | 3,16 ± 0,44  | 2,75 ± 0,23           | 2,05 ± 0,21     | 4,27 ± 1,31  |
|               |              | BC           | B                     | A               | C            |
| Fonts         | 198          | 32           | 101                   | 55              | 10           |

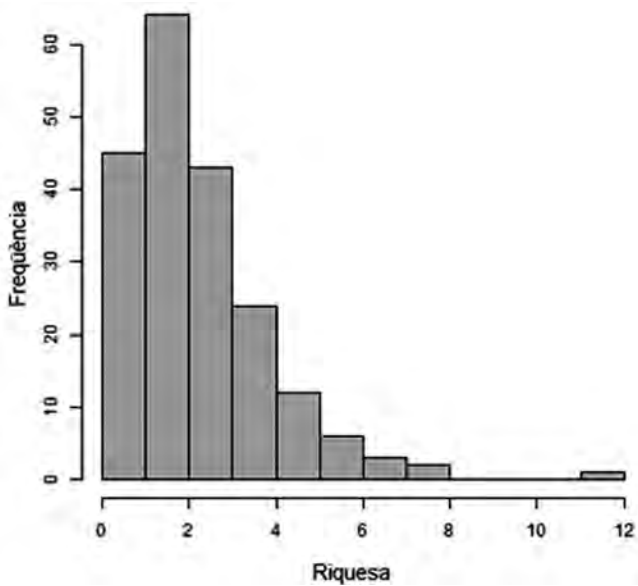


Figura 2. Histograma de la riquesa específica de totes les fonts mostrejades.

de la variància de la riquesa d'espècies per font. Segons els coeficients estandaritzats del model, la riquesa d'espècies és més sensible a variacions del pH que a les de l'altitud i la precipitació (Taula 3). La precipitació presenta una relació positiva amb el nombre d'espècies per font (Fig. 3a). En canvi, el pH i l'altitud presenten una relació no-lineal amb la riquesa d'espècies. Les fonts amb aigües de pH més alts i més baixos tenen tendència a presentar una riquesa específica baixa, mentre que la riquesa d'espècies és més elevada en aquelles fonts amb aigües de pH intermedis (Fig. 3b). El màxim de riquesa de les fonts en relació al pH es situa a valors de 7,56. La riquesa també té un màxim en valors intermedis en relació l'altitud, tot i que en aquest cas aquest màxim es troba en una altitud relativament baixa (556 metres) i, en termes generals, la riquesa de les fonts situades a cotes més elevades és inferior a les que es troben cotes baixes (Fig. 3c).

### Relacions de la distribució d'espècies amb les variables ambientals

Dels 58 tàxons de briòfits trobats, només 13 (dues hepàtiques i 11 molses) (Taula 2) han aparegut a deu o més fonts i són les que hem considerat per a l'anàlisi de la distribució d'espècies. Els resultats obtinguts de la ACP, mostren que el 94,9 % de la variància de les variables explicatives es pot resumir en tres nous eixos independents entre ells. El primer eix (CP1) explica un 60,8 % de la variància, mentre que el segon i tercer (CP2 i CP3) expliquen un 19,8 i un 14,3 % respectivament. Es pot observar a la Taula 4 com el primer eix està dominat per precipitacions i altituds elevades i temperatures i conductivitats baixes. El segon eix és pràcticament igual al pH, mentre que el tercer representa fonts de conductivitat i altitud elevades i de temperatures baixes.

Les ANOVA realitzades mostren com les espècies es diferencien al llarg de l'eix PC1 i PC3 però en canvi ( $P < 0.001$ ),

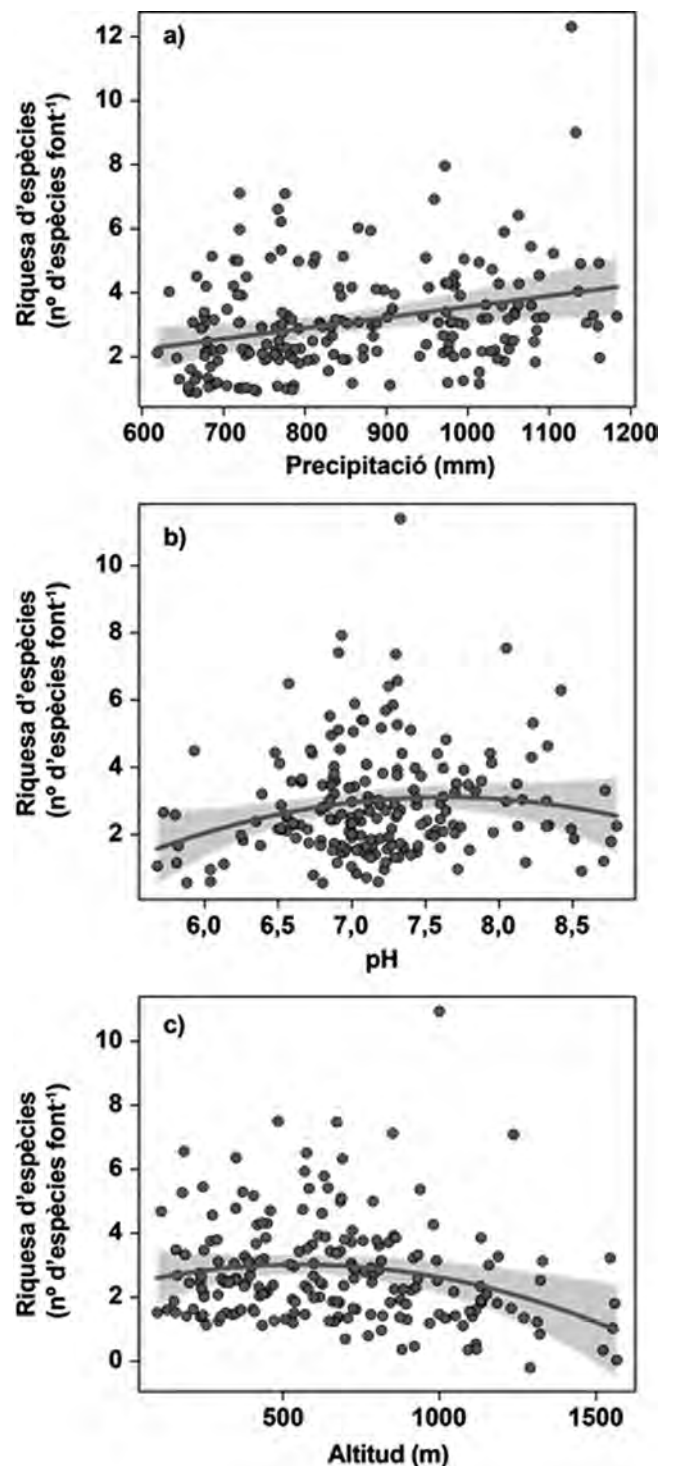


Figura 3. Gràfic de residus parcials de la riquesa d'espècies font⁻¹ en funció de a) precipitació, b) pH i c) altitud. La línia blava indica la relació de la variable resposta en el model, mentre que l'àrea ombrada indica l'error estàndard de la pendent.

no hi ha diferències significatives entre elles en relació a l'eix PC2 ( $P = 0.36$ ). La representació gràfica de les espècies en relació als dos eixos que presenten diferències estadísticament significatives segons les ANOVA (PC1 i PC3) permet detectar diferències entre elles en relació a les característiques de les fonts on viuen (Fig. 4). Les espècies *Pohlia mela-*

**Taula 2.** Relació de les espècies més freqüents en les fonts mostrejades. La columna M/H indica al llinatge al qual pertanyen, essent *M* les molles i *H* les hepàtiques. *N* indica el nombre de fonts on s’han trobat. També s’inclou una descripció dels seus hàbitats preferents (Casas, 1960; Casas *et al.*, 2001; 2004; Atherton *et al.*, 2010) i la seva caracterització ecològica segons Dierßen (2001). Substrat: h.a., molt acidòfil; c.a., considerablement acidòfil; m.a., moderadament acidòfil; s.n., subneutròfil; b., basòfil. Humitat: h.h., molt hidròfil; c.h., considerablement hidròfil; m.h., moderadament hidròfil; m., mesòfil; m.x., moderadament xeròfil; c.x., considerablement xeròfil; h.x., molt xeròfil.

