

Els briòfits dels boscors madurs de la Garrotxa

MIQUEL JOVER BENJUMEA

Grup d'Anàlisi i Gestió del Paisatge, Universitat de Girona

jover.miquel@gmail.com

Rebut: 22.6.2019

Acceptat: 20.9.2019

RESUM

En el present treball, s'estudia la flora de briòfits dels boscors considerats com a madurs a la comarca de la Garrotxa, i es fa una comparació amb boscors on es practica una explotació forestal activa, amb signes evidents de tala. En total, s'han mostrejat 12 boscors diferents, dels quals 6 són alzinars i 6 són fagedes. De cada bosc, es va fer una prospecció de tots els substrats (sòl, roques, fusta morta i troncs vius) i es van determinar totes les espècies presents. En total, s'han trobat 83 tàxons de briòfits (67 molses i 16 hepàtiques). Els troncs van ser el substrat amb més riquesa taxonòmica, seguit per les roques, els sòls i la fusta morta; aquest últim substrat va mostrar mostrar una gran pobresa, a causa tant de l'escassetat de fusta morta, com de les condicions climàtiques poc favorables. La riquesa i cobertura dels briòfits epífits va ser màxima en alzinars madurs, i mínima en fagedes explotades. Quant a composició taxonòmica, hi va haver una diferenciació entre alzinars i fagedes, però no entre boscors madurs i boscors explotats. Tampoc es va trobar cap espècie de les considerades indicadores de boscors madurs, degut principalment a les condicions climàtiques que n'impedirien el desenvolupament.

Paraules clau: briòfits, boscors madurs, molses, hepàtiques, gestió forestal, epífits, Garrotxa.

ABSTRACT

Bryophytes of the mature forests of La Garrotxa

The bryophyte flora of the forests regarded as mature in the county of La Garrotxa were studied and is compared with the flora from forests where active management is practiced and there are obvious signs of timber extraction. A total of 12 forests were sampled, of which six were holm oak forests and six beech forests. In each forest, a survey of all substrates (soil, rocks, dead wood and living trees) was made and all the species of bryophytes detected were determined. In total, 83 bryophyte taxa were recorded (67 mosses and 16 liverworts). The greatest taxonomic richness was in the group of epiphytes, followed by the saxicolous and terricolous species. Dead wood was the poorest substrate due to its scarcity and the unfavourable climate (too dry for most of the species considered to be characteristic of mature forests). The richness and cover of epiphytic bryophytes were highest in mature holm oak forests and poorest in managed beech forests. There were differences in the taxonomic composition between the holm oak and beech forests but not between mature and managed forests.

Keywords: bryophytes, old-growth forests, mosses, liverworts, forest management, epiphytes, La Garrotxa.

INTRODUCCIÓ

Els boscos madurs

Les característiques i els processos biològics dels boscos madurs han estat estudiats en diverses regions del món. Aquestes masses forestals, caracteritzades per una nul·la o molt baixa intervenció humana, han sigut objecte d'estudi des de fa moltes dècades en regions boreals i tropicals, on encara se'n troben exemples ben conservats. En canvi, a la regió mediterrània, l'estudi dels boscos madurs presenta limitacions, bàsicament la gran dificultat de trobar-ne exemples extensos i ben conservats (Mansourian *et al.* 2013).

En el cas concret de la Garrotxa, els boscos han estat explotats des d'antic, ja sigui per extreure'n materials de construcció (fusta per a bigues o per a eines agrícoles), i també per a llenya i carbó. Aquesta explotació forestal ha provocat que moltes masses forestals presentin diferències respecte els boscos inalterats pel que fa als seus paràmetres estructurals (mida, edat i densitat d'arbres, cobertura dels estrats, presència de fusta morta) i comunitats biològiques (riquesa taxonòmica i diversitat). Només en els darreres dècades, en alguns d'aquests boscos s'ha deixat de practicar un aprofitament forestal de la fusta, cosa que ha facilitat el tancament de les capçades i un augment en l'edat dels arbres. Aquests boscos són els que en el present treball hem classificat com a "madurs", els quals estan inclosos en el Catàleg dels boscos madurs de la Garrotxa (Agelet & Montserrat 2004), malgrat que històricament han estat intensament explotats i la seva estructura s'allunya de la que trobem en boscos madurs d'altres regions.

Els briòfits als boscos madurs

S'han realitzat estudis sobre briòfits en boscos madurs en àrees tan allunyades com els EUA, Escandinàvia, Alemanya, els Balcans o el Brasil (Gustafsson & Hallingbäck 1988; Cooper-Ellis 1998; Gradstein *et al.* 2001; Maksimov *et al.* 2003; Friedel *et al.* 2006; Sabovljevic *et al.* 2010; Valente *et al.* 2013). Aquest treball ha trobat resultats força concordants pel que fa a la superior riquesa en briòfits dels boscos madurs respecte els gestionats o secundaris.

Per exemple, en boscos de caducifolis al NE dels EUA, Cooper-Ellis (1998) va trobar el doble d'espècies de briòfits en boscos madurs respecte boscos gestionats, si bé cap espècie va estar estrictament associada al primer tipus. Maksimov *et al.* (2003) troben fins a 158 espècies de briòfits en boscos de *Picea abies* i *Betula pendula* a Finlàndia, tot i que aquests autors no fan una comparació amb boscos secundaris o gestionats. A Estònia, Vellak & Paal (1999) van trobar una major cobertura i nombre d'espècies en boscos madurs respecte als boscos gestionats, amb un total de 20 espècies que es fan només en els primers. També observen una major proporció d'epífits i espècies de fusta morta en boscos no gestionats, malgrat que la disponibilitat de substrats sigui similar entre ells. En un estudi als boscos del NE d'Alemanya, Friedel *et al.* (2006) van trobar novament més diversitat als boscos no gestionats, fet que relacionen amb la mida superior dels arbres la qual portaria a una major rugositat de l'escorça i l'aparició d'anomalies en el creixement dels troncs. D'altra banda, a les fagedes dels Balcans, Sabovljevic

et al. (2010) informen d'una major diversitat taxonòmica de briòfits saproxílics en boscos madurs respecte els gestionats, degut a la major disponibilitat de fusta morta en els boscos vells. En general, aquests estudis mostren la importància de les condicions del microclima al sotabosc, de la disponibilitat i diversitat de substrats (especialment fusta morta) i de la mida dels arbres en la diversitat i composició de les comunitat de briòfits.

En contrast amb aquests treballs realitzats en regions tropicals i boreals, els treballs de briòfits en boscos madurs són gairebé inexistents a la regió mediterrània, molt possiblement degut a la dificultat de trobar boscos madurs en aquesta regió. En el cas concret de Catalunya, el grau de coneixement que es tenia dels briòfits dels boscos madurs fins a l'elaboració d'aquest treball era força incomplet; els estudis realitzats (Casas & Barrón 2003) són de caire florístic, més que comparatiu amb masses forestals on l'explotació forestal es manté activa.

Objectius del treball

L'objectiu general d'aquest treball ha estat realitzar una comparació de la comunitat briofítica dels boscos madurs amb la dels boscos no madurs, quantificar les diferències que hi puguin haver, i intentar relacionar-les amb els factors ecològics i antròpics.

Pel que fa als objectius concrets, en primer lloc s'ha volgut saber si els valors de riquesa taxonòmica i diversitat dels boscos madurs presentaven diferències amb els dels boscos on es fa una explotació forestal activa. També hem volgut veure si aquests possibles canvis es produïen de la mateixa manera en boscos perennifolis que en caducifolis.

En segon lloc, hem volgut establir quin és l'efecte del tipus de bosc i el seu grau de maduresa sobre els paràmetres de la comunitat d'epífits (cobertura sobre el tronc, riquesa d'espècies i diversitat), així com conèixer la influència de l'alçada i orientació sobre el tronc.

