

# La diversitat líquènica a Catalunya

Antonio Gómez Bolea

Departament de Biologia Evolutiva, Ecologia i Ciències Ambientals, Facultat de Biologia, Institut de Recerca de la Biodiversitat (IRBio), Universitat de Barcelona (UB), Barcelona

Correspondència: Antonio Gómez Bolea. Departament de Biologia Evolutiva, Ecologia i Ciències Ambientals, Facultat de Biologia, Universitat de Barcelona (UB). Avinguda Diagonal, 643. Adreça electrònica: [agomez@ub.edu](mailto:agomez@ub.edu).

DOI: 10.2436/20.1501.02.240

ISSN (ed. impresa): 0212-3037

ISSN (ed. digital): 2013-9802

<https://revistes.iec.cat/index.php/TSCB>

Rebut: 26 de juny de 2024

Acceptat: 13 de setembre de 2024

## Resum

Els líquens són fongs liquenitzats. Aquests fongs han alentit el seu ritme de creixement i «cultiven» organismes fotoautòtrofs per obtenir la matèria orgànica. Associats als tal·lus líquènics també hi ha tot un conjunt de fongs, els fongs líquenícies. En els ecosistemes, els líquens actuen com a productors primaris. Molts tal·lus líquènics poden acumular metabòlits secundaris, dels quals s'han identificat més de mil substàncies líquèniques diferents. A Catalunya, els hàbitats amb més riquesa específica són les superfícies de les roques (líquens saxícoles) i les escorces dels arbres (líquens epífits), i amb una menor diversitat també es troben al terra (líquens terrícoles). Des de finals del segle XIX fins avui s'han obtingut noves dades que incrementen el coneixement de la diversitat líquènica a Catalunya. El darrer cens del 2019 assenyalava una riquesa específica de 1.502 líquens i 211 fongs líquenícies. Les amenaces que poden influir negativament sobre la riquesa específica dels líquens són les derivades de l'escalfament global, que afecta les temperatures i les precipitacions, la contaminació atmosfèrica i la destrucció o l'alteració dels hàbitats.

**Paraules clau:** definició de líquen, morfologia, hàbitat, riquesa específica, amenaces.

## Lichens biodiversity in Catalonia

### Abstract

Lichens are lichenized fungi. These fungi have slowed down their growth rate and “cultivate” photoautotrophic organisms to obtain organic matter. Associated with the lichen thallus we also find a whole set of fungi, the lichenicolous fungi. Lichens in ecosystems act as primary producers. Many lichen thalli can accumulate secondary metabolites, of which more than a thousand different lichen substances have been described. In Catalonia, the habitats with a higher specific richness are the surfaces of rocks (saxicolous lichens) and the bark of trees (epiphytic lichens), and with a lower diversity we also find lichens on the ground (terricolous lichens). From the end of the 19th century up to the present, new findings have been made which increase our knowledge of lichen diversity in Catalonia. The most recent census, from 2019, reveals a specific richness of 1,502 lichens and 211 lichenicolous fungi. The threats that can negatively influence lichen specific richness are those derived from global warming – which affects temperatures and precipitation – atmospheric pollution and the destruction or alteration of habitats.

**Keywords:** lichen definition, morphology, habitat, specific richness, threats.

## Definició i concepte de líquen

Els líquens són uns fongs molt particulars. Com que els fongs no poden sintetitzar matèria orgànica directament, necessiten prendre-la d'altres organismes. Així, depenent del lloc d'on la prenguin i de la manera com ho facin, els hem classificat, de forma tan sintètica que podria semblar simplista, en: saprotròfics (descomponedors de matèria orgànica), paràsits (viuen sobre un organisme viu) i simbiòtics (amb benefici mutu, viuen associats a altres organismes). Si bé és cert que aquesta classificació no presenta fronteres ben definides, és útil per explicar la diversitat de les estratègies vitals dels fongs. Entre les simbiosis fúngiques cal destacar les micorrizes i els líquens. A les micorrizes no apreciem canvis morfològics evidents que ens indiquin que la planta viu associada al fong, i viceversa, i, possiblement per això, no considerem que s'ha creat un nou individu. Mantenim separatament el nom de la planta i el del fong, malgrat saber que el fong no podria viure sense la planta. Posem, per exemple, el cas de la tòfona blanca (*Tuber magnatum*), un dels ascomicets micorrízics més preuats, i les arrels de diferents arbres planifolis, principalment, l'àlber (*Populus alba*)

i el roure cerris o roure turc (*Quercus cerris*) (Čejka *et al.*, 2023), amb els quals viu associat. Considerem tots dos organismes «independents»; cadascun s'ha descrit de manera separada i tenen noms diferents. En el cas dels líquens, és molt clar que s'ha creat un nou organisme morfològicament estable i ben diferent del que observariem si féssim un cultiu *in vitro* dels dos bionts per separat. Es pot dir que en el cas dels líquens es dona la paradoxa que els biòlegs acceptem, i que els matemàtics no entenen, que  $1 + 1 = 1$ . Com a mínim, els dos bionts necessaris són un micobiont (fong) i un fotobiont (alga o cianoprocariota). Sembla que aquesta dualitat la va descobrir Simon Schwendener (1869), que va ser professor a les universitats de Basilea i de Berlín. Referint-se als líquens, va dir que

totes aquestes «plantas» no són plantes simples, no individus en el sentit habitual de la paraula; més aviat són colònies compostes per centenars de milers d'individus, dels quals un exerceix el domini, mentre que els altres, en un captiveri etern, preparen l'aliment per a ells i el seu governant. El governant és un fong de la classe dels ascomicets, un paràsit que està acostumat a viure del treball aliè; els seus

esclaus són les algues verdes que ell mateix ha cercat o almenys ha capturat i les ha obligat a servir-lo.