|                                   | M/H | N  | Hàbitat preferent  | Substrat |      |      |      |    | Humitat |      |      |   |      |      |      |  |
|-----------------------------------|-----|----|--|----------|------|------|------|----|---------|------|------|---|------|------|------|--|
|                                   |     |    |  | h.a.     | c.a. | m.a. | s.n. | b. | h.h.    | c.h. | m.h. | m | m.x. | c.x. | h.x. |  |
| <i>Oxyrrhynchium speciosum</i>    | M   | 64 | Boscus humits, torberes i deus                                   |          |      |      |      |    |         |      |      |   |      |      |      |  |
| <i>Pellia endiviifolia</i>        | H   | 57 | Marge de torrents, boscus ombrívols, torberes i roques molles    |          |      |      |      |    |         |      |      |   |      |      |      |  |
| <i>Eucladium verticillatum</i>    | M   | 50 | Marge de torrents, llocs humits i ombrívols. Aigües calcàries    |          |      |      |      |    |         |      |      |   |      |      |      |  |
| <i>Cratoneuron filicinum</i>      | M   | 44 | Hàbitats diversos: vora torrents, roques i escorces              |          |      |      |      |    |         |      |      |   |      |      |      |  |
| <i>Plagiomnium undulatum</i>      | M   | 36 | Roques molles, boscus, prats. Ocasionalment a torrents           |          |      |      |      |    |         |      |      |   |      |      |      |  |
| <i>Platyhypnidium riparioides</i> | M   | 24 | Roques i arrels submergides o semi-submergides en torrents       |          |      |      |      |    |         |      |      |   |      |      |      |  |
| <i>Brachythecium rivulare</i>     | M   | 20 | Ambients aquàtics. Sòls i roques de torrents                     |          |      |      |      |    |         |      |      |   |      |      |      |  |
| <i>Didymodon tophaceus</i>        | M   | 20 | Roques molles, sòls calcaris, vores fangoses de llacs i torrents |          |      |      |      |    |         |      |      |   |      |      |      |  |
| <i>Palustriella commutata</i>     | M   | 19 | Hàbitats humits com deus. Substrats calcaris                     |          |      |      |      |    |         |      |      |   |      |      |      |  |
| <i>Conocephalum conicum</i>       | H   | 13 | Roques i sòls molls, sovint en contacte amb l’aigua              |          |      |      |      |    |         |      |      |   |      |      |      |  |
| <i>Bryum pseudotriquetrum</i>     | M   | 12 | Marges de rius, torrents o llacs                                 |          |      |      |      |    |         |      |      |   |      |      |      |  |
| <i>Pohlia melanodon</i>           | M   | 12 | Sòls humits i fangosos. Sovint als marges de torrents            |          |      |      |      |    |         |      |      |   |      |      |      |  |
| <i>Eurhynchium praelongum</i>     | M   | 11 | Prats, boscus, escorces, branques i marges de torrents           |          |      |      |      |    |         |      |      |   |      |      |      |  |

**Taula 3.** Resum dels resultats de la regressió explicant la riquesa de briòfits per font. La columna  $R^2$  mostra, en percentatge, la variància explicada per cadascun dels termes inclosos en el model. El model total explica un 8.8 % de la variabilitat. Coef = coeficients no estandarditzats. SE Coef = error estàndard dels coeficients no estandarditzats. Beta = coeficients estandarditzats. SE Beta = error estàndard dels coeficients estandarditzats.

|                      | Coef      | SE Coef  | Beta  | SE Beta | t     | P      | R2   |
|----------------------|-----------|----------|-------|---------|-------|--------|------|
| pH                   | 6,2       | 3        | 2,26  | 1,09    | 2,07  | 0,0399 | 1,41 |
| pH2                  | -0,41     | 0,21     | -2,16 | 1,1     | -1,97 | 0,0501 | 1,32 |
| MAP                  | 0,0034    | 0,0013   | 0,3   | 0,12    | 2,56  | 0,0113 | 2,92 |
| Altitud              | 0,0022    | 0,0014   | 0,46  | 0,29    | 1,58  | 0,1151 | 1,28 |
| Altitud <sup>2</sup> | -0,000002 | 0,000001 | -0,65 | 0,28    | -2,35 | 0,0199 | 1,84 |

*nodon*, *Didymodon tophaceus*, *Eucladium verticillatum* i *Palustriella commutata* estan relacionades amb fonts de zones baixes, de major sequedat i conductivitat de l’aigua elevada. D’altres, com *Oxyrrhynchium speciosum*, *Conocephalum conicum* i *Eurhynchium praelongum* també tenen afinitats per fonts més seques però amb conductivitats de l’aigua més baixes. *Plagiomnium undulatum*, *Brachythecium rivulare*, *Bryum pseudotriquetrum*, *Cratoneuron filicinum* i *Platyhypnidium riparioides*, són afins a fonts més humides i de conductivitats més aviat baixes, mentre que *Pellia endiviifolia* mostra certa preferència per fonts amb valors intermedis de totes les variables ambientals estudiades. Aquests resultats es corroboren amb les anàlisis ANOVA que indiquen com les espècies també es diferencien en la seva distribució per cadascuna de les variables predictores ( $P < 0.001$ ) excepte pel pH ( $P = 0.11$ ). La comparació dos a dos que fa el test post-hoc de Tukey permet agrupar les espècies tot establint diferències en la seva distribució al llarg dels gradients de les variables considerades (Taula 5).

Respecte la temperatura, *B. pseudotriquetrum* es troba en fonts de clima significativament més fred que nou de les altres dotze espècies. Tot i això, pel que fa a les fonts situades en zones de temperatura més elevada la diferenciació no és tan clara i només podem dir que *E. praelongum*, que és l’espècie que de mitjana es troba a temperatures més ele-

vades, es troba en fonts significativament més càlides que *B. pseudotriquetrum*, *P. riparioides*, *B. rivulare*, *C. filicinum* i *P. commutata*. Hi ha espècies que pràcticament no mostren cap dissimilitud respecte les altres com *P. commutata*, que tan sols es diferencia significativament de *E. praelongum* o *P. undulatum* de *B. pseudotriquetrum*.

*E. verticillatum*, *D. tophaceus* i *P. melanodon* es troben en fonts on la conductivitat de l’aigua és significativament més elevada que la majoria de la resta d’espècies estudiades. I, en l’altre extrem, *P. riparioides* i *P. undulatum* es troben en aigües de conductivitat significativament més baixes que *P. endiviifolia*, *P. commutata*, *E. verticillatum*, *D. tophaceus* i *P. melanodon*. Respecte les altres espècies, que es troben en valors intermedis, pràcticament no es detecten diferències significatives.

**Taula 4.** Càrregues de cada variable explicativa per a cada un dels tres primers eixos de la ACP. MAT i MAP indiquen temperatura i precipitació mitjanes anuals respectivament.

|               | CP1   | CP2   | CP3   |
|---------------|-------|-------|-------|
| pH            | 0,09  | 0,99  | 0,07  |
| Conductivitat | -0,37 | -0,04 | 0,88  |
| MAT           | -0,54 | 0,04  | -0,35 |
| MAP           | 0,52  | -0,09 | -0,06 |
| Altitud       | 0,54  | -0,07 | 0,3   |

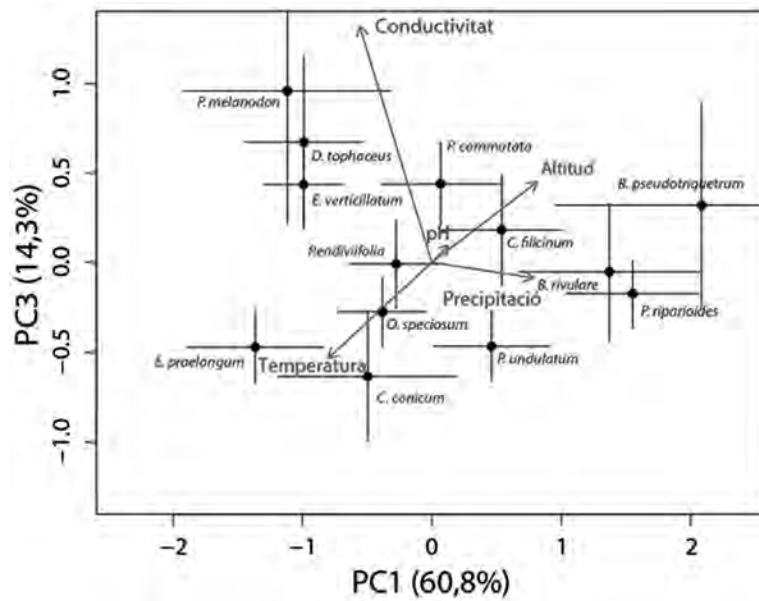


Figura 4. Representació de la distribució de les espècies front els eixos PC1 i PC3. Les moltes estan representades de color blau i les hepàtiques de color morat. Els punts mostren les mitjanes de cada espècie i les barres els intervals de confiança del 95 %. Les fletxes indiquen la direcció i importància relativa de les variables front els eixos de la ACP i han estat multiplicades per un factor 1,5 per a millorar la seva visualització.

Pel que fa a la precipitació veiem com *P. commutata* i *C. conicum* no es diferencien significativament de cap altra espècie, ocupant, per tant, valors intermedis. D'altra banda podem veure com *E. praelongum*, *D. tophaceus*, *E. verticillatum* es troben en fonts on de mitjana hi plou menys que les fonts on hi habiten *P. undulatum*, *C. filicinum*, *B. rivulare*, *P. riparioides* i *B. pseudotriquetrum*.

