

ESTABLIMENT D'UNA XARXA D'ESTACIONS DE SEGUIMENT MITJANÇANT INDICADORS LIQUÈNICS. BASE PER A VALORAR L'IMPACTE HUMÀ I LA QUALITAT DE L'AIRE AL PARC NACIONAL D'AIGÜESTORTES I ESTANY DE SANT MAURICI

M. BARBERO¹, N. L. HLADUN¹, P. NAVARRO-ROSINÉS¹, L. MUÑOZ¹, X. ARIÑO¹
& A. GÓMEZ-BOLEA¹

ABSTRACT

Establishment of a network of monitoring stations using lichens as indicators. Base for the assessment of human impact and air quality on the vegetation in the Aigüestortes i Estany de Sant Maurici National Park

As a first part of the monitoring project, using lichens as indicators of the Aigüestortes and Estany de Sant Maurici National Park, 20 monitoring stations have been selected, marked and characterised. The stations were included in the following plant communities: *Buxo-Quercetum pubescentis*, *Helleboro-Fagetum*, *Luzulo-Fagetum*, *Hylocomio-Pinetum catalaunicae*, *Goodyero-Abietetum*, *Saxifrago-Rhododendretum abietetosum albae*, *Saxifrago-Rhododendretum pinetosum uncinatae* and *Arctostaphylo-Pinetum uncinatae*, and in rocky places on carbonated and siliceous rocks. As an example of study of these stations, we give the information of one station located in *Saxifrago-Rhododendretum abietetosum albae*. The changes of the different communities through time allow us to correlate these observed modifications with changes in the air quality or due to the human impact.

Key words: Lichens, Bioindication, Atmospheric quality, Human impact, National Park

RESUM

Com a primera part de la monitorització, mitjançant els líquens com a indicadors, del Parc Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici, hem seleccionat, marcat i caracteritzat 20 estacions de seguiment. Les estacions han quedat establertes en els següents ambients: rouredes amb boix, bosc caducifoli mixt, fagedes, fagedes amb avet, pinedes de pi roig, avetosa, avetosa amb neret, pinedes de pi negre amb neret o amb ginebró, i roquissars, tant en roques carbonatades com àcides. Donem, com a exemple de l'estudi d'aquestes estacions, el cas d'una estació establerta a la comunitat

¹ Departament de Biologia Vegetal (Unitat Botànica), Universitat de Barcelona. Av. Diagonal, 645. E-08028 Barcelona. Sociedad Española de Lichenología (S.E.L.). E-mail: agomez@porthos.bio.ub.es

d'avetosa amb neret. El seguiment de l'evolució, en el temps, de les diferents comunitats, ens haurà de permetre correlacionar les modificacions observades en les estacions amb els canvis produïts en la qualitat de l'aire o a causa de l'impacte humà.

Mots clau: Líquens, Bioindicació, Qualitat atmosfèrica, Impacte humà, Parc Nacional

1. Introducció

Des de l'any 1866, en que W. NYLANDER publicà un article on deia que els líquens donen, a la seva manera, la mesura de la salubritat de l'aire i són uns higròmetres molt sensibles, se sap que tenen un cert valor indicador de la qualitat atmosfèrica. D'aleshores ençà, han estat publicats molts treballs científics sobre aquest tema (HENDERSON 2000) i, gràcies a això, s'han arribat a establir unes metodologies i unes tècniques de treball, més o menys d'acceptació generalitzada, sobre l'ús dels líquens com a indicadors de la qualitat de l'atmosfera. Un resum d'aquestes metodologies està publicat en ARIÑO *et al.* (1997).