Actualment, es poden definir els líquens com a fongs liquenitzats: fongs que han alentit el seu ritme de creixement i «cultiven» organismes fotoautòtrofs en benefici propi. També es pot dir que els líquens són organismes creats per simbiosi, és a dir, que només es formen quan els dos bionts es troben.

Estudis recents, amb tècniques moleculars, han permès identificar molts més de dos bionts com a integrants dels tal·lus líquènics. Així, en el cas del líquen *Letharia vulpina*, s'han identificat dos basidiomicets diferents en el còrtex del tal·lus, a més de l'ascomicet conegut (Tuovinen *et al.*, 2019). Amb el fotobiont passa el mateix: en un mateix tal·lus líquènic es pot trobar més d'un tipus de fotobiont; per exemple, una alga clorofícia juntament amb una cianoprocariota, generalment *Nostoc*. Aquests descobriments han donat peu que es parli dels líquens com a «microecosistemes» de simbiosi multispecífica.

Si ens centrem en el micobiont dominant, els líquens es poden classificar en ascolíquens

o basidiolíquens, segons si el fong pertany al filum dels ascomicots o al dels basidiomicots.

### La diversitat dels tal·lus

El cos vegetatiu dels líquens, anomenat tal·lus, presenta una gran diversitat morfològica; des dels tal·lus compostos per un tal·lus primari i un altre de secundari, molt ben representats en el gènere *Cladonia*, fins als tal·lus simples. D'aquests darrers s'ha fet una classificació atenent-ne la morfologia. Així, tenim: a) els tal·lus crustacis, que solen ser ben estructurats i tenir un creixement radial en forma de discos ben delimitats, completament adherits al substrat, fins i tot penetrant a l'interior del substrat (p. ex., endolitics), o bé poden ser molt poc estructurats i formen creixements pulverulents sobre el substrat; b) els tal·lus esquamulosos, formats per esquàmules més o menys imbricades i estretament adherides per una part al substrat; c) els tal·lus foliacis, en forma de làmines, més o menys lobulades i dividides, que es fixen al substrat mitjançant rizines (conjunts d'hifes); d) els tal·lus umbilicats, amb làmines més o menys circulars, dividides o no, que es fixen al substrat per un punt, i e) els tal·lus fruticulosos, normalment molt ramificats, amb les «rames» de secció cilíndrica o lacinia-da, que poden ser de creixement erecte (quan s'aixequen del substrat com petits arbusts) o pènduls (quan pengen com fan moltes espècies del gènere *Usnea*, popularment anomenades «barbes de caputxí»). Aquesta classificació es pot fer molt més detallada amb vista a definir millor tota la diversitat morfològica dels tal·lus líquènics, diversitat que s'ha d'interpretar com una adaptació a la colonització de molts substrats i ambients diferents.

### La diversitat taxonòmica

Els líquens, al contrari que les plantes, i com a organismes de «poca utilitat» per a l'ésser humà, no s'han identificat amb noms diferents fins fa relativament pocs anys. Si ens fixem en una obra prelinneana bastant completa, citariem la de Gaspard Bauhin (1671), que va publicar el que podríem traduir per 'Exposició il·lustrada de plantes', un recull de 2.700 plantes, on només figuren tretze espècies de líquens. Carl von Linné (1753), al segon volum de la seva obra *Species plantarum*, ja cita 81 espècies líquèniques, i les agrupa en nou classes. No és fins al 1810 que Erik Acharius, considerat el pare de la liquenologia, publica la *Lichenographia universalis*, on descriu 795 espècies líquèniques, agrupades en 41 gèneres. Al llarg dels anys, el nombre d'espècies descrites ha aug-

mentat d'una manera exponencial fins avui. El 2016 ja hi havia descrites 19.387 espècies en 995 gèneres (Lücking *et al.*, 2016). La major part d'aquests líquens pertanyen al filum dels ascomicots (19.215 espècies, en 980 gèneres) i només 172 espècies (en 15 gèneres) pertanyen al filum dels basidiomicots. Actualment ja es pot considerar que s'han superat les 20.000 espècies de fongs liquenitzats descrites.

Tota la taxonomia líquènica està basada en el micobiont. Per contra, si ens fixem en el fotobiont, només hi ha unes 120 espècies de fotobionts identificades: 108 clorofícies i 12 cianoprocariotes (Grube i Wedin, 2016).

En els tal·lus líquènics no només es poden identificar el micobiont i el fotobiont; també s'hi pot trobar un altre fong, que inicialment es va tractar com a paràsit, si bé actualment es creu que són pocs els fongs d'aquests tipus que actuen com a paràsits necrotròfics del tal·lus. La majoria esdevenen visibles sense matar l'hoste i poden causar decoloració del tal·lus o bé agalles, o simplement hi són presents sense produir cap mal aparent al tal·lus. En aquest cas, els fongs són considerats comensals i només se'n pot detectar la presència per la formació dels seus òrgans reproductors. Per posar nom a tota aquesta diversitat de fongs, els especialistes fan servir el concepte *fongs liquenícoles*, que simplement significa 'fongs que viuen en el líquen'. Per tant, els fongs liquenícoles serien tots els fongs que viuen dintre o sobre el líquen, a part del fong que forma el tal·lus (el micobiont). Se'n coneixen unes 1.800 espècies, però els especialistes estan d'acord que es tracta d'un grup infravalorat, que pot ser una font important de noves espècies de fongs, i aquesta situació d'infravaloració continuarà mentre no s'observin i no es recullin aquests fongs sobre els tal·lus líquènics (Grube i Wedin, 2016; Lawrey i Diederich, 2003).