Respecte l'altitud observem que *B. pseudotriquetrum* es troba a fonts significativament més elevades que deu de les altres espècies. *P. riparioides* i *B. rivulare* també apareixen a fonts elevades però només es pot garantir que estan en llocs d'altitud superior a les que es troben *P. endiviifolia*, *P. me-*

*lanodon*, *D. tophaceus*, *O. speciosum*, *E. verticillatum*, *C. conicum* i *E. praelongum*. Espècies com *P. commutata* i *P. undulatum* no es diferencien significativament respecte quasi cap altra espècie pel que fa a la seva distribució segons l'altitud.

**Discussió**

Els nostres resultats indiquen que la riquesa d'espècies de briòfits i la distribució dels mateixos a les fonts es relacionen amb les condicions ambientals que s'hi donen. Tanmateix,

**Taula 5.** Es mostra, per a cada variable explicativa, la distribució d'espècies amb la mitjana ± SE, on SE és l'error estàndard. També s'estableixen grups generats a partir dels test post-hoc de Tukey (comparacions dos a dos) que permeten establir algunes diferències entre espècies. Les espècies que comparteixen una mateixa lletra al grup no es poden diferenciar significativament entre elles, però sí de totes aquelles definides per grups que no tenen la seva lletra. Així, prenent com a exemple l'altitud, *B. rivulare* (CD) no es diferencia significativament de *B. pseudotriquetrum* (D) ni de *P. commutata* (ABC) però sí de *C. conicum* (A) o *P. endiviifolia* (AB). Totes les ANOVA són estadísticament significatives (P<0,001).

| Espècie                           | Temperatura        | Precipitació  | Altitud      | Conductivitat |
|-----------------------------------|--------------------|---------------|--------------|---------------|
| <i>Bryum pseudotriquetrum</i>     | 9,78 ± 0,45 A      | 989 ± 37 D    | 1078 ± 77 D  | 301 ± 117 AB  |
| <i>Platyhypnidium riparioides</i> | 10,62 ± 0,32 AB    | 985 ± 26 D    | 894 ± 54 CD  | 228 ± 82 A    |
| <i>Brachythecium rivulare</i>     | 10,77 ± 0,35 ABC   | 956 ± 29 CD   | 891 ± 59 CD  | 292 ± 90 AB   |
| <i>Cratoneurum filicinum</i>      | 11,51 ± 0,23 BCD   | 922 ± 19 CD   | 756 ± 40 BC  | 560 ± 61 AB   |
| <i>Palustriella commutata</i>     | 11,60 ± 0,35 ABCDE | 864 ± 30 ABCD | 669 ± 61 ABC | 718 ± 93 BC   |
| <i>Plagiomnium undulatum</i>      | 11,90 ± 0,25 BCDEF | 908 ± 21 BCD  | 671 ± 43 ABC | 300 ± 65 A    |
| <i>Pellia endiviifolia</i>        | 12,33 ± 0,20 DEF   | 851 ± 17 ABC  | 590 ± 35 AB  | 612 ± 53 B    |
| <i>Didymodon tophaceus</i>        | 12,50 ± 0,35 DEF   | 761 ± 29 A    | 555 ± 59 AB  | 972 ± 90 C    |
| <i>Oxyrrhynchium speciosum</i>    | 12,54 ± 0,19 EF    | 829 ± 16 AB   | 552 ± 33 A   | 505 ± 50 AB   |
| <i>Pohlia melanodon</i>           | 12,57 ± 0,45 CDEF  | 762 ± 37 A    | 559 ± 77 AB  | 1122 ± 117 C  |
| <i>Eucladium verticillatum</i>    | 12,73 ± 0,22 EF    | 771 ± 18 A    | 517 ± 38 A   | 886 ± 57 C    |
| <i>Conocephalum conicum</i>       | 13,13 ± 0,43 DEF   | 871 ± 36 ABCD | 449 ± 74 A   | 429 ± 112 AB  |
| <i>Eurhynchium praelongum</i>     | 13,64 ± 0,47 F     | 744 ± 39 A    | 381 ± 80 A   | 582 ± 122 ABC |

les variables considerades expliquen poca variància de la riquesa d'espècies, i això fa pensar que altres variables ambientals que no hem tingut en compte podrien estar jugant un paper determinant. En canvi, la distribució de les espècies de briòfits més abundants a les fonts es separen relativament bé en diferents nínxols ecològics definits per les variables ambientals considerades en aquest treball. No obstant això, altres variables tingudes en compte en d'altres treballs (Longton *et al.*, 1983; Cattaneo & Fortin, 2000; Tessler *et al.*, 2014; Corbera *et al.*, 2015), com ara ions majoritaris ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ) contaminants de l'aigua, com els nitrats, concentració de nutrients, etc. podrien ajudar a diferenciar, encara més, els nínxols ecològics de les diferents espècies de briòfits que trobem a les fonts. Malgrat tot, els resultats del nostre treball indiquen tendències generals en la riquesa i distribució dels briòfits de les fonts.

### Determinants de la riquesa d'espècies

Segons els resultats que hem obtingut la riquesa d'espècies de briòfits depèn de la precipitació, el pH de l'aigua i l'altitud de les fonts. Però el fet que la variància total explicada per aquestes variables és relativament baixa (8,8 %) (Taula 3) porta a pensar que no són les variables més apropiades per a predir la riquesa d'espècies, o que almenys, s'han de complementar amb variables que aportin informació d'una altra naturalesa. Altres treballs realitzats en aquest camp suggereixen que la riquesa de briòfits es relaciona amb la heterogeneïtat de microhàbitats (Zechmeister & Moser, 2001; Andrew & Rodgeron, 2003; Grytnes *et al.*, 2006b; Ah-Peng *et al.*, 2007; Löhmus *et al.*, 2007; Fenton & Bergeron, 2008) i amb els règims de pertorbacions que afecten a les comunitats de briòfits (Muotka & Virtanen, 1995; Suren & Ormerod, 1998; Suren & Duncan, 1999; Andrew & Rodgeron, 2003). Pot ser que les fonts formades per construccions més complexes (abeuradors amb aigua estancada, diferents tipus de materials, més d'un brollador, pedres amb esquerdes, etc.) tinguin una major quantitat de microhàbitats que aquelles més senzilles, i que ofereixin un ventall més ampli de condicions microambientals que afavoreixin l'establiment de diferents espècies. Per altra banda, és probable que les fonts més freqüentades estiguin més pertorbades degut al simple trànsit de la gent que, voluntària o involuntàriament, malmet les comunitats de briòfits. Sovint, aquestes fonts més freqüentades també reben actuacions de manteniment mal enteses, com ara la neteja de la vegetació de les parets, que eliminaria les comunitats de briòfits. Les pertorbacions de caire meteorològic també poden ser importants, i és probable que en el nostre cas, malgrat que només haguem mostrejat fonts que rajaven, aquelles que es troben en zones de temperatures més altes i menor precipitació s'assequin durant una època de l'any, dificultant la presència de les espècies poc tolerants a la dessecació. La qualitat de l'aigua pot ser pertorbada pels usos agrícoles, ramaders o industrials de l'àrea de captació d'aigua dels aqüífers que abasteixen les fonts. Tenir en compte tot aquest ventall de variables podria ajudar a millorar la predicció de la riquesa d'espècies per font en propers treballs.

En tot cas, els nostres resultats mostren tendències generals respecte les variables que hem considerat. Observem una major riquesa d'espècies en zones de precipitació elevada, fet que pot estar relacionat amb la incapacitat que tenen els briòfits de regular la pèrdua d'aigua i, per tant, moltes espècies que no toleren la dessecació es veuen confinades a ambients permanentment humits (Grau *et al.*, 2007; Callaghan & Ashton, 2008b). La temperatura no és significativa en el nostre model. Com que hi ha una forta correlació negativa entre la temperatura i l'altitud (Fig. 4) és possible que la temperatura de la zona on es troba la font no aportí variància afegida respecte a la que aporta l'altitud, que sí que entra al model. D'altra banda, pot ser que el rang de temperatura en que es troben les nostres dades no sigui suficientment ampli com per permetre veure diferències degudes a la temperatura.

També observem que, en el nostre cas, la riquesa d'espècies és superior a valors intermedis de pH, fet concordant amb d'altres estudis (Virtanen *et al.*, 2000). És possible que el pH de l'aigua reguli la capacitat d'intercanvi catiònic (Andrus, 1986), la disponibilitat de nutrients (Truog, 1946; Kapfer *et al.*, 2012) i d'altres processos fisiològics, essent els valors intermedis els més favorables per a la majoria d'espècies. És destacable el fet que la riquesa d'espècies estigui relacionada amb el pH mentre que la distribució d'espècies no. Cal tenir present, però, que per valorar diferències en la distribució d'espècies hem tingut en compte només les espècies més freqüents, mentre que per mesurar la riquesa hem considerat totes les espècies. Aquesta diferència podria indicar que bona part de les espècies tenen preferències per intervals relativament estrets de pH, i que les espècies més freqüents ho són, precisament, gràcies al fet de tolerar rangs amplis respecte el pH.