METODOLOGIA

Selecció dels boscos a mostrejar

La selecció de les unitats de mostreig es va fer en base a tres criteris. En primer lloc, només es van tenir en compte aquelles tipologies forestals àmpliament distribuïdes a la Garrotxa, descartant hàbitats amb una baixa representació. En segon lloc, només hem inclòs en el treball els boscos on els briòfits epífits hi són freqüents. Tampoc hem inclòs aquells boscos dels quals costava trobar rodals extensos i en un bon estat de conservació. Seguint aquests criteris, el mostreig s'ha realitzat en dues tipologies de bosc, ben diferenciades entre elles i representatives de la diversitat forestal de la Garrotxa: els alzinars i les fagedes.

La selecció dels punts de mostreig, que figura a la TAULA 1, es va fer a partir del catàleg dels boscos madurs de la Garrotxa (Agelet & Montserrat 2004). Cada punt de mostreig corresponia a un rodal de bosc que vàrem considerar com a "madur", i que complia els següents criteris:

- Sense signes d'alteració recent (tales, estassades de sotabosc o entrada de ramats).
- Almenys una part dels arbres eren de mida mitjana o gran, amb un DBH igual o superior als 40-50 cm.
- Superfície mínima del rodal de 1 hectàrea, per tal d'evitar qualsevol possible "efecte marge".

Per tal de saber si la comunitat de briòfits d'aquests rodals realment presentava alguna diferència amb els boscos on es feia un aprofitament forestal, es va seleccionar un segon conjunt de rodals propers i on l'explotació forestal era evident, que es van classificar com a "no madurs".

TAULA 1. Localització i característiques generals dels boscos mostrejats.

Nom	Municipi	Hàbitat	Maduresa	Altitud (m)
El Sallent 01	Santa Pau	Alzinar	Madur	380
El Sallent 02	Santa Pau		No madur	325
L'Espunya 01	La Vall de Bianya		Madur	800
L'Espunya 02	La Vall de Bianya		No madur	800
Falgars 01	Beuda		Madur	750
Falgars 02	Beuda		No madur	750
Llancers 01	La Vall d'en Bas	Fageda	Madur	1135
Llancers 02	La Vall d'en Bas		No madur	1115
Glascar 01	Sant Aniol de Finestres		Madur	825
Glascar 02	Sant Aniol de Finestres		No madur	800
Les Olletes 01	La Vall d'en Bas		Madur	1050
Les Olletes 02	La Vall d'en Bas		No madur	1000

Treball de camp

El mostreig es va fer entre març i juliol de 2017. Per a cadascun dels 12 boscos, es va buscar una àrea situada més o menys al centre de cada rodal. Es van evitar clarianes o grans talussos, que podrien haver introduït una excessiva heterogeneïtat. En aquesta àrea es va establir una parcel·la circular de 12 metres de radi, en la qual es van mostrejar tots els substrats presents (escorça dels arbres i arbustos, sòls, roques i fusta morta) i es van anotar totes les espècies presents. Aquells tàxons que no es van poder identificar al camp, es van recollir per determinar-los al laboratori.

També es va realitzar un segon mostreig només per als briòfits epífits. En cada rodal es van seleccionar a l'atzar 10 arbres (peus) amb un DBH (diàmetre a l'alçada del pit) de 15 cm, com a mínim. Per a cada arbre es van anotar totes les espècies presents sobre el tronc. A més, en 5 d'aquests peus es van instal·lar 6 inventaris de 10 x 20 cm sobre el tronc, i en cadascun d'ells es van anotar els tàxons presents i la seva cobertura en percentatge. Els inventaris es van col·locar als costats nord i sud del tronc, en alçades de 15, 50 i 100 cm. En tots els arbres es va mesurar el DBH i es va anotar l'espècie.

La identificació dels tàxons de briòfits es va fer al laboratori, utilitzant lupa binocular i microscopi. En alguns casos la identificació no es va poder realitzar fins al nivell específic, doncs les mostres estaven en mal estat, o bé els caràcters distintius com esporòfits o estructures de reproducció vegetativa (gemmes rizoidals, bulbils axil·lars, etc.) no estaven presents. Les obres que es van utilitzar per fer les determinacions són la Flora dels Briòfits dels Països Catalans (Casas *et al.* 2003; Casas *et al.* 2004) i Flora Briofítica Ibérica (Guerra *et al.* 2006). La nomenclatura de les espècies va seguir Hodgetts (2015). Les mostres ja determinades es van desar a l'herbari de briòfits de la Universitat de Girona (HGI).

Anàlisi de dades

Per tal de saber si el tipus de bosc i el seu grau de maduresa van tenir algun efecte sobre el número total de tàxons per bosc es va aplicar una ANOVA de 2 factors (prenent el tipus de bosc i la maduresa com a factors). Les diferències en la riquesa taxonòmica entre substrats (epífits, sòl, roques i fusta morta) per a tots els boscos es van analitzar mitjançant una ANOVA de 1 factor (prenent com a factor el tipus de substrat). Quan aquestes diferències entre substrats es van explorar tenint en compte també el tipus de bosc i la seva maduresa, es va aplicar un model lineal general o GLM (acrònim de *General Lineal Model*).

Les diferències entre els valors de DBH, riquesa i cobertura mitjana d'epífits per arbre entre les quatre tipologies de bosc es van analitzar amb una ANOVA de 2 factors (factors: bosc i maduresa), mentre que les relacions entre aquestes variables es van explorar per mitjà d'una anàlisi de correlació. L'efecte del tipus de bosc i la seva maduresa sobre la riquesa taxonòmica (S), la cobertura, la diversitat de Shannon (H') i l'equitativitat (J') per cada plot es van analitzar igualment per mitjà d'una ANOVA de 2 factors, mentre que mitjançant un GLM es van incloure en l'anàlisi l'alçada i l'orientació sobre el tronc.

Per tal de comparar i visualitzar les diferències en la composició d'espècies entre els alzinars i les fagedes, així com entre boscos madurs i no madurs, es va utilitzar la metodologia nMDS (*acrònim de nonparametric MultiDimensional Scaling*). Es va fer un nMDS per a la matriu de presència-absència de cada tàxon per arbre, i un segon nMDS utilitzant les dades de cobertura de cada tàxon per plot. El resultat en els dos casos va ser molt similars, i per tant als resultats mostrem només la gràfica del primer anàlisi.

Per detectar les espècies característiques de cada bosc es va fer servir la metodologia SIMPER, que també es basa en l'anàlisi de la similitud entre mostres, però fent més èmfasi en quines són les espècies responsables de la dissimilitud entre mostres. Així, aquest mètode ens ha permès identificar les espècies que "tipifiquen" un tipus de bosc enfront de l'altre. També en aquest cas hem fet un primer anàlisi a partir de la presència de cada tàxon en cada arbre (utilitzant l'índex de Sørensen) i un altre amb la matriu de dades de cobertures per plot (utilitzant l'índex de Bray-Curtiss).

Prèviament a totes les anàlisis es va aplicar una transformació $\ln(X+1)$ a totes les dades, excepte per les anàlisis de correlació, nMDS i SIMPER.

Les anàlisis estadístiques es van fer mitjançant els programes SPSS 15.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) per a l'ANOVA de 1 factor, l'ANOVA de 2 factors i el GLM; per al nMDS i el SIMPER es va utilitzar el software Primer 6 (Clarke & Gorley 2006).

RESULTATS

Dades florístiques i taxonòmiques totals i per tipus de bosc

Durant el treball de camp s'han recollit un total de 1193 mostres, les quals han donat lloc a un catàleg de 83 tàxons de briòfits (67 molses i 16 hepàtiques). Algunes mostres no es van poder identificar fins a nivell específic degut a no eren fèrtils, requisit sovint necessari per a la determinació.

Per tipus de bosc, als alzinars hi hem trobat un total de 54 tàxons, dels quals 44 van estar presents en alzinars madurs i 38 en no madurs. A les fagedes hi hem recollit 65 tàxons, dels quals 59 es van trobar en fagedes no madures i 39 en fagedes madures.

Un total de 19 espècies es van trobar exclusivament als alzinars, mentre que a les fagedes aquesta xifra puja a 30.

Per tipus de gestió, es van trobar un total de 13 tàxons exclusius dels boscos madurs, mentre que 27 es van recollir només en boscos sotmesos a explotació forestal.