En la sistemàtica general dels fongs, les classes en les quals es troben fongs liquenitzats són: artoniomicets, candelariomicets, coniciomicets, dotideomicets, eurotiomicets, lecanoromicets —on hi ha la major part de fongs liquenitzats—, letiomicets, liquinomicets, pezizomicets i sordariomicets, totes elles dintre del filum dels ascomicets, que actualment consta de 23 classes, de les quals 10 presenten fongs liquenitzats. Dintre del filum dels basidiomicets, de les 19 classes acceptades, només hi ha alguns fongs liquenitzats en la classe agaricomicets.

### La diversitat de metabòlits secundaris

Amb el concepte *substàncies líquèniques* hom es pot referir tant als metabòlits primaris intracel·lulars com als metabòlits secundaris extracel·lulars, que són originats pels líquens. Els metabòlits primaris (proteïnes, aminoàcids, poliols, carotenoides, polisacàrids i vitamines), produïts tant pel fong com per l'alga, no són específics dels líquens i també es troben en fongs, algues i plantes vasculars. Al contrari, els metabòlits secundaris són originats exclusivament pel micobiont i es dispositen a la superfície de les hifes fúngiques. Tanmateix, el carboni necessari per a la biosíntesi dels metabòlits secundaris és proporcionat per l'activitat fotosintètica del fotobiont, ja sigui en forma de glucosa o d'alcohols de sucre (poliols; Stocker-Wörg, 2008). Aquests metabòlits secundaris són derivats biosintètics de les vies acetil polimalonil, mevalònica i shikimat (Stocker-Wörgötter, 2008). En el mateix article de revisió, l'autora els comenta i els agrupa en: compostos fenòlics mononucleats, derivats de foroglucinols, derivats ftàlids, depèsids i altres compostos aromàtics, depèsidones, antraquinones, naftaquinones i naftazarines. En l'article en qüestió l'autora també indica que J. A. Elix li havia comunicat que l'any 2008 ja es coneixien uns 1.050 metabòlits secundaris.

Aquests compostos tenen un gran interès per als liquenòlegs, ja que es fan servir en la quimiotaxonomia i en la sistemàtica dels líquens. També tenen un paper molt important en la biologia dels líquens. Molnár i Farkas (2010) fan una revisió en la qual avaluen la funció que aconsegueixen en la fotoprotecció contra la radiació solar, així com en les accions alleloquímica, antiviral, antitumoral, antibacteriana, antiherbívora i antioxidant, i consideren aquests compostos un factor important en l'homeòstasi dels metalls i en la tolerància a la contaminació dels tal·lus líquènics. Però també poden tenir un paper important per a la salut humana, tal com indiquen Shrestha i St. Clair (2013) en la seva revisió, on posen en evidència el poder antibiòtic i anticancerígen d'alguns d'aquests metabòlits. Així doncs, sembla que queda molt per explorar sobre totes les propietats i les aplicacions que poden tenir la gran diversitat de metabòlits secundaris coneguts i els que encara estan per descobrir.

### La diversitat d'hàbitats

Els líquens són omnipresents al medi terrestre i colonitzen qualsevol substrat que tingui prou estabilitat per permetre el creixement del tal·lus

liquènic. Tradicionalment s'han classificat, de forma molt simplista, en epífits, terrícoles i saxícoles, malgrat que també es poden trobar colonitzant substrats artificials creats per l'ésser humà; així mateix hi ha líquens omnícoles (que ocupen qualsevol tipus de substrat). Dins els líquens epífits, el grup més abundant és el dels corticícoles (que colonitzen escorces i branques d'arbres i arbusts), però també hi ha els lignícoles (que viuen sobre la fusta), els foliícoles (que viuen sobre fulles) i els muscícoles (que viuen sobre les molles). Els líquens terrícoles formen comunitats completament diferents segons si el sòl té carbonats o no. Els líquens saxícoles, que viuen a les roques, també poden presentar preferències per les roques àcides (silicícoles) o per les roques carbonatades (calcícoles), i, en aquest cas, poden desenvolupar un tal·lus epilític o endolític. L'abundància relativa de cadascun dels grups dependrà del tipus de territori: epífits, si és més forestal, o saxícoles, si és més rocós. En general, però, veiem que els líquens terrícoles són minoritaris (taula 1).

### Estudis històrics de la biodiversitat líquènica a Catalunya

En el treball de Gómez-Bolea *et al.* (1998) sobre la diversitat líquènica a Catalunya ja se'n va fer una breu història, així com una repassada cronològica. Per entendre millor els estudis de la diversitat líquènica a Catalunya, hem de destacar l'estèril període provocat per la Guerra Civil espanyola, seguit de la dictadura franquista. Aquest període d'uns trenta-sis anys ens permet diferenciar dues etapes. En una primera etapa, que comença a finals del segle XIX, botànics i naturalistes mencionen els líquens d'una manera molt puntual. D'aquest període, Masferrer (1877) cita 12 líquens dels