La conductivitat, que és essencialment dependent de la litologia dels aqüífers, tampoc ha resultat significativa en el nostre cas. Altres estudis duts a terme amb plantes vasculars (Virtanen *et al.*, 2003) van trobar una major riquesa en sòls calcaris (i d'alta conductivitat) que sobre sòls silicis, mentre que Wohlgemuth & Gigon (2003) no van trobar cap relació significativa. Spitale *et al.* (2009) van trobar una forta relació negativa entre la conductivitat de l'aigua i la riquesa de briòfits, essent menor en conductivitats altes associades a substrats calcaris. En tot cas, el seu estudi està realitzat amb briòfits aquàtics i és possible que hi hagi menys espècies adaptades a viure submergides en aigües calcàries, en les que el carboni (C) està disponible majoritàriament en forma de bicarbonat, que no és assimilable pels briòfits, que no pas en aigües amb menor concentració de calci, on el carboni es troba en forma de  $\text{CO}_2$  (Bowden, 1999). En el cas de les fonts, però, els briòfits no viuen submergits i poden captar  $\text{CO}_2$  directament de l'atmosfera de manera que no podem suposar una diferenciació entre litologies, almenys en relació a la disponibilitat de C.

La relació unimodal de la riquesa front l'altitud és consistent amb els resultats d'altres estudis (Andrew & Rodgeron, 2003; Grau *et al.*, 2007). Però d'altres treballs mostren tendències diferents (Suren & Ormerod, 1998; Bruun *et al.*, 2006; Grytnes *et al.*, 2006a; Ah-Peng *et al.*, 2007) i sembla que les diferències venen determinades per les relacions concretes de cada cas de l'altitud amb d'altres variables. En el



nostre cas particular, la menor riquesa específica a majors altituds pot venir determinada per les condicions més extremes pròpies de les parts culminants de les muntanyes, on també hi hem mostrat fonts. Aquestes sovint estan mancades de la protecció que els arbres ofereixen contra el vent i la insolació i, com a conseqüència, els briòfits pateixen graus de dessecació només tolerables per les espècies més resistents. A més, els aqüífers de les zones més elevades són, en general, més petits que els de les cotes més baixes i pot ser que les fonts no ragin durant les èpoques més seques. Per altra banda, la menor riquesa a cotes baixes pot ser deguda a que possiblement, les fonts que es troben a menor altitud també són les més accessibles a les persones, fet que pot comportar una major alteració de les comunitats. A més, és possible que també siguin fonts que pateixin períodes de sequera més severes que les que estan a altituds superiors. També és probable que la qualitat de les seves aigües es vegi afectada en un grau superior per usos agrícoles, ramaders i industrials que tenen lloc a les zones de captació d'aigua de l'aqüífer que alimenta la font, disminuint el seu cabal o contaminant les seves aigües (i.e., amb nitrats).

### Determinants de la distribució de les espècies

Tots els briòfits que hem trobat tenen preferència, en menor o major mesura, pels hàbitats aquàtics o molt humits (Casas *et al.*, 2001, 2004; Atherton *et al.*, 2010) La relació de la precipitació mitjana anual amb la distribució de briòfits és manifesta en diferents estudis (Eldridge *et al.*, 1997; Gignac, 2001; Callaghan & Ashton, 2008a) tot i que n'hi ha d'altres que proposen que la precipitació total no és tan important com el nombre de dies de pluja (Ratcliffe, 1968; Callaghan & Ashton, 2008b) ja que, degut a les diferències que hi ha a la tolerància a la dessecació entre espècies, l'estona que els briòfits estan humits és més determinant que la quantitat d'aigua total que reben (Proctor *et al.*, 2007). En el nostre cas observem com espècies *B. rivulare*, *P. riparioides*, *B. pseudotriquetrum* i *C. filicinum*, que viuen associades a corrents d'aigua (Longton *et al.*, 1983; Casas *et al.*, 2001; 2004; Atherton *et al.*, 2010) i són poc tolerants a la dessecació, són les que tenen una afinitat major per a fonts on la precipitació és més alta (Fig. 4). És possible que les zones on hi plou més els aqüífers tinguin sempre reserves d'aigua suficients i les fonts ragin durant tot l'any, permetent l'establiment d'espècies dominants en situacions estables, com és el cas de *P. riparioides* (Muotka & Virtanen, 1995). Val a dir que altres espècies que també tenen preferència pels corrents d'aigua com *P. endiviifolia*, *P. commutata* i *E. verticillatum* (Casas, 1960; Casas *et al.*, 2001, 2004; Atherton *et al.*, 2010) no mostren, en el nostre cas, una relació tan marcada amb la precipitació. Per altra banda, pot ser que el temps de residència de l'aigua als aqüífers de les zones de menor pluviositat sigui més llarg que els del llocs on la pluviositat és més elevada (Kapfer *et al.*, 2012). Un major contacte amb la roca de l'aqüífer ve acompanyat d'un augment de les reaccions geoquímiques, que fan augmentar la conductivitat de l'aigua. Aquest fet explicaria la presència d'espècies calcícoles, associades amb aigües d'elevada conductivitat com *E. verticillatum* o *D. tophaceus*

en fonts de menor precipitació (Corbera *et al.*, 2015) (Fig. 4, Taula 5). *P. melanodon* també l'hem trobada a fonts amb aigua d'elevada conductivitat, fet concordant amb les característiques habituals dels sòls argilosos pels quals té preferència (Grisso *et al.*, 2009).

Observem com *E. praelongum* (Fig. 4, Taula 5) mostra una gran preferència per fonts situades a climes més càlids. Com que els briòfits toleren rangs relativament amples de temperatura i no s'han trobat correlacions entre la distribució de molses i la temperatura òptima de la taxa fotosintètica neta pròpia de cada espècie (Gignac, 2001) és probable que la relació dels briòfits amb la temperatura vingui donada per les afectacions que té sobre la disponibilitat d'aigua. *E. praelongum* és una espècie que pot ocupar molts hàbitats diferents (Casas, 1960; Casas *et al.*, 2001, 2004; Atherton *et al.*, 2010) i pot ser que en les condicions generalitzades d'alta humitat de les fonts no pugui competir amb espècies més especialistes i es vegi desplaçada cap aquelles fonts on l'estrès hídric és superior.

Molts estudis mostren una gran polarització en la distribució dels briòfits en relació a les zones de litologia calcària i no calcària (Callaghan & Ashton, 2008a; Virtanen *et al.*, 2009) degut a la gran diferència que mostren entre elles en la capacitat d'intercanvi cel·lular del  $\text{Ca}^{2+}$  (Bates, 1982). Es pot veure com espècies que tenen preferències pels terrenys calcaris, com *D. tophaceus* i *E. verticillatum* (Casas, 1960; Casas *et al.*, 2001, 2004; Atherton *et al.*, 2010) es troben en fonts amb aigües de conductivitats elevades (972 i 886  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  de mitjana respectivament) mentre que espècies calcífugues com *B. rivulare* (Longton *et al.*, 1983) prefereixen conductivitats baixes (292  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) (Taula 5). Però *C. filicinum*, que sovint es troba en substrats calcaris (Casas, 1960; Casas *et al.*, 2001, 2004; Atherton *et al.*, 2010) no mostra en el nostre cas, una afinitat especialment marcada per les conductivitats altes, fet que podria indicar que es tracta d'una espècie més generalista.

A diferència d'estudis fets en comunitats de briòfits de les torberes i de les capçaleres dels rius, en el nostre treball no hem trobat cap relació entre el pH i la distribució d'espècies (Fig. 4). És probable que en els ecosistemes esmentats la distribució d'espècies es relacioni amb el pH degut a fenòmens característics que no tenen lloc a les fonts. D'altra banda, la manca de relació entre la distribució dels briòfits estudiats i el pH pot venir pel fet d'haver treballat només amb les espècies més freqüents de les que hem trobat a les fonts, i, per tant, podria ser que al ser espècies suposadament més generalistes siguin capaces de tolerar rangs de pH relativament amplis.

### Els briòfits de les fonts en un món canviant

Els nostre resultats indiquen que el clima pot fer variar la riquesa d'espècies per font i la distribució d'aquestes. Les comunitats de briòfits de les fonts poden patir especialment canvis en la seva composició com a conseqüència dels efectes previstos pel canvi global. Degut al canvi climàtic, s'espera que les temperatures augmentin progressivament i les precipitacions es redueixin un 30 % a la conca Mediterrània (IPCC, 2007), fet que suposarà un augment de l'estrès hídric. Això, juntament

amb un clima més sever reduirà l'aigua que brolla de les fonts i pot, potencialment, perjudicar les comunitats de briòfits que s'hi estableixen. Aquests canvis podrien afavorir aquelles espècies de briòfits més oportunistes i tolerants a la dessecació, comportant un canvi en la distribució de les espècies.

D'altra banda, les fonts actuen com a illes refugi pels briòfits, degut a les condicions tant particulars que s'hi generen, marcadament diferents de les que les envolten. En pocs hàbitats hi creixen de forma tan abundosa i el creixent abandonament del manteniment de les fonts pot alterar el seu funcionament fins a acabar provocant la seva dessecació, afectant negativament les comunitats de briòfits que en depenen. D'altra banda, la contaminació dels aqüífers per un excés de ramaderia, un problema greu en determinades regions com ara Osona, pot comportar també la pèrdua de biodiversitat a les nostres fonts. Per tant, sembla que el canvi global pot comportar greus problemes per a la conservació dels briòfits al nostre territori, donant peu a extincions locals d'aquelles espècies menys freqüents.