Riquesa taxonòmica per tipus de bosc i grau de maduresa

Quant a la riquesa taxonòmica per rodal, les fagedes no madures van mostrar valors lleugerament superiors a la resta (FIGURA 1); ara bé, l'ANOVA de dos factors ens ha indicat que aquestes diferències no són significatives, i que ni el tipus de bosc ni la seva maduresa van tenir cap efecte significatiu sobre la riquesa taxonòmica total per parcel·la de bosc (valors de p superiors a 0,05, no mostrats).

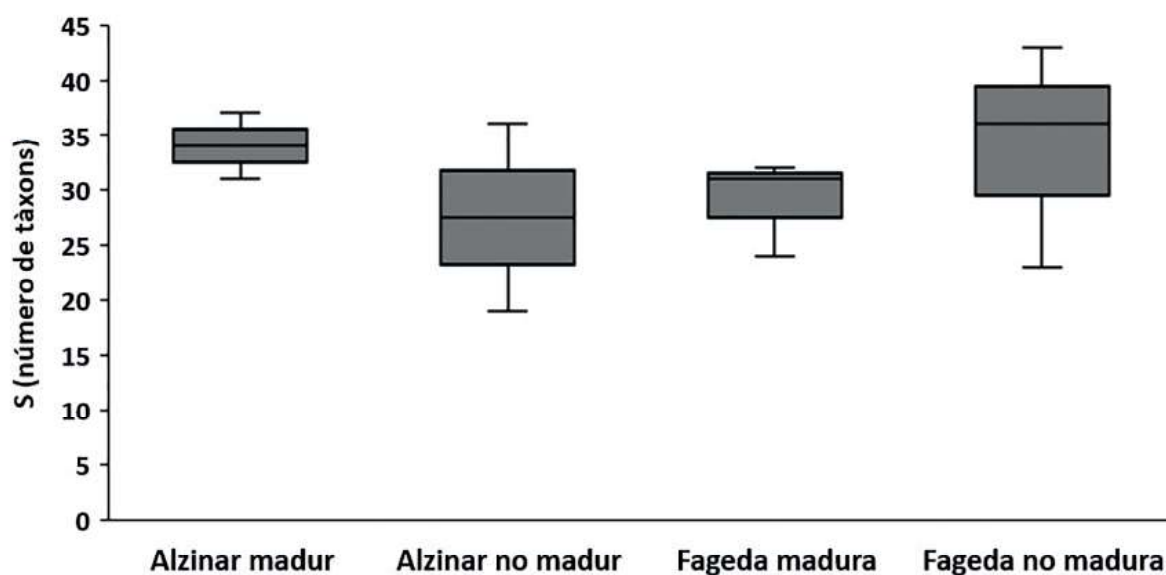


Figura 1. Valors de riquesa taxonòmica per a cada tipus de bosc.

Discriminant per substrats es van trobar diferències significatives entre els 4 tipus de bosc en el cas dels epífits, les roques i el sòl (FIGURA 2). Els valors de riquesa taxonòmica van ser màxims per als epífits dels alzinars madurs, amb un valor mitjà superior als 25 tàxons per rodal, mentre que les fagedes no madures van tenir valors inferiors, per sota dels 20 tàxons. La fusta morta va hostatjar el menor nombre d'espècies.

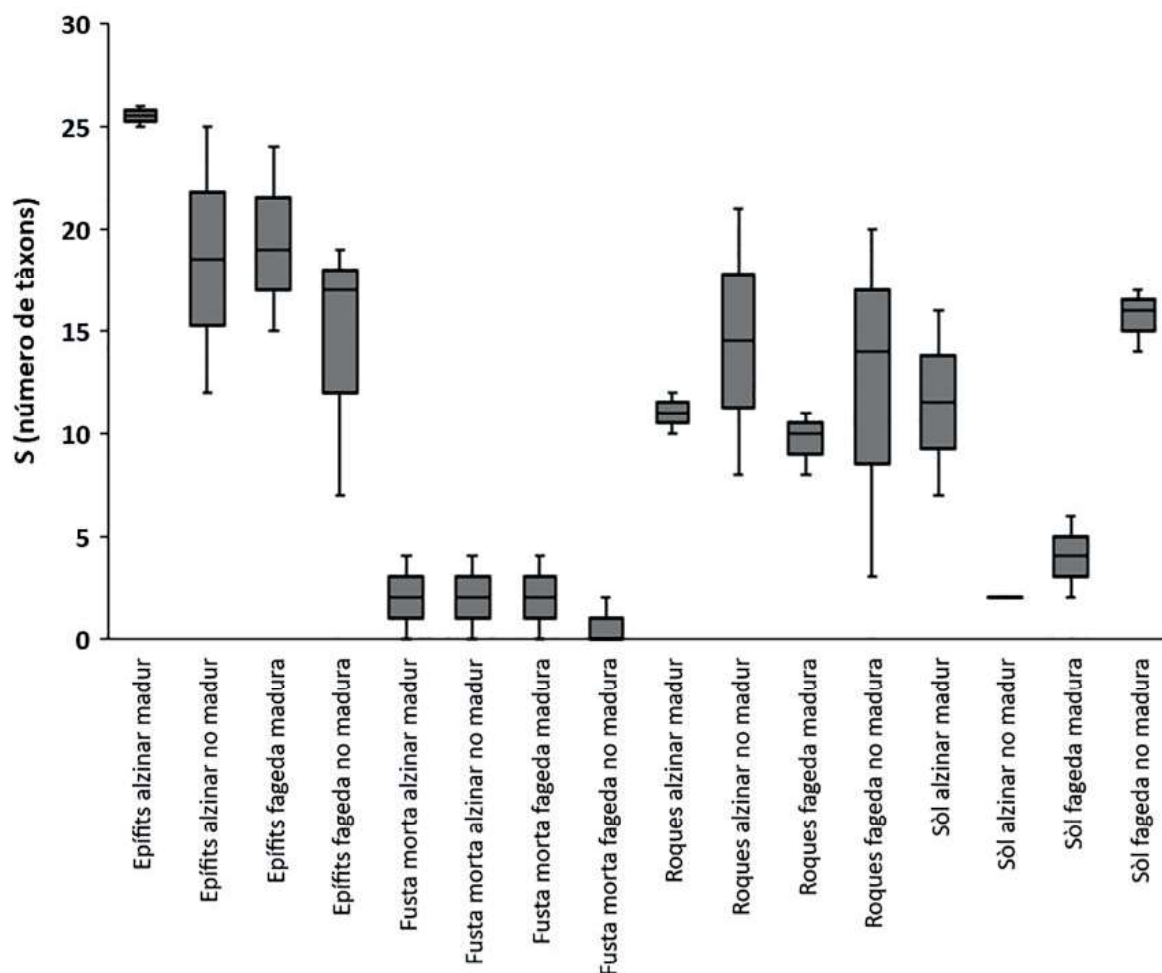


FIGURA 2. Valors de riquesa taxonòmica per parcel·la i substrat.

Efecte del tipus de bosc i la maduresa sobre la cobertura i diversitat de la comunitat de briòfits epífits

L'ANOVA de 2 factors ens va mostrar que tant el tipus de bosc com el seu grau de maduresa van tenir un efecte significatiu sobre el diàmetre (DBH) dels arbres (TAULA 2), amb uns valors més elevats a les fagedes madures i valors mínims als alzinars no madurs (FIGURA 3). El mateix anàlisi no ha detectat una interacció significativa d'aquests dos factors sobre el diàmetre (TAULA 2).