voltants de Vic; Vayreda (1882) recull 64 espècies sobre diferents substrats, de la vall de Núria; Navás (1899) dona una llista de 76 taxons líquènics del massís del Montsant (Tarragona); Lázaro e Ibiza (1898), entre 89 líquens d'Espanya i Portugal n'esmenta 4 de Catalunya, i Maluquer (1903) dona una llista de 17 líquens del Montseny. Mereix una menció especial Manel Llenas i Fernández (l'Espluga de Francolí, 5 de gener de 1879 - Barcelona, 1937), un botànic dedicat especialment a l'estudi dels líquens, per la qual cosa el podríem considerar el primer liquenòleg català. En un primer treball sobre líquens dels voltants de Barcelona, cita 67 espècies líquèniques (Llenas, 1902); més tard fa una monografia sobre les peltigeràcies, on dona les claus d'identificació per a 16 espècies, de les quals 4 constitueixen noves citacions per a Catalunya (Llenas, 1905), i finalment duu a terme el que podríem anomenar un primer catàleg dels líquens de Catalunya (Llenas, 1909). El naturalista francès Jaques Maheu va visitar Catalunya i va publicar dades sobre els líquens de Montserrat, d'on cita 79 espècies (Maheu, 1909), i sobre els líquens de la regió volcànica d'Olot i del Puig-sacalm, d'on cita 84 espècies (Maheu i Werner, 1935). L'any 1932 Antonio Esteve Subirana, fundador dels laboratoris farmacèutics Esteve, publica la seva tesi doctoral sobre els líquens de la comarca del Bages (Esteve, 1932). Hi identifica un total de 94 espècies, i parla per primera vegada a Catalunya de les aplicacions farmacèutiques dels líquens. En la publicació fa un agraïment, manuscrit a la contraportada, al doctor Pius Font i Quer, referint-se a ell com a «padri i inspirador d'aquest modest treball». Pius Font i Quer, reconegut científic, era en aquells moments el veritable motor de la botànica i de la micologia a Catalunya; la seva acti-

vitat, però, va ser tràgicament pertorbada el 1936 i definitivament interrompuda el 1939 (Camarasa, 1984).

La segona etapa podríem dir que comença amb Xavier Llimona, quan presenta una visió general de la liquenologia a Catalunya (Llimona, 1968), i posteriorment publica la seva tesi doctoral a la Universitat de Barcelona (UB) sobre els líquens gipsícoles (Llimona, 1973). En aquesta universitat es crea un nucli d'investigadors que dediquen les seves tesis doctorals als líquens, i alguns es van incorporar com a docents a la UB. Per ordre cronològic de la defensa de la tesi doctoral, cal esmentar: Hladun (1981), Gómez-Bolea (1985), Navarro-Rosinés (1992), Pereira (1992), Boqueras (1993), Giralt (1996), Barbero (1998), Llop (2002), Gaya (2005), Figueras-Balaguer (2011), Fernández-Brime (2012) i Muñiz (2014). Tot aquest equip, acompanyat de col·laboradors, comença la prospecció líquènica per tot Catalunya i a Andorra. Aquests liquenòlegs es varen especialitzar en els diferents hàbitats dels líquens, i, al principi, els treballs se centraven en un tipus de substrat dintre dels territoris estudiats; per exemple, sobre líquens silicícoles (Wirth i Llimona, 1975; Hladun, 1977, 1981 i 1985), calcícoles (Navarro-Rosinés i Hladun, 1986 i 1990; Navarro-Rosinés, 1992), hidròfils (Pereira i Llimona, 1987; Pereira, 1992, Llimona i Egea, 1985) i epifítics (Gómez-Bolea i Hladun, 1981b; Gómez-Bolea, 1984 i 1985; Giralt, 1986 i 1996; Boqueras, 1993). Seguidament, els treballs es van fer en equip, i s'aconseguien llistes de la riquesa específica integral dels líquens, estudiant tots els tipus de substrats en diferents espais naturals de Catalunya. En són exemples Llimona *et al.* (1984), Hladun *et al.* (1986 i 1994) i Boqueras *et al.* (1989).

Molts d'aquests treballs es fan com a contractes d'obra menor (Parc Nacional d'Aigüestortes, Illes Medes, Collserola, Montseny, Sant Llorenç del Munt i l'Obac, Cadí-Moixeró, Alt Pirineu, Garrotxa, Poblet, etc.). Tota la informació acumulada serveix per ampliar el coneixement de la biodiversitat i l'àrea de distribució dels líquens a Catalunya. Aquests treballs, realitzats i presentats com a informes per lliurar a l'entitat contractant (diputacions i Generalitat, principalment), en quasi tots els casos, es van publicar en revistes científiques. Malgrat tot, la valoració d'aquestes publicacions, la majoria en revistes de poc impacte, és molt baixa en els currículums dels investigadors. Això fa que l'equip entri en un declivi competitiu en l'àmbit de la recerca i es vagi «apagant». El treball fet, necessari per al país, però

↓ Taula 1. Riquesa específica líquènica, ordenada segons l'extensió de l'àrea d'estudi. Elaboració pròpia.