## Conclusions

La riquesa d'espècies de briòfits a les fonts es relaciona positivament amb la precipitació mentre que amb el pH i l'altitud presenta una relació unimodal, on els valors màxims de riquesa es troben a valors intermedis d'ambdues variables. Tot i això, la poca variància explicada pel nostre model fa els resultats hagin de ser interpretats amb prudència. D'altra banda, la distribució de les espècies de briòfits a les fonts està determinada per les diferències en temperatura, precipitació, conductivitat i altitud.

## Agraïments

Aquest estudi ha estat promogut pel Projecte Fonts de la Delegació de la Serralada Litoral Central i finançat per la Institució d'Història Natural de Catalunya. Agraïm a la Delegació de la Serralada Litoral Central (ICHN), al Grup de Naturalistes d'Osona (GNO-ICHN), a la plataforma Lluçanès Viu i als abnegats voluntaris de totes aquestes organitzacions que ens han ajudat a mostrejar i analitzar les aigües. Agraïm també a tota aquella gent que, molt amablement, ens han ajudat a localitzar les fonts.

## Bibliografia

- AH-PENG, C., CHUAH-PETIOT, M., DESCAMPS-JULIEN, B., BARDAT, J., STAMENOFF, P. & STRASBERG, D. 2007. Bryophyte diversity and distribution along an altitudinal gradient on a lava flow in La Réunion. *Diversity and Distributions*, 13 (5): 654-662.
- ANDREW, N. R. & RODGERSON, L. 2003. Variation in invertebrate – bryophyte community structure at different spatial scales along altitudinal gradients. *Journal of Biogeography*, 30 (5): 731-746.
- ANDRUS, R. E. 1986. Some aspects of *Sphagnum* ecology. *Canadian Journal of Botany*, 64 (2): 416-426.
- ATHERTON, I., BOSANQUET, S. D. S. & LAWLEY, M. (eds.). 2010. *Mosses and liverworts of Britain and Ireland: a field guide*. British Bryological Society, 848 p.
- BAHUGUNA, Y. M., GAIROLA, S., SEMWAL, D. P., UNIYAL, P. L., & BHATT, A. B. 2013. *Bryophytes and Ecosystem*. P. 279-296. In: Kumar, G.; Kumar, M. (eds.). *Diversity of Lower Plants*. Rajan, Publisher: I.K. International Publishing House Pvt. Ltd, New Delhi, India.
- BARTON, K. 2015. MuMIn: Multi-model inference. R package version 1.17.1. <http://CRAN.R-project.org/package=MumIn>. <http://cran.r-project.org/package=MumIn>.
- BATES, J. W. 1982. The role of exchangeable calcium in saxicolous calcicole and calcifuge mosses. *New Phytologist*, 90 (2): 239-252.
- BELLAND, R. J. 2005. A multivariate study of moss distributions in relation to environment in the Gulf of St. Lawrence region, Canada. *Canadian Journal of Botany*, 83 (3): 243-263.
- BOWDEN, W. B. 1999. Roles of bryophytes in stream ecosystems. *Journal of the North American Benthological Society*, 18 (2): 151-184.
- BREHENY, P. & BURCHETT, W. 2015. Visualization of Regression Models Using visreg, R package version 2.2-0. <http://cran.r-project.org/package=visreg>.
- BRUUN, H. H., MOEN, J., VIRTANEN, R., GRYTNES, J.-A., OKSANEN, L. & ANGERBJÖRN, A. 2006. Effects of altitude and topography on species richness of vascular plants, bryophytes and lichens in alpine communities. *Journal of Vegetation Science*, 17 (1): 37-46.
- CALLAGHAN, D. A. & ASHTON, P. A. 2008a. Bryophyte distribution and environment across an oceanic temperate landscape. *Journal of Bryology*, 30: 23-35.
- CALLAGHAN, D. A. & ASHTON, P. A. 2008b. Knowledge gaps in bryophyte distribution and prediction of species-richness. *Journal of Bryology*, 30 (2): 147-158.
- CASAS, C. 1960. Aportaciones a la flora briológica de Cataluña. Catálogo de las hepáticas y musgos del Montseny. *Anales del Instituto Botánico Antonio José Cavanilles de Madrid*, 17: 21-174.
- CASAS, C., BRUGUÉS, M. & CROS, R. M. 2001. *Flora de Briòfits dels Països Catalans. I. Molses*. Institut d'Estudis Catalans, Barcelona, 279 p.
- CASAS, C., BRUGUÉS, M. & CROS, R. M. 2004. *Flora de Briòfits dels Països Catalans. II. Hepàtiques i antocerotes*. Institut d'Estudis Catalans, Barcelona, 138 p.
- CATTANEO, A. & FORTIN, L. 2000. Moss distribution in streams of the Quebec Laurentian Mountains. *Canadian Journal of Botany*, 78 (6): 748-752.
- CESCHIN, S., ALEFFI, M., BISCEGLIE, S., SAVO, V. & ZUCCELLO, V. 2012. Aquatic bryophytes as ecological indicators of the water quality status in the Tiber River basin (Italy). *Ecological Indicators*, 14 (1): 74-81.
- CORBERA, J., FERNÁNDEZ-MARTÍNEZ, M., JOVER, M., TORNER, G., CALPE, M., CIURANA, O. & SABATER, F. 2015. Els briòfits de les fonts de la Serralada Litoral Central: composició específica i efecte dels paràmetres ambientals en la seva distribució. *L'Atzavara*, 25: 105-116.
- CROS, R.M. 1985. *Flora briològica del Montnegre*. Arxius de la Secció de Ciències, 78, Institut d'Estudis Catalans, Barcelona.
- ELDRIDGE, D. J. & TOZER, M. E. 1997. Environmental Factors Relating to the Distribution of Terricolous Bryophytes and Lichens in Semi-Arid Eastern Australia. *The Bryologist*, 100 (1): 28-39.
- FENTON, N. J. & BERGERON, Y. 2008. Does time or habitat make old-growth forests species rich? Bryophyte richness in boreal *Picea mariana* forests. *Biological Conservation*, 141 (5): 1389-1399.
- GIGNAC, D. 2001. New Frontiers in Bryology and Lichenology Bryophytes as Indicators of Climate Change. *The Bryologist*, 104 (3): 410-420.