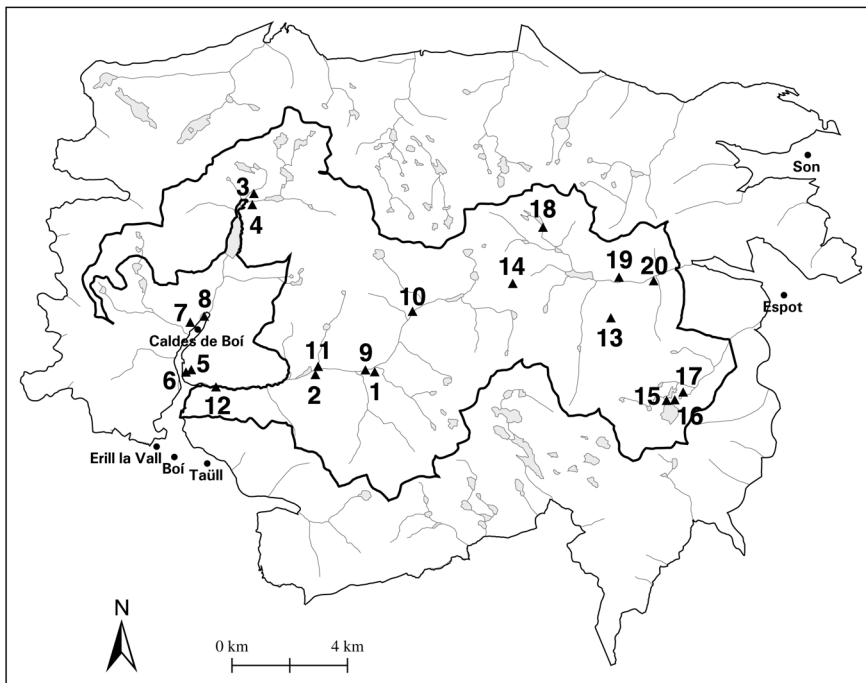


Figura 1. Localització de les estacions seleccionades. La numeració correspon a la de la taula 1.

Location of the selected stations. Numbering is the same as in Table 1.

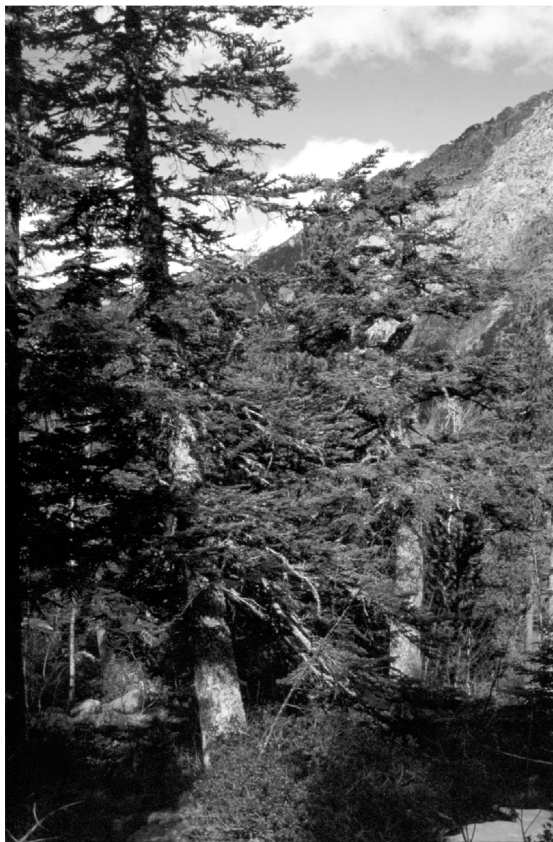


Figura 2. Vista de l'estació 1 (Planell d'Aigüestortes).
Overview of Station 1.

En altres estudis, en els que es fan servir els líquens com a indicadors de característiques biològiques o ambientals, no s'han arribat a proposar metodologies prou estandarditzades. D'aquests estudis destaquem els dirigits a avaluar el grau de maduresa del bosc, entenent aquest grau de maduresa com la capacitat que té l'ecosistema de crear el seu propi microclima, dintre del qual es generen una gran nombre de microhàbitats (ROSE 1976, 1992). En altres estudis es mesura la riquesa específica en líquens com a indicadora de la biodiversitat (PERSON 1994, GÓMEZ-BOLEA *et al.* 1998), i per últim alguns autors valoren els canvis ambientals, que es donen al llarg del temps, a partir d'estacions de monitoratge, en base als canvis en la composició florística dels líquens (MCCUNE 2000). És en aquest últim aspecte que vàrem plantejar l'ús dels líquens com a indicadors per monitoritzar les diferents comunitats i ambients del Parc Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici. Això ens ha de permetre fer un seguiment de l'evolució, en el temps, de les diferents

comunitats monitoritzades i correlacionar els canvis observats amb possibles canvis produïts en la qualitat de l'atmosfera o a causa de l'impacte humà.