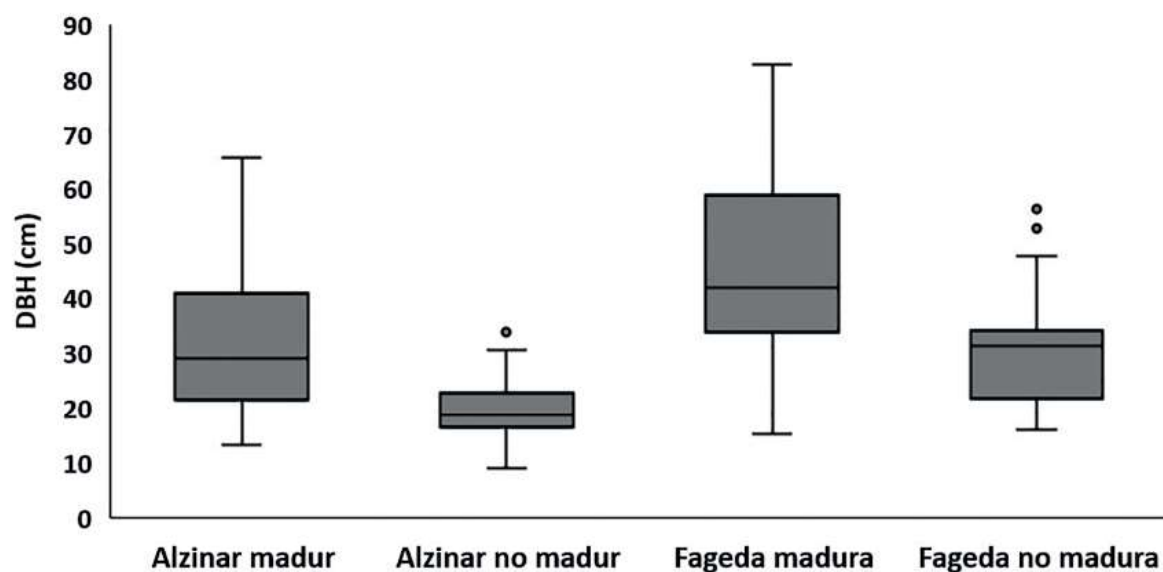


FIGURA 3. Valors mitjans de DBH (diàmetre a l'alçada del pit) per a cadascun dels tipus de bosc estudiats.

TAULA 2. Resultats de l'ANOVA de 2 factors per a les característiques de la comunitat d'epífits, a partir de les dades de cada arbre (a dalt) i a partir de les dades per plot (a baix). Es mostren els valors de p per a cada factor. En negreta i cursiva s'han marcat els valors de p significatius.

Dades a partir de tot l'arbre	Tipus de bosc	Maduresa	Interacció
Riquesa taxonòmica (S)	<0,001	<0,001	0,154
Cobertura	<0,001	0,014	0,236
Diàmetre (DBH)	<0,001	<0,001	0,427
Dades a partir dels inventaris	Tipus de bosc	Maduresa	Interacció
Riquesa taxonòmica (S)	<0,001	0,866	0,452
Cobertura	0,005	0,635	0,978
Diversitat de Shannon (H')	0,374	0,515	0,033
Equitativitat (J')	0,744	0,544	0,030

Quant a les característiques de la comunitat d'epífits, l'ANOVA de 2 factors va mostrar que tant el tipus de bosc com la seva maduresa van tenir un efecte significatiu sobre la riquesa taxonòmica i cobertura d'epífits (TAULA 2). Als alzinars madurs, aquests dos paràmetres van tenir valors superiors, els quals van ser mínims en el cas de les fagedes no madures (FIGURES 4 i 5). L'efecte de l'explotació forestal va desaparèixer quan s'analitzaven les dades dels inventaris de 20 x 10 cm (TAULA 2).

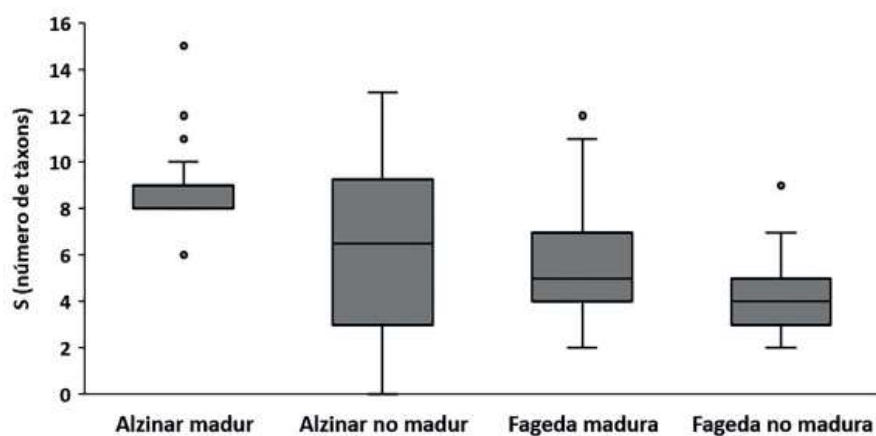


FIGURA 4. Valors de riquesa taxonòmica per als briòfits epífits a partir de les dades de cada arbre.

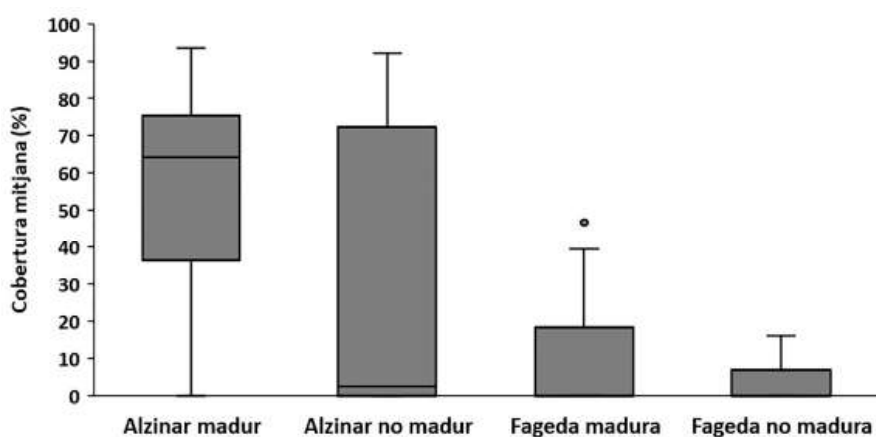


FIGURA 5. Valors de cobertura mitjana dels briòfits epífits a partir de les dades de cada arbre.

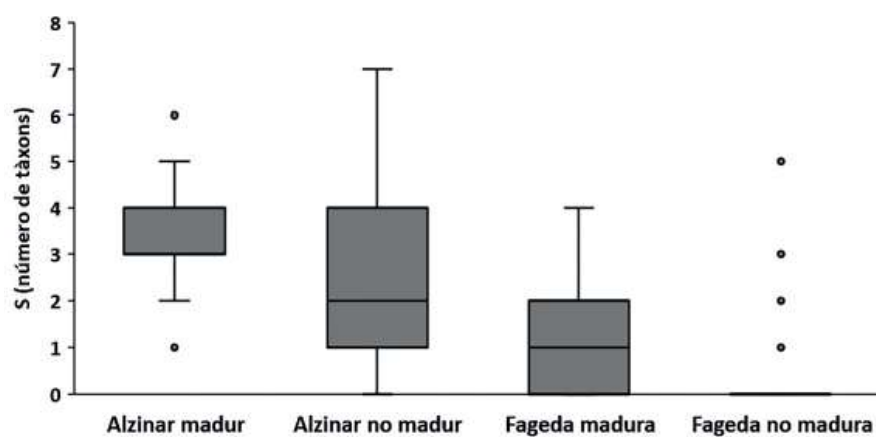


FIGURA 6. Valors de riquesa taxonòmica dels epífits a partir de les dades de cada plot.