- GIGNAC, L. D. 1992. Niche structure, resource partitioning, and species interactions of mire bryophytes relative to climatic and ecological gradients in Western Canada. *American Bryological and Lichenological Society*, 95 (4): 406-418.
- GIGNAC, L. D. 1994. Peatland species preferences: An overview of our current knowledge base. *Wetlands*, 14 (3): 216-222.
- GIGNAC, L. D. & VITT, D. 1990. Habitat limitations of Sphagnum along climatic, chemical and physical gradients in mires of western Canada. *The Bryologist*, 93 (1): 7-22.
- GLIME, J. M., WETZEL, R. G. & KENNEDY, B. J. 1982. The Effects of Bryophytes on Succession from Alkaline Marsh to Sphagnum Bog. *The American Midland Naturalist*, 108 (2): 209-223.
- GRAU, O., GRYTNES, J. A. & BIRKS, H. J. B. 2007. A comparison of altitudinal species richness patterns of bryophytes with other plant groups in Nepal, Central Himalaya. *Journal of Biogeography*, 34 (11): 1907-1915.
- GRISSE, R., ALLEY, M., HOLSHOUSER, D. & THOMASON, W. 2009. Precision farming tools: soil electrical conductivity. *Virginia Cooperative Extension*, 442(508): 1-6. <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Precision+farming+tools:+soil+electrical+conductivity#7>.
- GRÖMPING, U. 2006. Relative importance for linear regression in R: the package relaimpo. *Journal of Statistical Software*, 17(1): 1-27. [http://www.empowerstats.com/manuals/paper/glm\\_relaimpo.pdf](http://www.empowerstats.com/manuals/paper/glm_relaimpo.pdf) (consultat el 14 març 2013).
- GRÖMPING, U. 2007. Estimators of Relative Importance in Linear Regression Based on Variance Decomposition. *The American Statistician*, 61 (2): 139-147.
- GRYTNES, J. A., HEEGAARD, E. & IHLEN, P. G. 2006a. Species richness of vascular plants, bryophytes, and lichens along an altitudinal gradient in western Norway. *Acta Oecologica*, 29 (3): 241-246.
- GRYTNES, J. A., HEEGAARD, E. & IHLEN, P. G. 2006b. Species richness of vascular plants, bryophytes, and lichens along an altitudinal gradient in western Norway. *Acta Oecologica*, 29 (3): 241-246.
- HILL, M. O., BELL, N., BRUGGEMAN-NANNENGA, M., BRUGUÉS, M., CANO, M. J., ENROTH, J., FLATBERG, K. I., FRAHM, J.-P., GALLEGÓ, M. T., GARILLETI, R., GUERRA, J., HEDENÄS, L., HOLYOAK, D. T., IGNATOV, M. S., LARA, F., MAZIMPAKA, V., MUÑOZ, J., SÖDERSTRÖM, L., BELL, N., BRUGUE, M., ENROTH, J., FLATBERG, K. I., FRAHM, J.-P., GALLEGÓ, M. T. & GARILLETI, R. 2006. An annotated checklist of the mosses of Europe and Macaronesia. *Journal of Bryology*, 28 (3): 198-267.
- IPCC. 2007. *Climate Change 2007 - The Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Fourth Assessment Report of the IPCC (Climate Change 2007)*. Cambridge University Press, 996 p. <http://www.amazon.ca/exec/obidos/redirect?tag=citeulike09-20-2007>.
- KAPFER, J., AUDORFF, V., BEIERKUHNLIN, C. & HERTEL, E. 2012. Do bryophytes show a stronger response than vascular plants to interannual changes in spring water quality? *Freshwater Science*, 31 (2): 625-635.
- LÖHMUS, A., LÖHMUS, P. & VELLAK, K. 2007. Substratum diversity explains landscape-scale co-variation in the species-richness of bryophytes and lichens. *Biological Conservation*, 135 (3): 405-414.
- LONGTON, R. E., SCHUSTER, R. M., GLIME, J. M. & VITT, D.H. 1983. Reproductive Biology A comparison of bryophyte species diversity and niche structure of montane streams and stream banks. *Canadian Journal of Botany*, 1 (1951): 386-462.
- MARTÍN-VIDE, J. 1992. *El clima*. In: Carreras, C. (ed.), Geografia General dels Països Catalans. Enciclopèdia Catalana. Barcelona, P. 1-110.
- MATZEK, V. & VITOUSEK, P. 2003. Nitrogen fixation in bryophytes, lichens, and decaying wood along a soil-age gradient in Hawaiian montane rain forest. *Biotropica*, 35 (1): 12-19.
- MUOTKA, T. & VIRTANEN, R. 1995. The stream as a habitat template for bryophytes: species' distributions along gradients in disturbance and substratum heterogeneity. *Freshwater Biology*, 33 (2): 141-160.
- NICHOLSON, B. J., GIGNAC, L. D. & BAYLEY, S.E. 1996. Peatland distribution along a north-south transect in the Mackenzie River Basin in relation to climatic and environmental gradients. *Vegetatio*, 126 (2): 119-133.
- NINYEROLA, M., PONS, X., ROURE, J. M., NINYEROLA, M., PONS, X. & ROURE, J. M. 2000. A methodological approach of climatological modelling of air temperature and precipitation through GIS techniques, A methodological approach of climatological modelling of air temperature and precipitation through GIS techniques. *International Journal of Climatology*, 20 (14): 1823-1841.
- PEÑUELAS, J. 1983. La qualitat de les aigües del riu Muga: Dades físiques, químiques i biològiques. *Annals de l'Institut d'Estudis Empordanesos*, 16: 33-49.
- PEÑUELAS, J. & SABATER, F. 1987. Distribution of macrophytes in relation to environmental factors in the Ter River, NE Spain. *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie*, 72 (1): 41-58.
- PONS, X. 1996. Estimación de la radiación solar a partir de modelos digitales de elevaciones. Propuesta metodológica. *Modelos y sistemas de información geográfica*. pp. 87-97. <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4093139> (consultat el 14 març 2013).
- PONS, X. 2004. *Sistema d'Informació Geogràfica i software de Teledetecció*. Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals, CREAF. Bellaterra.
- PROCTOR, M. C. F., OLIVER, M. J., WOOD, A. J., ALPERT, P., STARK, L. R., CLEAVITT, N. L. & MISHLER, B. D. 2007. Desiccation-tolerance in bryophytes: a review. *The Bryologist*, 110 (4): 595-621.
- R CORE TEAM. 2015. R: A Language and Environment for Statistical Computing, version 3.2.3. <http://www.r-project.org/>.
- RATCLIFFE, D. A. 1968. An ecological account of Atlantic Bryophytes in the British Isles. *New Phytologist*, 67 (2): 365-439.
- ROELOFS, J. G. M., SCHUURKES, J. A. A. R. & SMITS, A. J. M. 1984. Impact of acidification and eutrophication on macrophyte communities in soft waters. II. Experimental studies. *Aquatic Botany*, 18 (4): 389-411.
- SABATER, F., FERNÁNDEZ-MARTÍNEZ, M., CORBERA, J., CALPE, M., TORNER, G., CANO, O., CORBERA, G., CIURANA, O. & PARERA, J. M. 2015. Caracterització hidrogeològica de les fonts de la Serralada Litoral Central en relació a la litologia i als factors ambientals. *L'Atzavara*, 25: 93-104.
- SLACK, N. G. 1990. Bryophytes and ecological niche theory. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 104: 187-213.
- SMITH, A. J. E. 1978. *The moss flora of Britain and Ireland*. Cambridge University Press. Cambridge.
- SMITH, A. J. E. 1990. *The liverworts of Britain and Ireland*. Cambridge University Press. Cambridge.
- SPITALE, D., PETRAGLIA, A. & TOMASELLI, M. 2009. Structural equation modelling detects unexpected differences between bryophyte and vascular plant richness along multiple environmental gradients. *Journal of Biogeography*, 36 (4): 745-755.
- SUREN, A. M. & DUNCAN, M. J. 1999. Rolling stones and mosses: effect of substrate stability on bryophyte communities in streams. *Journal of the North American Benthological Society*, 18 (4): 457-467.

- SUREN, A. M. & ORMEROD, S. J. 1998. Aquatic bryophytes in Himalayan streams: Testing a distribution model in a highly heterogeneous environment. *Freshwater Biology*, 40 (4): 697-716.
- TESSLER, M., TRUHN, K.M., BLISS-MOREAU, M. & WEHR, J.D. 2014. Diversity and distribution of stream bryophytes: does pH matter? *Freshwater Science*, 33(January): 778-787.
- TRUOG, E. 1946. Soil Reaction Influence on Availability of Plant Nutrients. *Soil Science Society of America Journal*, 11 (C): 305-308.
- VIRTANEN, R., DIRNBOCK, T., DULLINGER, S., GRABHERR, G., PAULI, H., STAUDINGER, M., VILLAR, L. & NAGY, L. 2003. Patterns in the plant species richness of European high mountain vegetation. *Alpine diversity in Europe*, 167: 149-172.
- VIRTANEN, R., ILMONEN, J., PAASIVIRTA, L. & MUOTKA, T. 2009. Community concordance between bryophyte and insect assemblages in boreal springs: A broad-scale study in isolated habitats. *Freshwater Biology*, 54 (8): 1651-1662.
- VIRTANEN, R., JOHNSTON, A. E., CRAWLEY, M. J. & EDWARDS, G. R. 2000. Bryophyte biomass and species richness on the park grass experiment, Rothamsted, UK. *Plant Ecology*, 151 (2): 129-141.
- VITT, D. H. & SLACK, N. G. 1984. Niche diversification of sphagnum relative to environmental-factors in northern minnesota peatlands. *Canadian Journal of Botany*, 62 (1963): 1409-1430.
- WIEDER, R. K. & LANG, G. E. 1983. Net Primary Production of the Dominant Bryophytes in a Sphagnum-Dominated Wetland in West Virginia. *The Bryologist*, 86 (3): 280-286.
- WOHLGEMUTH, T. & GIGON, A. 2003. Calicicole plant diversity in Switzerland may reflect a variety of habitat templates. *Folia Geobotanica*, 38 (4): 443-452.
- ZECHMEISTER, H. G. & MOSER, D. 2001. The influence of agricultural land-use intensity on bryophyte species richness. *Biodiversity and Conservation*, 10 (10): 1609-1625.