| Àrea                                                    | Superfície (km <sup>2</sup> ) | Nombre total de líquens | % epífits   | % terrícoles | % saxícoles | Referència                       |
|---------------------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------|-------------|--------------|-------------|----------------------------------|
| Riera de Clariana                                       | 4,64                          | 81                      | <u>48,1</u> | 22,2         | 29,7        | Gómez-Bolea <i>et al.</i> (2023) |
| Parc de la Serralada Litoral                            | 40,42                         | 171                     | 37          | 9            | <u>45</u>   | Alonso (2023)                    |
| Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter | 81,92                         | 177                     | <u>45,2</u> | 14,7         | 40,1        | Llop i Muñiz (2017)              |
| Parc Natural de Collserola                              | 82,95                         | 129                     | <u>55,6</u> | 18,36        | 26,1        | Álvaro <i>et al.</i> (2009)      |
| Parc Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici   | 141,91                        | 334                     | 32,7        | 17,9         | <u>35,9</u> | Llop <i>et al.</i> (2018)        |
| La Garrotxa                                             | 735                           | 495                     | <u>46,4</u> | 10,6         | 42          | Llop (2019)                      |

molt poc valorat, és com el que han fet clàssicament les mares per a la família. Amb curricula poc competitius, els líquenòlegs no tenen continuïtat en el terreny universitari, i és molt probable que l'àmbit acadèmic perdi aquest coneixement sobre els fongs i els líquens. Així ho corrobora el fet que fa deu anys que es va defensar la darrera tesi doctoral sobre líquens i, fins al moment, no se n'ha inscrit cap de nova. Encara no s'ha acabat la feina de prospectar tot el territori català i ja veiem la necessitat de fer el seguiment de certes espècies, ja sigui perquè estan protegides o perquè tenen un gran valor com a bioindicadors. El futur dels estudis sobre la diversitat líquènica sembla que quedarà a les mans d'un grup de ciutadans que continuaran treballant dintre de la Institució Catalana d'Història Natural.

### La diversitat líquènica a Catalunya

El primer cens de què tenim constància es va publicar l'any 1909 i era de 285 espècies (Llenas, 1909). L'any 1987 ja teníem censades 1.232 espècies (Llimona *et al.*, 1987), l'any 1998 eren quasi 1.500 espècies (Gómez-Bolea *et al.*, 1998) i el darrer cens fet recull 1.502 líquens i 211 fongs líquenícoles (Hladun *et al.*, 2019). El coneixement de la riquesa específica dels líquens i dels fongs líquenícoles a Catalunya no es pot donar per tancat. Encara ara, cada any, anem descobrint la presència d'espècies no citades prèviament a Catalunya: el 2023, per exemple, al Parc Natural de la Serralada Litoral, quatre noves espècies (Alonso, 2023), o a l'estudi de la riera de Clariana, dues noves citacions (Gómez-Bolea *et al.*, 2023). Cal incrementar el coneixement de la diversitat i la distribució dels líquens de Catalunya per transmetre als òrgans de gestió la importància de protegir la integritat i la qualitat dels seus hàbitats.

### Les amenaces a la biodiversitat líquènica a Catalunya

Les amenaces per a la diversitat líquènica no són pas diferents de les amenaces globals que afecten tota la biodiversitat del planeta i que tenen l'origen en la gran densitat humana i en la seva activitat globalitzadora i consumista. Aquestes amenaces són les derivades de l'escalfament global —que té impacte en les temperatures i en les precipitacions—, la contaminació atmosfèrica i la destrucció o la modificació dels hàbitats. A Catalunya podríem dir que aquestes amenaces tenen un impacte diferent sobre els líquens depenent de la regió bioclimàtica i de la densitat humana.

### A les regions de bioclima alpi i subalpi

Les conseqüències de l'escalfament global tindran lloc a totes les regions climàtiques, però potser en el cas dels líquens la regió alpina serà la més afectada. S'hauria de fer el seguiment d'espècies estrictament alpines per veure com es comporten davant de l'escalfament global. És possible que algunes d'aquestes espècies desapareguin i deixin pas a unes altres de més termòfiles que creixen a terra baixa. Per exemple, *Allantoparmelia alpicola*, que és silicícola, i *Cephalophysia leucospila* o *Sarcogyne cretaea*, que són calcícoles, segons Nimis *et al.* (2018) tenen distribució articoalpina, i són presents a Catalunya. Aquestes espècies podrien ser de les més sensibles a l'escalfament global, malgrat que tenen un ritme de creixement molt baix i, consegüentment, els canvis trigarien anys a manifestar-se.

Els líquens terrícoles són molt sensibles a la pressió pel trepig. En aquest sentit, a les pistes de les estacions d'esquí les comunitats d'aquests líquens es veuen empobrides. La maquinària pesant, quan circula per preparar les pistes i principalment a l'estiu quan no hi ha la coberta nival protectora, és molt erosiva.

### A les regions de bioclima medieuropeu

L'eutrofització de l'atmosfera, posada en evidència per l'abundància de comunitats líquèniques epifítiques nitròfiles, disminueix la diversitat líquènica. Aquesta contaminació atmosfèrica és molt evident als voltants dels camps de conreu i de les granges (principalment, de porcs).

El microclima generat pels boscos, que és el que aprofiten les comunitats de líquens epífits i terrícoles per desenvolupar-se, s'hauria d'intentar alterar el mínim possible. La diversitat líquènica, més enllà de la riquesa específica, va lligada al grau de maduresa i de continuïtat ecològica dels boscos. Des de la dècada del 1970 s'ha fet molta feina cercant les espècies líquèniques epifítiques indicadores de la continuïtat ecològica dels diversos tipus de boscos centreeuropeus i mediterranis. La idea és que existeix un conjunt d'espècies indicadores de la continuïtat ecològica de cada tipus de bosc. Rose (1976), que va ser capdavanter en els estudis d'aquest valor indicador dels líquens epífits, va proposar trenta espècies indicadores per als boscos caducifolis d'Anglaterra. També es va fer un treball d'aquest tipus, a la península Ibèrica, per a les rouredes (Etayo i Gómez-Bolea, 1992) i per als alzinars a Catalunya (Longán, 2006). L'alteració dels boscos comportaria la desaparició

de tot aquest conjunt d'espècies indicadores. Consegüentment, l'explotació forestal s'hauria de fer seguint uns criteris de protecció de la diversitat líquènica natural d'aquests boscos.