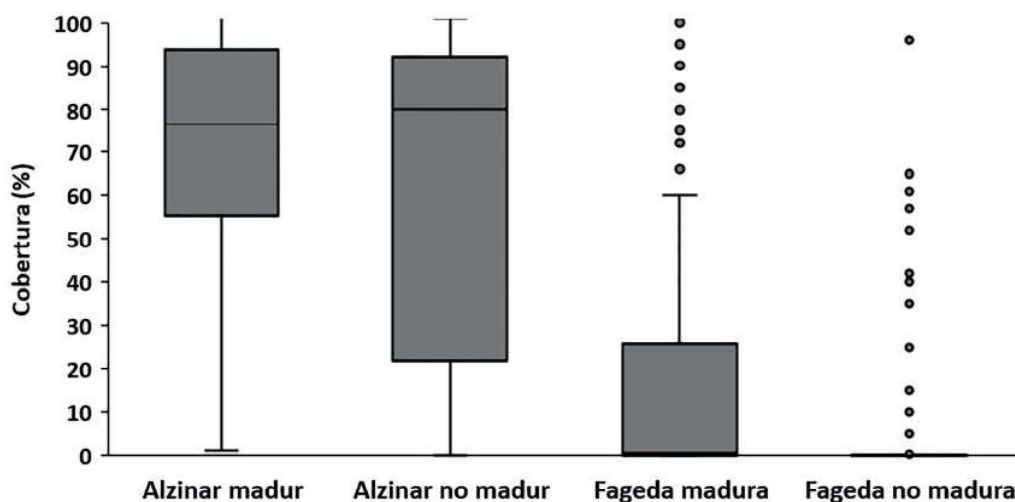


FIGURA 7. Valors de cobertura dels epífits a partir de les dades de cada plot.

Pel que fa a la diversitat de Shannon (H') i l'equitativitat (J') hem vist una interacció entre el tipus de bosc i el seu grau de maduresa (TAULA 2). Els valors més grans d'aquests dos paràmetres es van donar novament en els alzinars no sotmesos a explotació de la fusta, mentre que en el cas de les fagedes gestionades aquests valors van ser molt més petits. Fruit de la interacció entre els dos factors, s'observa com als alzinars la gestió va afectar negativament els valors de H' i J' , mentre que a les fagedes no es van produir canvis significatius en aquests valors, ja de per si força baixos (FIGURES 8 i 9).

L'anàlisi de correlació no va mostrar cap correlació significativa entre la riquesa taxonòmica, la cobertura mitjana i el DBH (FIGURES 10 i 11). Aquest resultat va ser similar tant si analitzàvem conjuntament tots els boscos, o si l'anàlisi es feia separatament per a cada tipus de bosc, per la qual cosa aquí només es mostren les dades conjuntes.

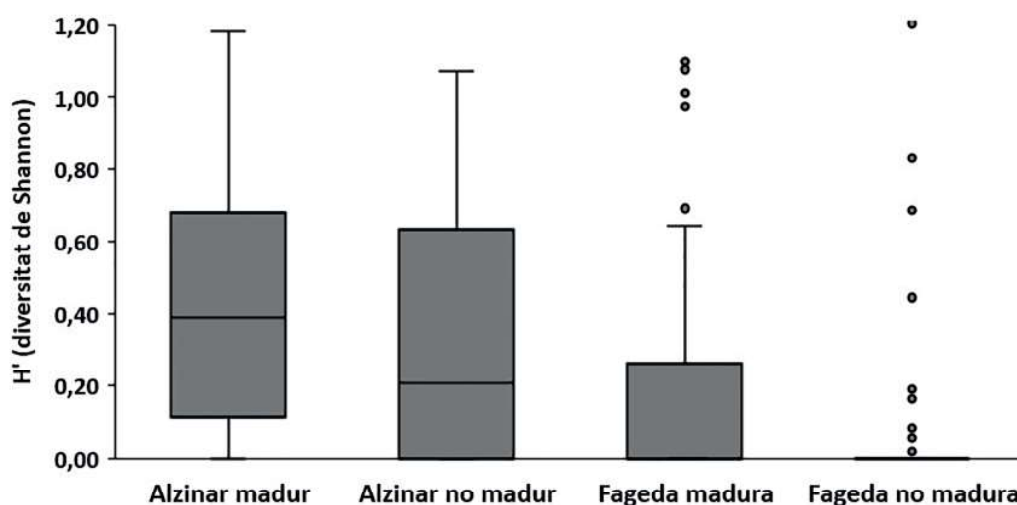


FIGURA 8. Valors de la diversitat de Shannon de la comunitat d'epífits a partir de les dades de cada plot.

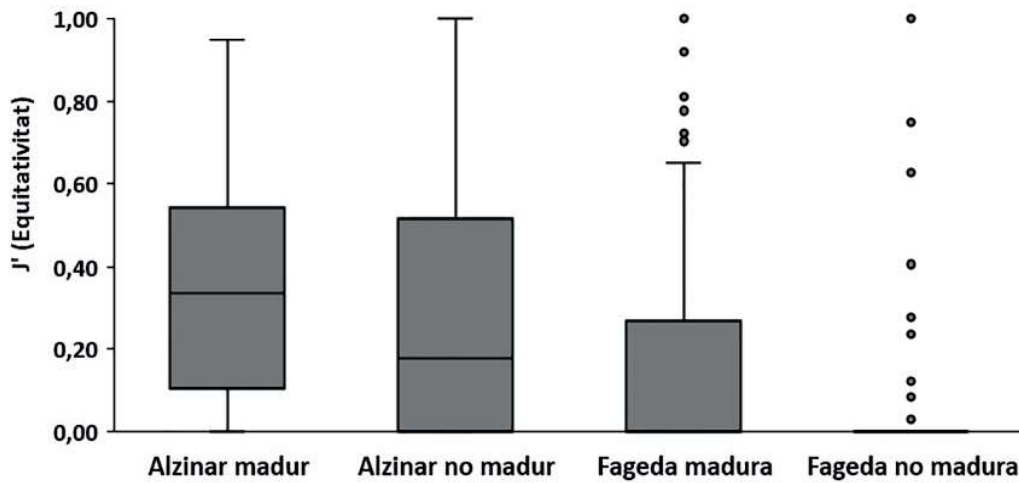


FIGURA 9. Valors de l'equitativitat de la comunitat d'epífits a partir de les dades de cada plot.

Efecte de l'orientació i l'alçada en el tronc sobre la comunitat d'epífits

L'anàlisi GLM (TAULA 3) va mostrar un efecte de l'orientació sobre la cobertura total de briòfits, però no sobre la resta de paràmetres de la comunitat d'epífits (riquesa taxonòmica, diversitat de Shannon (H') i equitativitat (J')). L'alçada tampoc va tenir un efecte significatiu sobre cap d'aquests paràmetres. En general, els inventaris situats en orientació nord sobre els troncs van tenir cobertures superiors. Malgrat tot, les diferències, tot i que significatives, van ser poc importants.

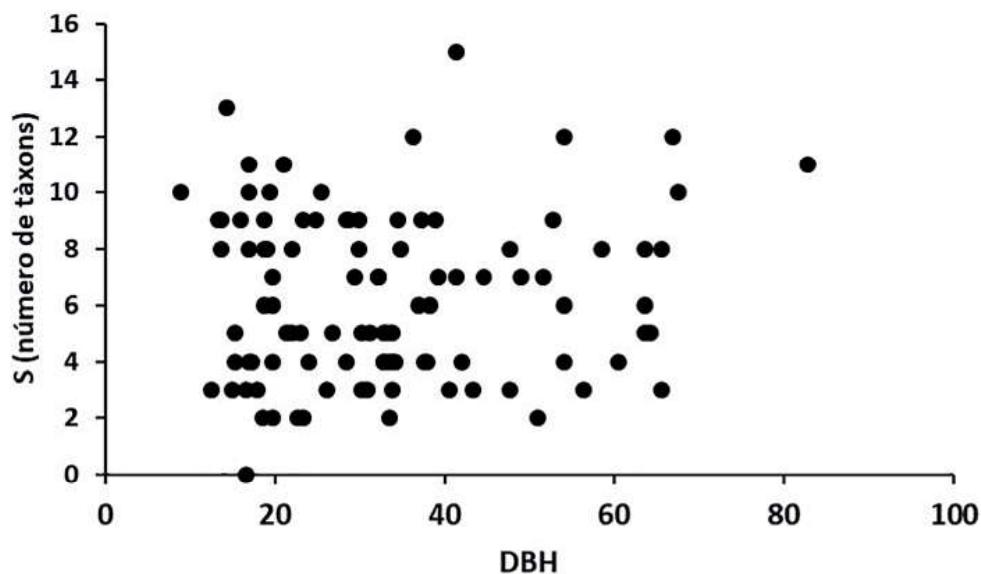


FIGURA 10. Valors de DBH i riquesa taxonòmica per a cadascun dels arbres en què s'han mostregat els briòfits epífits.