2. Projecte de monitorització

D'acord amb els objectius esmentats, hem plantejat fer una monitorització basada en el seguiment líquènic de diverses comunitats, especialment les forestals, però també algunes situades sota condicions ambientals més extremes.

Taula 1. Relació i dades de les estacions de seguiment.

List and data of the tracking stations.

Estació	localitat	lat. (N)	long. (E)	altitud (m)	exposició	comunitat	data
1	Planell d'Aigüestortes, sota la Roca de la Cremada	42°32'51,4"	0°55'14,1"	1827	NW	Avetosa amb neret	19.04.2001
2	Vessant N per sobre de l'Estany de Llebreta	42°33'00"	0°53'35,6"	1667	N-NW	Bosc caducifoli mixt	20.04.2001
3	Entre l'estany Negre i la Pleta de Riumalo, a la dreta del saltant d'aigua	42°36'18,6"	0°51'45,1"	1939	pla	Pineda de pi negre amb neret	6.06.2001
4	Entre l'estany Negre i la Pleta de Riumalo, a l'esquerre del saltant d'aigua	42°36'5,7"	0°51'46,1"	1945	W	Pineda de pi negre amb neret	6.06.2001
5	Carretera de Caldes de Boí, Km 18, a la cota 1.507 m	42°32'55"	0°50'19"	1507	E	Roureda amb boix	7.06.2001
6	carretera de Barruera a Caldes de Boí, Km 18, a la cota 1.366 m	42°32'1,7"	0°50'14,5"	1366	E	Roureda amb boix	7.06.2001
7	Camí del Pont de Toirigo a l'Estany de Gémèna, cota 1.700 m	42°33'53,4"	0°50'16,9"	1700	SE	Fageda amb avet	8.06.2001
8	Camí del Pont de Toirigo a l'Estany de Gémèna, cota 1.541 m	42°33'55,8"	0°50'33,4"	1541	E	Bosc mixt de Freixe, roure de fulla gran i avet	8.06.2001
9	Planell de Sant Esperit	42°33'5,9"	0°54'56,9"	1805	pla	Avetosa amb neret	27.06.2001
10	Prats d'Aiguadassí	42°34'19,0"	0°56'10,9"	1905	S-SE	Pineda de pi negre i ginebró	28.06.2001
11	Pla del cap de Llebreta	42°33'4,0"	0°53'39,3"	1627	pla	Fageda	29.06.2001
12	Palanca de la Molina	42°32'39,7"	0°50'58,0"	1418	N	Rupícola (esquist carbonatats)	29.06.2001
13a	Cim de l'Encantat Gran. Inventari 1.	42°34'10,3"	1°00'57,1"	2745	N	Rupícola (pòrfid)	23.08.2001
13b	Cim de l'Encantat Gran. Inventari 2.	42°34'10,3"	1°00'57,3"	2745	N	Rupícola (calcàries)	23.08.2001
13c	Cim de l'Encantat Gran. Inventari 3.	42°34'10,1"	1°00'57,9"	2745	E	Rupícola (calcàries)	23.08.2001
14a	Coll del Portarró. Inventari 1.	42°34'43,9"	0°58'24,7"	2420	NE	Rupícola (granit)	24.08.2001
14b	Coll del Portarró. Inventari 2.	42°34'49,8"	0°58'28,2"	2420	N	Rupícola (granit)	24.08.2001
15	Entre l'Estany Negre de Peguera i l'Estany Tort	42°32'36,9"	1°02'25,8"	2380	N	Pineda de pi negre i ginebró	17.09.2001
16	Estany Negre de Peguera	42°32'33,4"	1°02'50,1"	2355	pla	Rupícola (granit)	17.09.2001
17	Estany Tort de Peguera	42°32'49,8"	1°02'49,6"	2314	SW	Pineda de pi negre amb neret	17.09.2001
18	Prop del refugi d'Amitges	42°35'44,6"	0°59'3,3"	2250	S-SW	Pineda de pi negre amb neret	18.09.2001
19	Entre Sant Maurici i Pont de Pallers	42°34'57"	1°01'36,2"	1817	S	Pineda de pi roig	18.09.2001
20	Pont de Pallers	42°34'57,7"	1°02'07,8"	1728	E	Avetosa	18.09.2001