Annex 1. Llistat de fonts mostrejades i llurs briòfits.  
Coordenades UTM en sistema de referència ETRS89.

| <i>Nom</i>                                | <i>Latitud</i> | <i>Longitud</i> | <i>Briòfits</i>                |
|---|----------------|-----------------|--------------------------------|
| Mina de la Rectoria                       | 4626550        | 438325          | 25, 29                         |
| F. Fresca                                 | 4626427        | 438309          | 10, 29, 43                     |
| F. dels Enamorats                         | 4625828        | 437440          | 29, 43                         |
| F. de Pel de Gat                          | 4624311        | 439092          | 2, 42, 48                      |
| F. d'en Vinyes                            | 4627061        | 441174          | 42, 48, 50                     |
| F. de les Mosqueres                       | 4660301        | 427879          | 10, 29, 42, 48, 49             |
| F. dels Eucaliptos                        | 4595351        | 439370          | 26, 30                         |
| F. del Safreig                            | 4595257        | 439240          | 29                             |
| F. del Pi                                 | 4663201        | 426728          | 10, 25, 29                     |
| F. de la Llana                            | 4664800        | 424306          | 10, 11, 22, 29, 32, 42, 43, 48 |
| F. de Matamosses                          | 4664600        | 425689          | 10, 27, 43                     |
| F. del Prat                               | 4626928        | 456093          | 1, 50                          |
| F. de la Maria Negra                      | 4627114        | 455105          | 42                             |
| F. del Ferro                              | 4629147        | 459273          | 48                             |
| F. de Can Pairana                         | 4629194        | 458359          | 2, 10, 33, 48, 56              |
| F. de la Mancomunitat                     | 4633541        | 454514          | 33, 42                         |
| F. del Pont                               | 4628552        | 456770          | 2, 4, 10, 42, 48, 51           |
| F. de les Sureres                         | 4599540        | 449143          | 10, 29, 42, 55                 |
| F. de l'Esquirol                          | 4599437        | 449111          | 42                             |
| F. del Ferro (D)                          | 4599420        | 449027          | 5, 51                          |
| F. del Grup                               | 4599248        | 449050          | 5, 29, 42                      |
| F. de la Puput                            | 4599141        | 449372          | 29                             |
| F. dels Castanyers<br>d'en Cabot          | 4600605        | 448563          | 10, 42                         |
| F. del Llorer                             | 4604243        | 448093          | 26, 27, 31, 57                 |
| F. dels Àlbers d'en Javà                  | 4604638        | 448483          | 10, 42                         |
| F. del turó de Cerdanyola                 | 4599859        | 451709          | 29                             |
| F. de l'Aigua Roja                        | 4607012        | 458290          | 27, 42                         |
| F. del Goig                               | 4593116        | 436513          | 27, 29, 51                     |
| F. dels Aigüerols                         | 4685533        | 458401          | 10, 16, 29, 31                 |
| F. de l'Avellanosa                        | 4686522        | 461713          | 25                             |
| F. d'en Ratica                            | 4623109        | 463294          | 10, 21                         |
| F. de Sant Jordi                          | 4628148        | 445754          | 10, 21, 44                     |
| F. del Pont de Castellfolit<br>de la Roca | 4674084        | 463284          | 21, 27, 38                     |
| F. del Polell                             | 4621008        | 449424          | 21                             |
| F. Fresca del Samón                       | 4622055        | 448252          | 42, 48, 56                     |
| F. del Molar                              | 4623602        | 446979          | 48, 50                         |
| F. de Montserrat                          | 4619209        | 455371          | 25, 42                         |
| F. de les Acàcies                         | 4620570        | 445997          | 21, 44                         |
| F. de les Verdisses                       | 4620608        | 445702          | 25                             |
| F. Fresca                                 | 4620781        | 444690          | 10, 22, 42                     |
| F. de la Teula                            | 4620003        | 444205          | 10, 22, 42, 44                 |
| F. del Sot                                | 4605866        | 449765          | 2                              |
| F. del Malpas                             | 4606098        | 457249          | 42                             |
| F. d'en Pages                             | 4606385        | 457811          | 10, 42, 56                     |
| F. del Ferro                              | 4607850        | 454224          | 42                             |
| F. de ca l'Arenes                         | 4607673        | 455095          | 42                             |
| F. del Grèvol                             | 4607866        | 456191          | 42                             |
| F. d'en Homs                              | 4603283        | 453121          | 10, 42                         |
| F. de la Moreneta                         | 4603336        | 453402          | 10, 42                         |
| F. dels Avellaners                        | 4603453        | 454650          | 30                             |
| F. Furriola                               | 4642703        | 418946          | 42                             |
| F. dels Hortets                           | 4643968        | 418686          | 29                             |
| F. del Barber                             | 4644287        | 419292          | 29, 42, 51                     |
| F. dels Traginers                         | 4644899        | 419105          | 10, 29, 51                     |
| F. d'en Llanes                            | 4618865        | 439767          | 29, 31, 42, 48                 |
| F. del Molí                               | 4619522        | 440651          | 25, 29                         |
| La Fonteta                                | 4620933        | 455713          | 42                             |
| F. de can Blanchó                         | 4620095        | 458780          | 2, 10, 25                      |
| F. del Ferro                              | 4620255        | 458666          | 2, 10, 25, 42, 48              |
| F. del Pont                               | 4620339        | 458592          | 10, 42, 48                     |
| F. del Catxo                              | 4621843        | 459002          | 10, 25, 42                     |
| F. de Sant Martí del Corb                 | 4665403        | 458004          | 2, 10, 42                      |
| F. de Ca l'Antiga                         | 4665502        | 457706          | 2, 10, 25, 29, 43              |
| F. de San Bartomeu                        | 4601420        | 445004          | 10, 27, 30, 48                 |
| F. de la Mansa                            | 4602879        | 445325          | 10, 29, 42                     |
| F. de can Planas                          | 4603930        | 444374          | 48                             |
| F. del Molinot                            | 4619009        | 453774          | 21                             |
| F. de Bosch i Jover                       | 4627950        | 445661          | 50                             |
| F. Pomareta                               | 4629874        | 445135          | 21, 48                         |
| F. Mossen Cinto                           | 4628692        | 446643          | 21, 36                         |
| F. de S. Miquel dels Sants                | 4629644        | 446430          | 21, 22                         |
| F. dels Manlleuens                        | 4628890        | 446747          | 25, 50                         |
| F. Claretà                                | 4628678        | 447001          | 15, 21, 22, 48                 |
| F. Matagalls                              | 4628921        | 448071          | 25                             |
| Font-freda                                | 4628514        | 448250          | 36, 45                         |
| F. dels Bisbes                            | 4628439        | 448098          | 22                             |
| F. dels Cinc Raigs                        | 4617737        | 452964          | 21                             |
| -   | 4622305        | 450132          | 2, 7, 14, 21, 48, 50           |
| F de can Felip                            | 4622496        | 450135          | 7, 12, 42, 48, 54              |
| -   | 4623630        | 449034          | 42, 46                         |
| F. del Montseny                           | 4623125        | 449846          | 25                             |
| -   | 4624811        | 449174          | 21, 42, 50                     |
| -   | 4625414        | 448747          | 26, 42                         |
| F. de les Naiades                         | 4626267        | 451144          | 21, 47, 50                     |
| F. de la Castanya                         | 4625598        | 446469          | 10, 42, 46                     |
| F. de Can Gorgs                           | 4625708        | 450309          | 21, 42, 46                     |
| F. del Tomàs II                           | 4627681        | 446769          | 4, 21                          |
| F. del Tomàs                              | 4627648        | 446778          | 4, 23, 46, 47                  |
| F. del Bordegàs                           | 4643818        | 462779          | 10, 29                         |
| -   | 4642947        | 460998          | 4, 10, 11, 21, 25, 40, 48      |
| F. del Borrell                            | 4643659        | 463274          | 25, 42, 48, 50                 |
| F. del raig                               | 4652754        | 422477          | 10, 43                         |
| F. Nova                                   | 4652879        | 422357          | 10, 21, 25, 29, 47             |
| F. Vella                                  | 4652852        | 422354          | 10, 22, 25, 27, 29, 37, 51     |
| F. del Cementiri                          | 4652794        | 422288          | 17                             |
| F. de l'Hostal Nou                        | 4653067        | 422594          | 25                             |
| F. Casanova de Pallàs                     | 4653929        | 422038          | 27, 37                         |
| F. de la Bauma                            | 4657672        | 427068          | 10, 29                         |
| F. de la Perera                           | 4657552        | 426846          | 25, 29, 32, 50                 |
| F. del cingle                             | 4657053        | 425381          | 1, 22, 29, 43                  |
| F. del Gorg Negre                         | 4656034        | 425661          | 6, 10, 29, 42, 43              |
| F. de la Tria                             | 4654841        | 427017          | 10, 42                         |
| F. Mascarella                             | 4652490        | 425899          | 29                             |
| F. de la Serra                            | 4656428        | 428238          | 6, 29, 42, 48, 50              |
| Les tres fonts                            | 4651078        | 419443          | 23, 25, 27, 42                 |
| F. del Marçal                             | 4652175        | 420515          | 10, 25, 27, 29, 43             |
| F. de la Vila                             | 4650926        | 418023          | 27, 29, 31                     |
| F. del Clotet                             | 4649399        | 417963          | 29, 43                         |
| F. de la Cabra                            | 4649933        | 417294          | 10, 42, 43, 51                 |
| F. Calenta                                | 4649125        | 419273          | 10, 25, 27                     |
| F. de la Farinera                         | 4648762        | 419260          | 25, 27, 29, 43                 |
| F. de Sant Mateu                          | 4596576        | 443954          | 27, 30, 51, 54                 |
| F. de les Fogueres                        | 4625497        | 458683          | 1, 2, 10, 22, 42, 52           |
| F. de la Plaça                            | 4648080        | 431458          | 25, 27, 29                     |
| F. de la Teula                            | 4648068        | 430760          | 10, 29                         |
| F. del carrer Nou                         | 4648217        | 431345          | 25, 27                         |
| F. del Vicari                             | 4648529        | 432467          | 6, 10, 25, 27, 35, 48, 51      |
| F. del Rector                             | 4612767        | 459412          | 10, 42                         |
| F. de l'Aranyal                           | 4613166        | 459766          | 56                             |
| F. de Lurdes                              | 4612186        | 460297          | 7, 29, 54                      |
| F. de Santa Maria                         | 4612216        | 466109          | 30, 54                         |
| F. del Degotall                           | 4612223        | 465984          | 11, 42, 48, 56                 |
| F. de Sant Martí                          | 4613536        | 463955          | 7, 30, 48, 54                  |
| F. de la Nespereta                        | 4613230        | 463092          | 2, 10, 42                      |
| F. d'en Penjarella                        | 4614675        | 462351          | 10, 42, 48                     |
| F. de les Deus                            | 4682051        | 466223          | 10, 25, 27, 33, 43             |
| F. de Sant Aniol                          | 4685058        | 465992          | 2, 7, 25, 47, 48, 50, 55, 58   |
| F. del Cirerer                            | 4624473        | 455426          | 21                             |
| F. de Passavets                           | 4625579        | 454310          | 19, 21                         |
| F. del Frare                              | 4624891        | 455188          | 1, 50                          |
| F. de la Teula                            | 4625239        | 455707          | 50, 52                         |
| F. de Briançó                             | 4625815        | 453480          | 19, 21, 22, 44                 |
| F. del Profit                             | 4622532        | 455085          | 21                             |