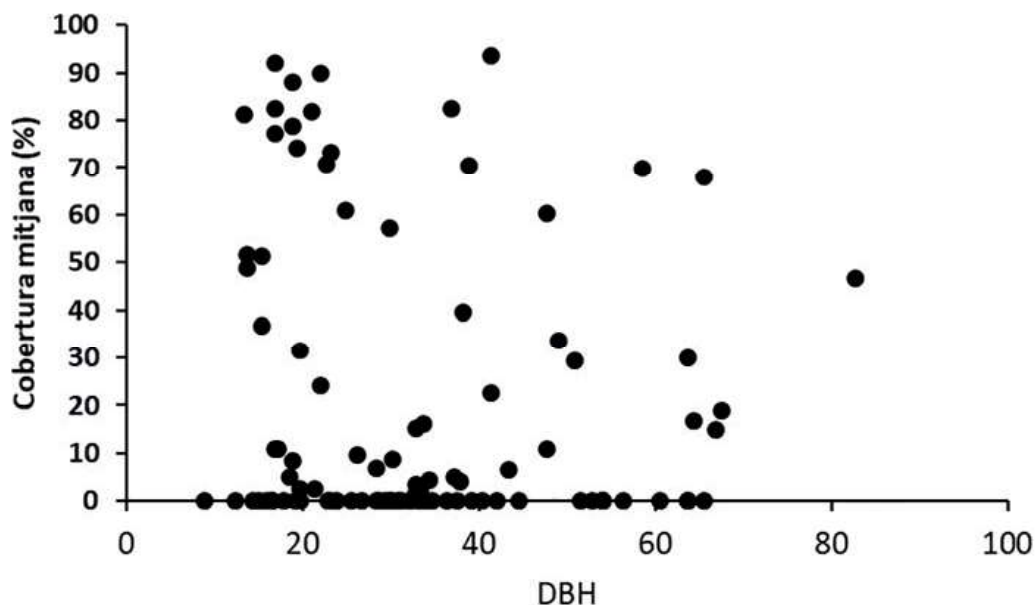


FIGURA 11. Valors de DBH i cobertura mitjana per a cadascun dels arbres en què s'han mostrejat els briòfits epífits.

TAULA 3. Resultats de l'anàlisi GLM per als paràmetres de la comunitat d'epífits a partir de les dades dels inventaris. Només s'han mostrat les interaccions significatives per a algun dels paràmetres. En negreta i cursiva s'han marcat els valors de p significatius.

	Tipus de bosc	Maduresa	Orientació	Alçada	Hàbitat maduresa
Riquesa taxonòmica (S)	0,006	0,646	0,892	0,286	0,926
Cobertura	0,005	0,922	0,024	0,605	0,722
Diversitat de Shannon (H')	0,482	0,397	0,392	0,403	0,048
Equitativitat (J')	0,999	0,325	0,377	0,484	0,032

Diferències de composició taxonòmica en funció del tipus de bosc i el seu grau de maduresa

L'anàlisi nMDS a partir de les dades de composició taxonòmica per arbre va mostrar una diferenciació dels inventaris en funció del tipus de bosc (alzinar o fageda). En canvi, aquesta separació no es va donar quan els inventaris es van classificar en funció del tipus de gestió (FIGURA 12).

L'anàlisi SIMPER a partir de les dades de presència-absència dels epífits de cada arbre ens ha mostrat els tàxons que contribueixen en major mesura a l'agrupació dels inventaris de cada tipus de bosc. *Hypnum cupressiforme* var. *cupressiforme*, *Lejeunea cavifolia*, *Radula complanata*, *Metzgeria furcata*, *Frullania dilatata* i *Leptodon smithii* són les espècies que millor defineixen la brioflora epífita dels alzinars (TAULA 4). Quan aquesta anàlisi es va fer a partir de les dades de cobertura d'espècies per inventari de 20 x 10 cm els resultats van ser essencialment els mateixos, per la qual cosa no es mostren.

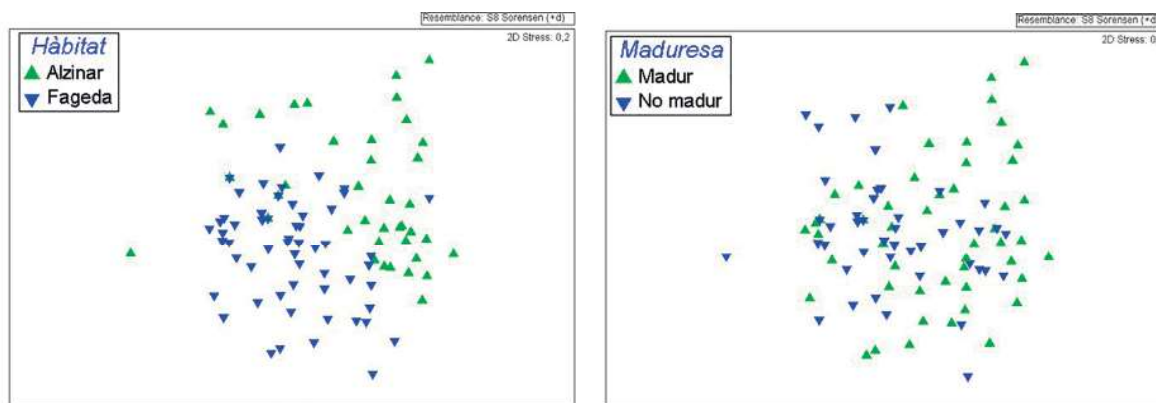


Figura 12. Resultats de l'anàlisi nMDS per a cada arbre en funció de la seva composició taxonòmica. Esquerra: tipus de bosc. Dreta: grau de maduresa.

L'anàlisi SIMPER també ens diu quins són aquells tàxons que contribueixen més a diferenciar la brioflora entre ambdós tipus de bosc. Novament a partir de les dades per arbre, veiem que *Lejeunea cavifolia*, *Metzgeria furcata*, *Leptodon smithii*, *Porella platyphylla*, *Cryphaea heteromalla* i *Anomodon viticulosus* són les espècies que es poden considerar més diferencials dels alzinars respecte les fagedes, mentre que *Frullania dilatata*, *Radula complanata* i *Eurhynchium striatum* tenen una major tendència a estar presents a les fagedes (TAULA 5). L'anàlisi a partir de les dades de cobertura va mostrar resultats essencialment similars, per la qual cosa no es mostren.

TAULA 4. Resultats del SIMPER a partir de les dades de presència-absència en cada arbre. En negreta, s'indiquen les espècies que més contribueixen a la similitud entre plots dins de cada bosc (per sobre d'un 5%).

	Alzinar		Fageda	
	Freqüència mitjana (%)	% contribució	Freqüència mitjana (%)	% contribució
<i>Hypnum cupressiforme</i> var. <i>cupressiforme</i>	0,70	17,65	0,63	17,15
<i>Lejeunea cavifolia</i>	0,75	16,57	0,00	0,00
<i>Radula complanata</i>	0,73	16,10	0,97	44,33
<i>Metzgeria furcata</i>	0,60	10,12	0,32	3,10
<i>Frullania dilatata</i>	0,45	8,83	0,65	21,19
<i>Leptodon smithii</i>	0,50	8,12	0,00	0,00
<i>Neckera complanata</i>	0,43	4,77	0,40	5,92
<i>Porella platyphylla</i>	0,40	4,33	0,00	0,00
<i>Cryphaea heteromalla</i>	0,35	3,32	0,00	0,00
<i>Rhynchostegium confertum</i>	0,33	2,70	0,00	0,00

Taula 5. Resultats del SIMPER a partir de les dades de presència-absència en cada arbre. En negreta, s'indiquen les espècies que més contribueixen a la dissimilitud entre plots dins de cada bosc.