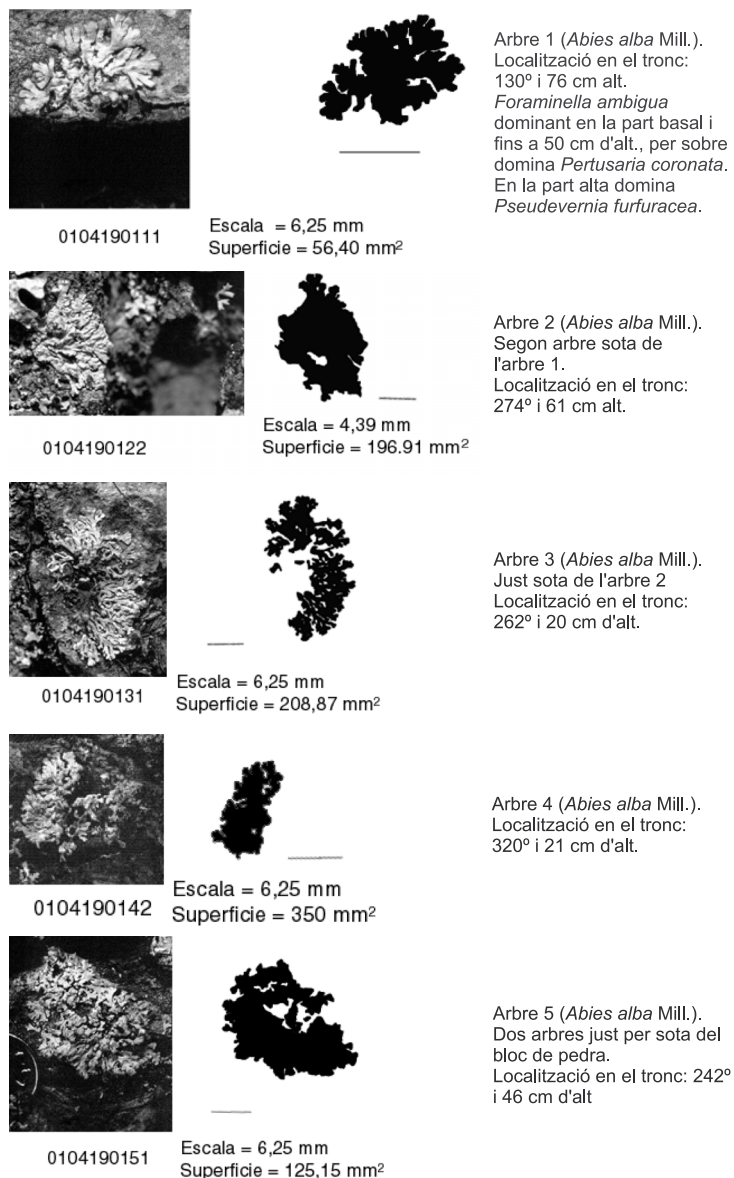


Figura 3. Registre gràfic dels 5 exemplars de *Foraminella ambigua* (Wulfen) S.L.F. Mey. de l'estació 1 seleccionats per fer-ne el seguiment del desenvolupament. A partir de la fotografia digital (columna esquerra), es dibuixa el perímetre del tal-lus per calcular la superfície (columna central) i s'enregistren les dades de localització (columna dreta).

Graphic record of 5 samples of *Foraminella ambigua* (Wulfen) S.L.F. Mey. from station 1 selected for monitoring. From photos (left column), the perimeter is drawn and the surface calculated (central column), and location data are recorded (right column).

Taula 2. Flora líquènica epífita de l'estació 1. A1, A2, A3, A4 i A5 = arbres seleccionats pel mostreig (*Abies alba* Mill.).

Epiphytic lichen flora from Station 1. A1, A2, A3, A4 i A5 = selected trees for sampling (*Abies alba* Mill.).