Les comunitats lignícoles, tant de líquens com de briòfits, necessiten fusta en diferents graus d'alteració per aconseguir la seva màxima diversitat. Per tant, cal la presència de troncs morts al bosc que es vagin descomponent per permetre la instal·lació de tot un conjunt d'espècies úniques d'aquests hàbitats. Aquesta fusta també s'ha de conservar a les regions de bioclima subalpi.

### A les regions de bioclima mediterrani

L'alzinar, el bosc mediterrani per excel·lència, també es torna a explotar forestalment. En aquests casos és aplicable el criteri exposat en l'apartat anterior per als boscos medieuropeus, de protecció de la diversitat líquènica.

Els incendis forestals fan desaparèixer tots els líquens de l'àrea afectada i la seva recuperació és molt lenta. Els líquens epífits no podran retornar fins que els foròfits, que els han de suportar, no hagin crescut prou. Els líquens terrícoles es recuperaran més lentament i els que trigaran més a fer-ho seran els saxícoles.

La contaminació atmosfèrica per efecte de les emissions industrials i del trànsit urbà eliminarà les espècies més sensibles (principalment, els líquens epífits).

A les grans concentracions urbanes es produeix l'efecte d'«illa tèrmica». Consisteix en una alteració climàtica produïda per la urbanització del territori, que generalment va lligada també a la contaminació atmosfèrica. Aquesta situació fa que tot un conjunt de líquens epífits i fruticulosos sensibles a la qualitat atmosfèrica desapareguin. Aquestes espècies poden ser emprades com a indicadores d'aquesta contaminació.

La tala del sotabosc, per evitar el risc d'incendi, fa desaparèixer el microclima que genera i que és el que permet el desenvolupament de la comunitat de líquens foliacis terrícoles dels gèneres *Peltigera*, *Nephroma*, *Sticta* i *Lobarina*, entre d'altres. Per tant, aquest sotabosc és important en aquesta regió, però també ho és a la regió de bioclima medieuropeu.

Coneixem casos en què accions puntuals de l'activitat humana, per manca de coneixement del valor natural que representen, han alterat comunitats de líquens protegides, fins al punt de fer desaparèixer alguna espècie de la localitat afectada. Així, de la mateixa manera que per a les grans obres es demana un informe mediambiental, quan es tracta de petites

intervencions també s'hauria de fer. En altres casos es persegueixen espècies puntualment; per exemple, la recollecció de *Cladonia mediterranea*, malgrat que està prohibida, s'ha de

controlar, ja que aquesta espècie i altres de semblants es fan servir per simular arbres i matolls a les maquetes d'arquitectura o per dur a terme la decoració de Nadal.

Al marge d'aquestes amenaces, hem de tenir present que el coneixement de la biodiversitat líquènica i dels fongs liquenícoles també està en perill si desapareixen els liquenòlegs.