	Freqüència mitjana (%)		% contribució
	Alzinar	Fageda	
<i>Lejeunea cavifolia</i>	0,75	0,10	7,78
<i>Frullania dilatata</i>	0,45	0,65	6,43
<i>Metzgeria furcata</i>	0,60	0,32	6,19
<i>Hypnum cupressiforme</i> var. <i>cupressiforme</i>	0,70	0,63	5,92
<i>Leptodon smithii</i>	0,50	0,03	5,89
<i>Neckera complanata</i>	0,43	0,40	5,70
<i>Radula complanata</i>	0,73	0,97	4,85
<i>Porella platyphylla</i>	0,40	0,13	4,60
<i>Rhynchostegium confertum</i>	0,33	0,18	4,21
<i>Eurhynchium striatum</i>	0,20	0,22	3,67
<i>Cryphaea heteromalla</i>	0,35	0,00	3,66
<i>Anomodon viticulosus</i>	0,25	0,02	2,67
<i>Plasteurhynchium striatulum</i>	0,20	0,10	2,66

DISCUSSIÓ

Dades de diversitat

La diversitat total trobada en els boscos que hem mostrejat ha estat de 83 tàxons, dels quals la majoria (67) són molles. Aquests resultats són similars als que troben Friedel *et al.* (2006) per a fagedes del NE d'Alemanya, però molt inferiors als valors dels boscos tropicals o boreals, en que sovint s'assoleixen xifres d'unes 200 espècies (Gradstein *et al.* 2001; Valente *et al.* 2013). En aquests boscos les condicions climàtiques humides i constants afavoreixen en gran mesura les hepàtiques, que arriben a ser el grup dominant quant a espècies i de vegades quant a cobertura. En canvi, als boscos mostrejats en aquest treball les hepàtiques no arriben al 20% del total de briòfits. Les condicions climatològiques imperants als boscos analitzats, relativament eixutes a l'estiu (malgrat la presència de boires a les cotes més elevades) deuen limitar el seu desenvolupament.

Efectes de l'explotació forestal sobre la brioflora

Molts estudis en boscos vells o madurs en altres regions biogeogràfiques han mostrat xifres de diversitat molt superiors en boscos vells respecte els joves (Maksimov *et al.* 2003; Friedel *et al.* 2006). En canvi, els nostres resultats no han mostrat diferències significatives entre boscos explotats i boscos no explotats. Això

pot ser degut a que els boscos analitzats no tenen realment un avançat estat de maduresa. D'altra banda, les condicions climàtiques imperants deuen impedir el desenvolupament d'aquelles espècies més sensibles a la dessecació, les quals d'altres regions es comporten com a diferencials dels boscos madurs. Gustafsson & Hallingbäck (1988) arriben a la conclusió que la diferència entre boscos verges i gestionats es pot observar en base als tàxons que només es fan als boscos madurs.

Alguns estudis suggereixen que hi ha una correlació entre la diversitat de microhàbitats i la riquesa taxonòmica (Vellak & Paal 1999; Gradstein *et al.* 2001). En els briòfits, la presència d'un ampli ventall de substrats (talussos, roques, fusta en diferents estats de descomposició) permet una elevada diversitat. En el cas dels epífits, la presència de troncs amb concavitats, bonys, forats i zones de diferent rugositat afavoreix la riquesa d'espècies, gràcies a una major varietat de condicions ambientals a petita escala. Un dels efectes de l'explotació forestal és una simplificació estructural del bosc, que es reflecteix en una disminució de la quantitat de fusta morta (Esseen *et al.* 1992), de talussos protegits i de troncs amb cavitats.

Els nostres resultats han mostrat que els epífits són un component molt important en els boscos de la Garrotxa, amb una elevada contribució a la diversitat total. Els alzinars han acollit una comunitat d'epífits més rica, diversa i amb una major cobertura que els faigs. Aquesta diferència l'atribuïm a la rugositat del tronc en les dues espècies. L'escorça de l'alzina, més rugosa i clivellada que el faig, és més favorable a l'establiment de les espores i al desenvolupament d'una capa de briòfits epífits. En el cas del faig, bona part de les espores que hi arriben deuen ser arrossegades per l'aigua de pluja. Aquest efecte de la rugositat del tronc sobre les comunitats epífitas de briòfits ja ha estat descrita en altres treballs (Gradstein & Culmsee 2010).

Les diferències quant a diversitat i cobertura entre boscos madurs i boscos explotats, han estat més importants en alzinars que en fagedes. Possiblement les diferències climàtiques entre ambdós tipologies de bosc expliquin aquest resultat, doncs una aclarida en l'estrat arbori dels primers deu tenir un efecte més gran en el microclima del sotabosc que en el cas de les fagedes, afectant aquelles espècies més sensibles i exigents quant a humitat i condicions d'ombra.

Quant a les diferències de composició taxonòmica, les anàlisis MDS i SIMPER han mostrat diferències de composició taxonòmica entre els poblaments epífits d'alzinars i fagedes, a causa de les diferències climàtiques. En canvi, no hi va haver una diferenciació clara entre boscos madurs i boscos sotmesos a explotació forestal. Aquest resultat deu ser degut al fet que en boscos alterats es conserven alguns racons ombrejats, amb unes condicions més o menys similars a les que trobem als boscos madurs, les quals permeten el desenvolupament d'una comunitat similar a la dels boscos madurs. La base dels arbres sovint s'ha descrit com un ambient més favorable per als briòfits que la resta del tronc, ja que conserva millor la humitat, i es tracta d'una zona de transició on s'hi poden trobar algunes espècies típiques del sòl (Gradstein & Culmsee 2010).

De tots els substrats mostrejats, el menys divers amb molta diferència ha estat la fusta morta, amb nou espècies per al total dels 12 boscos analitzats. Aquests valors són molt inferiors als que han trobat altres autors (Vellak & Paal 1999; Gradstein *et al.* 2001; Maksimov *et al.* 2003; Rudolphi 2007; Sabovljevic 2010) en estudis fets

en boscos madurs. Els treballs citats abans s'han realitzat en regions temperades o boreals (Vellak & Paal 1999; Maksimov *et al.* 2003; Rudolphi 2007; Sabovljevic 2010) o bé tropicals (Gradstein *et al.* 2001), en boscos molt rics en fusta morta i on les condicions d'humitat gairebé permanent afavoreixen una bona colonització d'aquest substrat. La quantitat de fusta morta s'ha considerat sovint com la diferència més important entre boscos madurs i boscos gestionats (Samuelsson & Ingelög 1996) i és d'una gran importància per a molts organismes incloent els briòfits (Sabovljevic 2010). De fet, molts briòfits característics de fusta morta estan considerats com a rars, vulnerables o amenaçats per l'explotació forestal tant a nivell global com regional (Vandekerkhove *et al.* 2003; Rajandu *et al.* 2008; Meier & Paal 2009). En canvi, als boscos on hem fet el treball de camp la quantitat de fusta morta és força reduïda, i la presència d'aquest substrat es limita a algunes branques de pocs centímetres diàmetre al sòl i a algun tronc ocasional de mida més gran. Tampoc el clima ajuda a mantenir una comunitat diversificada de briòfits saprobiolignícoles, doncs no és gens rar que durant l'estiu els troncs i branques mortes restin secs durant períodes llargs de temps.

Espècies diferencials dels boscos madurs: limitacions en la seva aplicació en el cas de la Garrotxa

Les espècies que en d'altres països d'Europa s'han definit com a característiques o diferencials dels boscos madurs (Maksimov *et al.* 2003; Ódor *et al.* 2006), no han aparegut en el nostre mostreig. Espècies com *Cephalozia catenulata* i *Sphagnum wulfianum* són absents a Catalunya, i d'altres com *Calypogeia suecica*, *Nowellia curvifolia*, *Riccardia latifrons*, *Jungermannia leiantha* i *Sphagnum quinquefarium* tenen les localitats més properes al Pirineu central (Vall d'Aran, Pallars Sobirà i Andorra), en indrets especialment humits. Altres espècies s'han trobat en boscos molt humits al Ripollès, com *Lepidozia reptans*, *Riccardia multifida* i *R. palmata*. Només *Blepharostoma trichophyllum* ha estat citada a la Garrotxa, però de localitats molt puntuals. La major part d'aquestes espècies es fan en troncs en avançat estat de descomposició, sota climes molt humits. Per tant, creiem que la presència d'aquestes espècies a la Garrotxa està limitada més aviat per les condicions climàtiques, més que no pas per l'explotació dels boscos. Els nostres resultats mostren que la diferenciació dels boscos madurs de la Garrotxa, més que en base a les espècies exclusives, s'ha de fer en base a criteris de cobertura, riquesa i diversitat dels briòfits epífits.