Espècies	A1	A2	A3	A4	A5
<i>Agonimia tristicula</i> (Nyl.) Zahlbr.	+				+
<i>Bryoria fuscescens</i> (Gyeln.) Brodo & D. Hawksw.	+		+		+
<i>Buellia chloroleuca</i> Körb.	+			+	
<i>B. schaereri</i> De Not.		+			
<i>Caloplaca hungarica</i> H. Magn.				+	
<i>Cetraria chlorophylla</i> (Willd.) Vainio				+	
<i>Cladonia subulata</i> (L.) F.H. Wigg.			+		
<i>Dimerella pineti</i> (Ach.) Vězda			+		
<i>Foraminella ambigua</i> (Wulfen) S.L.F. Mey.	+	+	+	+	+
<i>F. hyperopta</i> (Ach.) S.L.F. Mey.	+	+	+	+	+
<i>Hypogymnia physodes</i> (L.) Nyl.	+	+	+	+	
<i>Lecanora carpinea</i> (L.) Vain.		+		+	
<i>L. pulicaris</i> (Pers.) Ach.		+			
<i>L. subintricata</i> (Nyl.) Th. Fr.				+	
<i>Letharia divaricata</i> (L.) Hue	+	+	+	+	+
<i>Ochrolechia alboflavesvens</i> (Wulfen) Zahlbr.	+				
<i>O. szatalaensis</i> Verseghy		+			+
<i>Parmelia glabratula</i> (Lamy) Nyl. ssp. <i>glabratula</i>		+	+	+	+
<i>P. laciniatula</i> (H. Olivier) Zahlbr.		+		+	+
<i>P. saxatilis</i> (L.) Ach.	+	+	+		+
<i>P. subaurifera</i> Nyl.	+				+
<i>P. sulcata</i> Taylor	+	+	+	+	+
<i>Pertusaria albescens</i> (Huds.) M. Choisy & Werner			+	+	+
<i>P. coccodes</i> (Ach.) Nyl.			+		
<i>P. coronata</i> (Ach.) Th. Fr.	+				
<i>P. flavida</i> (DC.) J.R. Laundon					+
<i>P. hemisphaerica</i> (Flörke) Erichsen	+				
<i>Platismatia glauca</i> (L.) W.L. Culb. & C.F. Culb.			+		
<i>Pseudevernia furfuracea</i> (L.) Zopf	+	+		+	+
<i>Ramalina obtusata</i> (Ach.) Bitt.		+		+	+
<i>Rinodina archaea</i> (Ach.) Arnold		+		+	
<i>R. capensis</i> Hampe		+		+	
<i>Schismatomma abietinum</i> (Humb.) Massal.		+			
<i>Stigidium schaereri</i> (Massal.) Trevis. (fong líquenícola)		+		+	
<i>Vouauxiella lichenicola</i> (Linds.) Petr. & Syd. (fong líquenícola)			+		
<i>Bacidia</i> sp.	+				
<i>Candelariella</i> sp.					+
<i>Cladonia</i> sp.	+	+	+	+	
<i>Lecanora</i> sp.				+	
<i>Lepraria</i> sp.	+		+		+
<i>Pertusaria</i> sp.		+			
<i>Usnea</i> sp.		+		+	
Tal-lus solediat	+	+		+	
Nº total de tàxons = 43	18	23	15	22	17

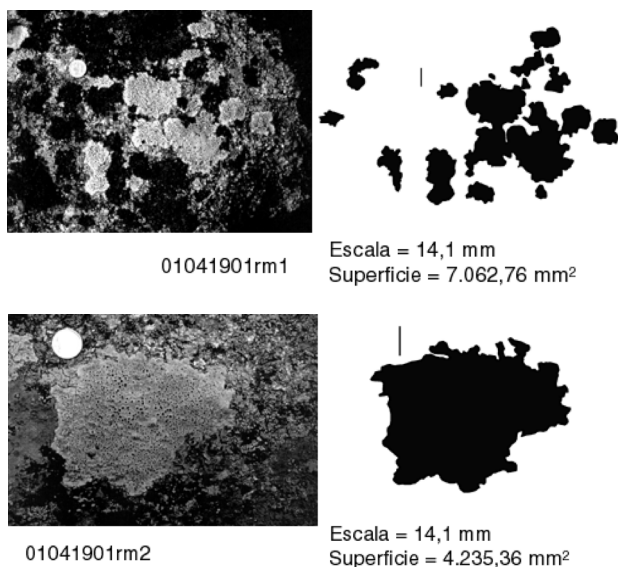


Figura 4. Registre gràfic de 2 exemplars de *Rhizocarpon macrosporum* Räsänen, com a control saxícola a l'estació 1.