## Bibliografia

- ACHARIUS, E. (1810). *Lichenographia universalis: In qua Lichenes omnes detectos, adiectis observationibus et figuris horum vegetabilium naturam et organorum carpomorphorum structuram illustrantibus, ad genera, species, varietates differentiis et observationibus sollicita definita*. Gotinga: Apud Iust. Frid. Danckwerts. 680 p.
- ALONSO, E. (2023). «Aportació al coneixement del catàleg líquènic del Parc de la Serralada Litoral». *Butll. Inst. Cat. Hist. Nat.*, 87 (3): 129-138.
- ÁLVARO MARTÍN, M. I.; BARBERO CASTRO, M.; LLOP VALLVERDÚ, E.; GÓMEZ-BOLEA, A. (2009). «Riquesa briològica i liquenològica del Parc de Collserola (Catalunya). Estacions d'especial interès». *Acta Bot. Barc.*, 52: 5-44.
- BARBERO, M. (1998). *Estudio florístico y quimiotaxonomico de los líquenes silicícolas del Maresme*. Tesis doctoral. Barcelona: Universitat de Barcelona. 577 p.
- BAUHIN, G. (1671). *Pinax theatri botanici, sive Index in Theophrasti Dioscoridis, Plinii et Botanicorum qui a saeculo scripserunt opera*. Basilea: Impensis Joannis Regis. Sumptibus & typis Ludovici Regis. 564 p.
- BOQUERAS, M.; NAVARRO-ROSINÉS, P.; GÓMEZ-BOLEA, A. (1989). «Flora i vegetació líquènica nitròfila del delta de l'Ebre». *Butll. Inst. Cat. Hist. Nat.*, 57: 41-52.
- CAMARASA, J. M. (1984). «Pius Font i Quer: un precursor de l'etnobotànica farmacèutica a Catalunya». *Arxiu d'Etnografia de Catalunya*, 3: 175-186.
- ČEJKA, T.; TRNKA, M.; BÜNTGEN, U. (2023). «Sustainable cultivation of the white truffle (*Tuber magnatum*) requires ecological understanding». *Mycorrhiza*, 33: 291-302.
- ESTEVE, A. (1932). *Contribución al estudio de la flora líquenológica de la comarca del Bages*. Tesis doctoral. Manresa. 47 p.
- ETAYO, J.; GÓMEZ-BOLEA, A. (1992). «Estabilidad ecológica por medio de bioindicadores líquénicos en robledales de los Pirineos atlánticos». *Fol. Bot. Misc.*, 8: 61-75.
- FERNÁNDEZ-BRIME, S. (2012). *Els líquens saxícoles i terri-còles del Parc Natural de Cap de Creus, amb un estudi filogenètic aplicat a la sistemàtica dels gèneres Diploschistes i Ingvaria*. Tesis doctoral. Barcelona: Universitat de Barcelona. 389 p.
- FIGUERAS-BALAGUER, G. (2011). *Taxonomical studies of the non-crustose genera of the physciaceae family in the iberian peninsula*. Tesis doctoral. Barcelona: Universitat de Barcelona. 246 p.
- GAYA, E. (2005). *Revisión morfológica y molecular de los taxones lobulados del género Caloplaca (teloschistaceae, líquenes), con especial énfasis en el grupo C. saxicola*. Tesis doctoral. Barcelona: Universitat de Barcelona. 415 p.
- GÓMEZ-BOLEA, A. (1985). *Líquenes epífitos en Catalunya*. Tesis doctoral. Barcelona: Universitat de Barcelona. 259 p.
- GÓMEZ-BOLEA, A.; HLADUN, N. L.; LLIMONA, X. (1998). «La diversitat líquènica de Catalunya i Andorra. Estat dels nostres coneixements i propostes per a millorar-los». *Acta Bot. Barc.*, 45: 91-105. [Homenatge a Oriol de Bolòs]
- GÓMEZ-BOLEA, A.; JOVER, M.; LLOP, E.; ALONSO, E.; CHESA, M. J.; CARTANYÀ, M. (2023). «Els líquens i briòfits de la riera de Clariana (Catalunya), amb noves citacions per a la península Ibèrica de dues espècies criptiques de microliquens epífits». *Butll. Inst. Cat. Hist. Nat.*, 87 (4): 179-188.
- GRUBE, M.; WEDIN, M. (2016). «Lichenized fungi and the evolution of symbiotic organizations». *Microbiol. Spectr.* [en línia], 4 (6). <https://doi.org/10.1128/microbiolspc.FUNK-0011-2016>.
- HLADUN, N. L. (1981). *Aportación a la flora, morfología y vegetación de los líquenes silicícolas de la parte alta del Montseny (Catalunya)*. Tesis doctoral. Barcelona: Universitat de Barcelona. 355 p.
- HLADUN, N. L.; GÓMEZ-BOLEA, A.; LLIMONA, X. (1986). «Els líquens del Montseny». A: TERRADES, J.; MIRALLES, J. *El patrimoni biològic del Montseny: Catàlegs de flora i fauna*. Vol. I. Barcelona: Diputació de Barcelona. Servei de Parcs Naturals, p. 1-10.
- (1994). «Aportació a la flora i vegetació líquènica dels Aiguamolls de l'Alt Empordà». A: GOSÁLBEZ, J.; SERA, J.; VELASCO, E. (coord.). *Els sistemes naturals dels aiguamolls de l'Empordà*, 151-166. (Treballs de la Institució Catalana d'Història Natural; 13)
- HLADUN, N. L.; LLIMONA, X.; LLOP, E.; GÓMEZ-BOLEA, A. (2019). *Catàleg de la biodiversitat de Catalunya* [en línia]. Barcelona: Institució Catalana d'Història Natural. <https://ichn.iec.cat/catalog-de-la-biodiversitat-de-catalunya/> [Consulta: maig 2024].
- LAWREY, J. D.; DIEDERICH, P. (2003). «Lichenicolous fungi: Interactions, evolution, and biodiversity». *The Bryologist*, 106 (1): 80-120.
- LÁZARO E IBIZA, B. (1898). «Nota sobre algunos líquenes de España y Portugal». *Actas Soc. Esp. Hist. Nat.* (novembre), 180-186; (desembre), 200-205.
- LINNÉ, C. von (1753). *Species plantarum*. Vol II. Estocolm: Laurentius Salvius. 2 v.
- LENAS, M. (1902). «Algunos líquenes de los alrededores de Barcelona». *Bol. Soc. Esp. Hist. Nat.*, 2: 207-211.
- (1905). «Enumeración y distribución de los peltigáceos de Cataluña». *Bol. Soc. Esp. Hist. Nat.*, 5: 168-175.
- (1909). «Ensaig d'una flora líquènica de Catalunya». *Butll. Inst. Cat. Hist. Nat.*, 6 (1-6): 1-39.