| <i>Nom</i>         | <i>Latitud</i> | <i>Longitud</i> | <i>Briófits</i>                                 | <i>Nom</i>                           | <i>Latitud</i> | <i>Longitud</i> | <i>Briófits</i>               |
|--------------------|----------------|-----------------|---|--------------------------------------|----------------|-----------------|-------------------------------|
| F. Montnegre       | 4611771        | 464035          | 22, 41  | F. dels Ocells                       | 4612439        | 468462          | 30, 57                        |
| F. de Ferro        | 4595475        | 438466          | 29  | F. dels Amics                        | 4611551        | 468112          | 22, 42                        |
| F. Sunyera         | 4596024        | 438318          | 42  | F. del Colomer                       | 4672848        | 454840          | 25, 29, 31, 43, 50            |
| F. del Ca          | 4595840        | 438363          | 53  | (II - el Molí)                       |                |                 |                               |
| F. de l'Arç        | 4678197        | 448762          | 3, 4, 10, 11, 19, 20,<br>25, 27, 28, 35, 43, 48 | F. de l'hostal de la<br>Vall del Bac | 4678968        | 455409          | 29, 50                        |
| F. de la Dinamita  | 4595230        | 437571          | 29  | F. Bona                              | 4628133        | 451646          | 43                            |
| F. del Brunyoler   | 4639159        | 459075          | 25, 48, 50, 52                                  | F. de la Beguda                      | 4629505        | 451036          | 23, 26, 42                    |
| F. del Ferro       | 4635986        | 459704          | 8, 18, 47                                       | F. dels Minyons                      | 4629893        | 450877          | 50                            |
| F. de les Serres   | 4636859        | 460564          | 10, 18, 34, 39                                  | F. dels Pastors                      | 4630508        | 450710          | 48, 50                        |
| F. de Sant Daniel  | 4640006        | 459776          | 4, 25, 56                                       | F. de l'Atlàntida                    | 4630409        | 450551          | 50                            |
| F. de Sant Roc     | 4639607        | 459636          | 21, 25, 48                                      | F. de Llops                          | 4629434        | 450137          | 25, 42,                       |
| F. d'Or            | 4634508        | 454797          | 19, 21  | F. de Mosquits                       | 4628803        | 449502          | 12, 21                        |
| F. de l'Arç        | 4636123        | 455743          | 25  | F. de Coll Pregon                    | 4628020        | 449289          | 22, 50                        |
| F. de la Cau       | 4636699        | 455114          | 10, 21, 35, 48                                  | F. Rupitosa                          | 4629765        | 448790          | 1, 10, 21, 22, 25, 34, 50, 52 |
| f. de la Telleda   | 4637272        | 455597          | 18, 21  | F. de l'Oreneta                      | 4632661        | 449093          | 25, 48                        |
| F. de la Moreneta  | 4637988        | 453810          | 19, 25, 35, 51,                                 | Safreig de l'Oreneta                 | 4632684        | 449194          | 10, 25, 48                    |
| F. del Sastre      | 4637309        | 460176          | 50  | F. dels Enamorats                    | 4632543        | 449537          | 10, 25                        |
| F. Picant          | 4639389        | 459083          | 25, 29, 42                                      | F. del Ferro                         | 4632222        | 450227          | 10, 50                        |
| F. de Sta. Teresa  | 4639324        | 459300          | 51  | F. del Noi Gran                      | 4632225        | 450276          | 10, 25, 35, 42, 48, 52        |
| F. d'en Gurb       | 4636762        | 456990          | 25, 42  | F. de les Paitides                   | 4632377        | 450058          | 25, 42, 50                    |
| F. Vella           | 4636600        | 458158          | 50  | F. de Miquel                         | 4632836        | 449639          | 13, 50                        |
| F. del Cirerer     | 4636301        | 459145          | 42, 47  | F. de les Delícies                   | 4633326        | 449874          | 21, 38                        |
| F. de la Serra     | 4631103        | 440628          | 10, 25, 29, 37                                  | F. del Puig                          | 4627856        | 452277          | 21, 42                        |
| F. dels Empouadors | 4628040        | 439589          | 43, 48  | F. de Vilarmau                       | 4631952        | 451483          | 22, 25, 48                    |
| F. del Vedat       | 4595668        | 443449          | 24, 57  | F. dels avellaners                   | 4632044        | 447090          | 1, 10, 42, 48                 |
| F. dels Ajupits II | 4595880        | 443436          | 29  | F. de les Hortes                     | 4633303        | 446468          | 2, 10, 42, 48                 |
| F. dels Ajupits I  | 4595917        | 443436          | 29  | F. de la Figuerassa                  | 4608415        | 458099          | 29, 42                        |
| F. de les Perdius  | 4595535        | 443384          | 22, 27, 29, 51                                  | F. del Perdigot                      | 4608390        | 458007          | 30                            |
| F. del Senglar     | 4595677        | 443132          | 29, 30  | F. dels Polletons                    | 4608759        | 459482          | 10, 42                        |
| F. del Botxer      | 4596143        | 443402          | 27  | F. del Forn                          | 4610788        | 458792          | 29, 42                        |
| F. de la Vinya     | 4621127        | 439459          | 29  | F. de can Gurguí                     | 4596691        | 443294          | 29, 30                        |
| Els Degotalls      | 4620979        | 439842          | 29, 43  | F. d'en Dirol                        | 4597793        | 445374          | 53                            |
| F. de la Brinxà    | 4612309        | 466443          | 10, 52  | F. d'en Mamet                        | 4597541        | 444231          | 9, 29, 30                     |

## Briófits

1: *Chiloscyphus polyanthos*; 2: *Conocephalum conicum*; 3: *Jungermannia atrovirens*; 4: *Lophocolea bidentata*; 5: *Lophocolea heterophylla*; 6: *Lophozia turbinata*; 7: *Lunularia cruciata*; 8: *Marchantia polymorpha*; 9: *Pedinophyllum interruptum*; 10: *Pellia endiviifolia*; 11: *Plagiochila porelloides*; 12: *Porella platyphylla*; 13: *Preissia quadrata*; 14: *Riccardia chamedryfolia*; 15: *Scapania undulata*; 16: *Southbya tophacea*; 17: *Amblystegium riparium*; 18: *Amblystegium serpens*; 19: *Orthotrichaceae* sp. A; 20: *Anomodon viticulosus*; 21: *Brachythecium rivulare*; 22: *Bryum pseudotriquetrum*; 23: *Bryum* sp.; 24: *Barbula unguiculata*; 25: *Cratoneuron filicinum*; 26: *Dialytrichia mucronata*; 27: *Didymodon tophaceus*; 28: *Encalypta vulgaris*; 29: *Eucladium verticillatum*; 30: *Eurhynchium* cf. *praelongum*; 31: *Fissidens crassipes*; 32: *Fissidens dubius*; 33: *Fissidens grandifrons*; 34: *Fissidens rivularis*; 35: *Fissidens taxifolius*; 36: *Fontinalis antipyretica*; 37: *Gymnostomum calcareum*; 38: *Hygroamblystegium tenax*; 39: *Mnium marginatum*; 40: *Mnium stellare*; 41: *Orthotrichum diaphanum*; 42: *Oxyrrhynchium speciosum*; 43: *Palustriella commutata*; 44: *Philonotis caespitosa*; 45: *Philonotis fontana*; 46: *Philonotis marchica*; 47: *Plagiomnium rostratum*; 48: *Plagiomnium undulatum*; 49: *Plagiotechium* cf. *memorale*; 50: *Platyhypnidium riparioides*; 51: *Pohlia melanodon*; 52: *Rhizomnium punctatum*; 53: *Rhynchostagiella curviseta*; 54: *Rhynchostagiella teneriffae*; 55: *Scorpiurium circinatum*; 56: *Thamnobryum alopecurum*; 57: *Tortula muralis*; 58: *Trichostomum crispulum*.