Graphic record of 2 surfaces with *Rhizocarpon macrosporum* Räsänen, taken as saxicolous control from Station 1.

La periodicitat de la presa de mostres, en el cas dels líquens epífits i terrícoles, hauria d'ésser cada tres anys, o cada cinc en el cas de líquens saxícoles.

En una primera etapa de la monitorització hem procedit a obtenir la informació sobre la riquesa específica en líquens de cada estació. Com a primer resultat, aquesta informació pot ser útil per donar prioritat, arribat el cas, a la protecció d'algun biòtop concret o d'alguna localitat que pugui tenir interès particular. La comparació de les dades florístiques, dels líquens de les diferents estacions, amb altres flors de territoris més amplis (Pirineus, Catalunya, península Ibèrica, etc.), ens permetrà també valorar l'interès biològic d'alguns indrets del Parc.

Tenint en compte la superfície i l'heterogeneïtat d'ambients del Parc, hem cregut convenient establir una xarxa de 60 estacions, seguint els següents criteris: a) que estiguin distribuïdes de la forma més homogènia possible per tot el territori; b) que siguin representatives de les diferents comunitats vegetals del territori; i, c) que, dintre de l'àrea potencial d'aquestes comunitats, hi hagi com a mínim dues estacions: una en una zona ben conservada i una altra en una zona on es presenti certa alteració (per freqüentació humana o del bestiar).

A partir d'aquests criteris cal seleccionar, marcar i caracteritzar les estacions. Cada estació se situa dintre d'una de les comunitats definides al mapa de vegetació de les valls d'Espot i Boí (CARILLO & NINOT 1997). L'àrea de l'estació de seguiment inclou com a mínim l'àrea mínima de la comunitat de plantes vasculares. A més, en

el cas de comunitats arbòries, seleccionem 5 arbres per tal d'estudiar els líquens epífits. Aquests arbres es trien amb la intenció de tenir una representació de totes les comunitats de líquens epífits dintre de la comunitat de plantes vasculares.

3. Metodologia

Les estacions se senyalitzen, per a la seva posterior localització, amb discs de plàstic vermell de 2 cm de diàmetre, que es lliguen al tronc de cada un dels arbres triats, amb un fil de pescador. Els discs els situem a uns 2 m d'alçada i orientats cap al centre de l'estació. En el cas de les comunitats de líquens saxícoles els discs són fixats a la pedra aprofitant petites fissures. Es procedeix posteriorment a la caracterització de cada estació, amb la localització per les seves coordenades geogràfiques, la indicació de l'altitud, i la realització de l'inventari de la vegetació vascular, segons la metodologia sigmatista (BRAUN-BLANQUET 1979).

S'elabora per a cada estació un catàleg dels líquens, amb anotacions d'abundància i ecologia, i se selecciona, a cada estació, un o més tal·lus d'una o dues espècies líquèniques, per fer el càlcul de la superfície, que ens ha de permetre controlar el seu creixement. Finalment, fem una valoració de la diversitat líquènica de cada comunitat vegetal, en base a la riquesa específica.

4. Xarxa d'estacions de seguiment mostrejades

Com a primera part de la monitorització, mitjançant el líquens com a indicadors, del Parc Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici hem seleccionat, marcat i caracteritzat 20 estacions de seguiment (taula 1 i fig. 1), de les quals 16 corresponen a ambients forestals i 4 són ambients saxícoles. Durant el període estival de l'any 2001 les hem mostrejat totes, i com a exemple d'aquest mostreig donem les dades recollides per a l'estació 1.

5. Caracterització, mostreig i resultats de l'estació 1

5.1. Dades d'identificació

Planell d'Aigüestortes, sota la Roca de la Cremada
Lat.: N 42°32'51,4" Long.: E 0°55'14,1" (precisió 42 m)
Alt. 1.827 m. Exposició NW
Data de mostreig: 19.04.2001

5.2. Descripció de l'estació

Àrea estudiada: $16 \times 13 = 208 \text{ m}^2$
Inclinació: 20-25°

Substrat: roques granítiques

Comunitat: Avetosa amb neret (*Saxifrago-Rhododendretum abietetosum*)