CONCLUSIONS

La brioflora dels boscos de la Garrotxa presenta una diversitat notable en el context de Catalunya, amb més de 80 tàxons, dels quals la majoria són molses. Aquests valors de diversitat són similars als que han trobat altres autors en boscos de la península, però molt baixos en comparació amb els boscos boreals o tropicals.

L'explotació forestal va fer disminuir tant la cobertura com la riquesa d'espècies del poblament d'epífits, tant en alzinars com en fagedes. No obstant això, aquest efecte va ser més marcat en els alzinars, degut a les condicions climàtiques dels indrets on es fan aquests boscos, amb un eixut estival més marcat que el de les fagedes.

La composició taxonòmica de la comunitat d'epífits dels alzinars va mostrar diferències significatives amb la de les fagedes, diferenciació que no es va observar entre boscos explotats i boscos no explotats. El fet que en els boscos explotats es conservin petits ambients ben ombrejats i protegits de la insolació directa, permet que s'hi refugii la major part de les espècies dels boscos no explotats, evitant que s'hi doni una clara diferenciació entre ambdós tipus de bosc.

Els boscos que hem estudiat, així com els de la major part de la Garrotxa, no presenten un estat avançat de maduresa, i han de ser classificats per tant com a "pre-madurs". L'absència d'espècies que en altres regions s'han descrit com a indicadores de boscos madurs, deu ser deguda a les condicions climàtiques de la comarca, que impedeix l'existència de troncs morts permanentment humits, més que no pas a la pròpia explotació forestal o a la manca de boscos molt vells.

REFERÈNCIES

- AGELET, A. & MONTSERRAT, J. 2004. Situació, delimitació i paràmetres de valoració dels "boscos madurs" al PNZVG. Parc Natural de la Zona Volcànica de la Garrotxa. Departament de Medi Ambient i Habitatge de la Generalitat de Catalunya. Inèdit.
- CASAS, C.; BRUGUÉS, M. & CROS, R. M. 2003. *Flora dels briòfits dels Països Catalans*. Vol. I, *molses*. Institut d'Estudis Catalans, Barcelona.
- CASAS, C.; BRUGUÉS, M. & CROS, R. M. 2004. *Flora dels briòfits dels Països Catalans*. Vol. II, *hepàtiques i antocerotes*. Institut d'Estudis Catalans, Barcelona.
- CASAS, C. & BARRÓN, A. 2003. Els briòfits saprobiolignícoles de la Vall d'Aran. *Acta Botanica Barcinonensia* 49: 167-172.
- CLARKE, K.R. & GORLEY, R.N. 2006. PRIMER v6: *User Manual/Tutorial*. PRIMER-E, Plymouth, 192pp.
- COOPER-ELLIS, S. 1998. Bryophytes in old-growth forests of western Massachusetts. *Journal of the Torrey Botanical Society* 125(2): 117-132.
- ESSEEN, P.A.; EHNSTRÖM, B.; ERICSON, L. & SJÖBERG, K. 1992. Boreal forests – The focal habitats of Fennoscandia. In: *Ecological principles of nature conservation*. Ed. L. Hansson. Elsevier Science Publishers. Amsterdam.
- FRIEDEL, A.; OHEIMB, G.V.; DENGLER, J. & HÄRDLE, W. 2006. Species diversity and species composition of epiphytic bryophytes and lichens – a comparison of managed and unmanaged beech forests in NE Germany. *Feddes Repertorium* 117(1-2): 172-185.
- GRADSTEIN, R. & CULMSEE, H. 2010. Bryophyte diversity on tree trunks in montane forests of Central Sulawesi, Indonesia. *Tropical Bryology* 31: 95-105.
- GRADSTEIN, R.; GRIFFIN, D.; SABEMORALES, M. & NADKARNI, N. M. 2001. Diversity and habitat differentiation of mosses and liverworts in the cloud forest of Monteverde, Costa Rica. *Caldasia* 23(1): 203-212.
- GUERRA, J.; CANO, M. J., & ROS, R. M. 2006. *Flora Briofítica Ibérica*, vol. III. *Pottiales, Encalyptales*. Universidad de Murcia y Sociedad Española de Briología. Murcia-Vitoria.
- GUSTAFSSON, L. & HALLINGBÄCK, T. 1988. Bryophyte flora and vegetation of managed and virgin coniferous forest in south-west Sweden. *Biological Conservation* 44: 283-300.
- HODGETTS, N. G. 2015. Checklist and country status of European bryophytes – towards a new Red List for Europe. *Irish Wildlife Manuals* 84. National Parks and Wildlife Service, Department of Arts, Heritage and the Gaeltacht, Ireland.
- MAKSIMOV, A.; HOKKANEN, T.; POTEKIN, A. & MAKSIMOVA, T. 2003. Bryophyte diversity of mature spruce forests in North Karelia Biosphere Reserve (Finland). Biodiversity and conservation of boreal nature. Proceedings of the 10 years anniversary symposium of the Nature Reserve Friendship. The Finnish Environment. *Vantaa* 485: 160-163.

- MANSOURIAN, S.; ROSSI, M. & VALLAURI, D. 2013.** *Ancient Forests in the Northern Mediterranean: Neglected High Conservation Value Areas.* Marseille: WWF France, 80 p.
- MEIER, E. & PAAL, J. 2009.** Cryptogams in Estonian alvar forests: Species composition and their substrata in stands of different age and management intensity. *Ann. Bot. Fenn.* 46: 1-20.
- ÓDOR, P.; HEILMANN-CLAUSEN, J.; CHRISTENSEN, M.; AUDE, E.; VAN DORT, K.W.; PILTAVER, A.; SILLER, I.; VEERKAMP, M.T.; VALLEYN, R.; STANDOVÁR, T.; VAN HEES, A.F.M.; KOSEC, J.; MATOCEC, N.; KRAIGHER, H. & GREBENC, T. 2006.** Diversity of dead wood inhabiting fungi and bryophytes in semi-natural beech forests in Europe. *Biological Conservation* 131(1): 58-71.
- RAJANDU, E.; KIKAS, K. & PAAL, J. 2008.** Bryophytes and decaying wood in *Hepatica* site-type boreo-nemoral *Pinus sylvestris* forests in Southern Estonia. *For. Ecol. Manage.* 257:994-1003.
- RUDOLPHI, J. 2007.** Bryophytes, Lichens and Dead Wood in Young Managed Boreal Forests. Doctoral Thesis. Swedish University of Agricultural Sciences. Uppsala.
- SABOVLJEVIC, M.; VUJICIC, M. & SABOVLJEVIC, A. 2010.** Diversity of saproxylic bryophytes in old-growth and managed beech forests in the central Balkans. *Plant Biosystems* 144(1): 234-240.
- SAMUELSSON, J. & INGELÖG, T. 1996.** *Den levande döda veden - bevarande och nyskapande i naturen.* ArtDatabanken, SLU. Uppsala. 89 pp.
- VALENTE, E.B.; PORTO, K.C.; BASTOS, C.J.P. & BALLEJOS-LOYOLA, J. 2013.** Diversity and distribution of the bryophyte flora in montane forests in the Chapada Diamantina region of Brazil. *Acta Botanica Brasilica* 27(3): 506-518.
- VANDEKERKHOVE, K.; VAN DORT, K.; BAETÉ, H. & WALLEYN, R. 2003.** Species richness of mosses, fungi and vascular plants on coarse woody debris of beech in the Flemish forest reserve "Kersselaerspleyn" (Zonienwoud). *Scripta Bot. Belg.* 24: 83-91.
- VELLAK, K. & PAAL, J. 1999.** Diversity of bryophyte vegetation in some forest types in Estonia: a comparison of old unmanaged and managed forests. *Biodiversity and Conservation* 8: 1595-1620.