- LLIMONA, X. (1968). «Visió general dels líquens de Catalunya». *Treballs de la Societat Catalana de Biologia* [Barcelona: Societat Catalana de Biologia], 26: 59-65.
- (1973). *Las comunidades de líquenes de los yesos de España*. Tesis doctoral. Barcelona: Universitat de Barcelona. 342 p.
- LLIMONA, X.; HLADUN, N. L.; GÓMEZ-BOLEA, A. (1984). «La vegetació líquènica de les illes Medes». A: *Els sistemes naturals de les illes Medes*. Barcelona: Institut d'Estudis Catalans, 115-128. (Arxiu de les Seccions de Ciències; LXXIII)
- LLIMONA, X.; HLADUN, N. L.; NAVARRO-ROSINÉS, P.; GÓMEZ-BOLEA, A. (1987). *Una ordenación sistemática de los líquenes de los Países Catalanes*. Primera versió. Document policopiats distribuïts als assistents al VII Simposio Nac. de Bot. Criptogàmica. Madrid. 32 p.
- LLOP, E. (2002). *La familia «Bacidaceae» (Lecanorales) a la Península Ibèrica i les Illes Balears. Els gèneres «Bacidia» i «Bacidina»*. Tesis doctoral. Barcelona: Universitat de Barcelona. 173 p.
- (2019). «Els líquens de les roques calcàries de l'Alta Garrotxa». *Annals de la Delegació de la Garrotxa de la Institució Catalana d'Història Natural*, 9: 5-14.
- LLOP, E.; BARBERO, M.; HLADUN, N. L.; NAVARRO-ROSINÉS, P.; GÓMEZ-BOLEA, A. (2018). «Diversity and ecology of lichens and lichenicolous fungi in «Aiguëstortes i Estany de Sant Maurici» National Park (Pyrenees, Catalonia, Spain)». *Butll. Inst. Cat. Hist. Nat.*, 82: 121-132.
- LLOP, E.; MUÑOZ, D. (1917). «La diversitat líquènica del Parc Natural del Montgrí, les illes Medes i el baix Ter. Una eina per a l'avaluació d'impactes ambientals». *Recerca i Territori*, 9: 90-135. [Museu de la Mediterrània, Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter. Beques de recerca Joan Torró i Cabratosa. Medi Ambient i Ciències Socials]
- LONGÁN, A. (2006). *Els líquens epífits com a indicadors de l'estat de conservació del bosc mediterrani: Proposta metodològica per als alzinars de Catalunya*. Barcelona: Institut d'Estudis Catalans. Secció de Ciències Biològiques. 663 p. (Arxiu de les Seccions de Ciències; CXXXVII)
- LÜCKING, R.; BRENDAN, P.; HODKINSON, B. P.; LEAVITT, S. D. (2016). «The 2016 classification of lichenized fungi in the Ascomycota and Basidiomycota – Approaching one thousand genera». *The Bryologist*, 119 (4): 361-416.
- MAHEU, J.; WERNER, R. G. (1935). «Lichénographie catalane des laves d'Olot (Espagne). Comparaison avec la flore calcaire du massif voisin de Puigscalme». *Rev. Bryol. Lichénol.*, 8 (3-4): 194-212.
- MAHEU, M. J. (1909). «Notes relatives à la cryptogamie de l'Espagne. Les Lichens du Montserrat». *Bull. de la Soc. Bot. de France*, 56: 5; sessió 11 juny: 334-343; sessió 25 juny: 389-397.
- MALUQUER, J. (1903). «Líquens del Montseny». *Butll. Inst. Cat. Hist. Nat.*, any 3 (17-18): 62-63.
- MASFERRER, R. (1877). «Recuerdos botánicos de Vich». *Anales Soc. Esp. Hist. Nat.*, 6: 359-398. (Memorias; sèr. 1)
- MOLNÁR, K.; FARKAS, E. (2010). «Biological activities of lichen substances». *Zeitschrift für Naturforschung*, 65c: 157-173.
- MUÑOZ PÉREZ, D. (2014). *Hongos calicioides en la Península Ibérica*. Tesis doctoral. Barcelona: Universitat de Barcelona. 246 p.
- NAVARRO-ROSINÉS, P. (1992). *Els líquens i els fongs liquenícoles dels substrats carbonatats de Catalunya meridional*. Tesis doctoral. Barcelona: Universitat de Barcelona. 459 p.
- NAVÁS, L. (1899). «Una excursió al Montsant (provincia de Tarragona). Notas botánicas». *Actas Real Soc. Esp. Hist. Nat.* (febrer), 76-80.
- NIMIS, P. L.; HAFELLNER, J.; ROUX, C.; CLERC, P.; MAYRHOFER, H.; MARTELOS, S.; BILOVITZ, P. O. (2018). «The lichens of the Alps – an annotated checklist». *MycKeys* [en línia], 31: 1-634. <https://doi.org/10.3897/myckeys.31.23658>.
- PEREIRA, I. (1992). *Flora, vegetación y ecología de los líquenes acúticos de España*. Tesis doctoral. Barcelona: Universitat de Barcelona. 342 p.
- ROSE, F. (1976). «Lichenological indicators of age and environmental continuity in woodlands». A: BROWN, D. H.; HAWKSWORTH, D. L.; BAILEY, R. H. (ed.). *Lichenology: Progress and Problems*. Nova York: Academic Press, 279-307.
- SCHWENDENER, S. (1869). *Die Agentypen der Flechtengonidien*. Basilea: Universitätsbuchdruckerei von C. Schultze. 42 p.
- SHRESTHA, G.; ST. CLAIR, L. L. (2013). «Lichens: A promising source of antibiotic and anticancer drugs». *Phytochem Rev.*, 12: 229-244.
- STOCKER-WÖRGÖTTER, E. (2008). «Metabolic diversity of lichen-forming ascomycetous fungi: Culturing, polyketide and shikimate metabolite production, and PKS genes». *Nat. Prod. Rep.*, 25: 188-200.
- TUOVINEN, V.; EKMAN, S.; THOR, G.; VANDERPOOL, D.; SPRIBILLE, T.; JOHANNESSEN, H. (2019). «Two basidiomycete fungi in the cortex of wolf lichens». *Current Biology* [en línia], 29 (3): 476-483. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2018.12.022>.
- VAYREDA, E. (1882). *Catàleg de la flora de la vall de Núria*. Barcelona: Impremta dels Successors de Ramirez y C., 90-91.
- WIRTH, V.; LLIMONA, X. (1975). «Das Pertusarietum rupicola un. nova, eine Silikatflechten-Gesellschaft im Mittelmeerraum, mit Bemerkungen zur Taxonomie des Pertusaria pseudocorallina-Formenkreises». *Herzogia*, 3 (2-4): 335-346.