Estrat arbori: cobertura 50 % i altura de 10-12 m

Estrat arbusti: cobertura 50 % i altura d'1 m

Estrat herbaci més muscinal: cobertura 100 %

Plantas vasculares: *Abies alba* (2.3), *Pinus mugo* ssp. *uncinata* (2.2), *Betula pendula* (1.2), *Salix caprea* (1.2), *Rhododendron ferrugineum* (3.2), *Vaccinium myrtillus* (1.2), *Sorbus aucuparia* (+), *Luzula nivea* (+), *Geum rivale* (+), *Rosa* sp. (+), *Veronica chamaedrys* (+), *Veratrum album* (+), *Paris quadrifolia* (+), *Taraxacum officinale* (+), *Trifolium* sp. (+), *Soldanella alpina* (+), *Carex* sp. (+), *Pyrola minor* (+), *Aquilegia vulgaris* (+), *Poa nemoralis* (3 1), *Equisetum hyemale* (1.1), *Hylocomium splendens* (2.1), *Dicranum scoparium* (+), *Fissidens* sp. (+), *Polytrichum* sp. (+), *Rhytidadelphus triquetrus* (+), *Cruciata glabra* (+), *Anemone nemorosa* (+), *Geranium sylvaticum* (+), *Orchis majalis* (+), *Athyrium filix-femina* (+), *Alchemilla fissa* ssp. *pyrenaica* (+), *Rubus idaeus* (+).

5.3. Flora líquènica saxícola i terrícola de l'estació

Baeomyces rufus (Huds.) Rebert., *Candelariella vitellina* (Hoffm.) Müll. Arg., *Cladonia fimbriata* (L.) Fr., *C. pyxidata* (L.) Hoffm., *C. subulata* (L.) Weber ex Wigg., *Lecanora cenisia* Ach., *Pertusaria corallina* (L.) Arnold, *Porpidia macrocarpa* (DC.) Hertel & Schwab, *P. speirea* (Ach.) Krempelh., *Protoparmelia badia* (Hoffm.) Hafellner, *Rhizocarpon macrosporum* Räsänen, *Umbilicaria cylindrica* (L.) Delise ex Duby, *U. deusta* (L.) Baumg.

Bibliografia

- ARIÑO VILA, X., T. AZUAGA GARCÍA & A. GÓMEZ-BOLEA 1997 - Els líquens com a biodi-cadors de la qualitat atmosfèrica: el cas de la vall de Fumanya (Cercs, Barcelona). *Butll. Inst. Catalana Hist. Nat.*, 65: 5-13.
- BRAUN-BLANQUET, J. 1979 - *Fitosociología*. Bases para el estudio de las comunidades vege-tales. Blume. Madrid.
- CARRILLO, E. & J. M. NINOT 1997 - *Mapa de vegetació de les valls d'Espot i Boí*. Inst. Cart. Cat. Col·lecció 1:50.000. Barcelona.
- GÓMEZ-BOLEA, A., N. L. HLADUN & X. LLIMONA 1998 - La diversitat líquènica de Catalunya i Andorra. Estat dels nostres coneixements i propostes per a millorar-los. *Acta. Bot. Barc.* (Homenatge a Oriol de Bolòs) 45: 91-105.
- HENDERSON, A. 2000 - Literature on air pollution and lichens XLIX. *Lichenologist*, 32(1): 89-102.
- MCCUNE, B. 2000 - Lichens communities as indicators of forest health. *Bryologist* 103(2): 353-356.
- NYLANDER, W. 1866 - Les lichens du Jardin du Luxembourg. *Bull. Soc. bot. Fr.*, 13: 364-372.
- PERSON, D.L. 1994 - Selecting indicator taxa for the quantitative assessment of biodi-versity. In D.L. HAWKSWORTH (ed.) *Biodiversity measurement and estimation*: 75-79. Chapman & Hall with The Royal Society. London.

- ROSE, F. 1976 - Lichenological indicators of age and environmental continuity in woodlands. In: D.H. BROWN, D.L. HAWKSWORTH & R.H. BAILEY (ed.) *Lichenology: Progress and problems*: 279-307. Academic Press. New York.
- ROSE, F. 1992 - Temperate forest management: its effects on bryophyte and lichen floras and habitats. In: J.W. BATES & A. M. FARMER (ed.) *Bryophytes and Lichens in a Changing environment*: 211-233. Clarendon Press. Oxford.