

Estudi de la transició del bosc de *Quercus petraea* al bosc de *Quercus ilex* al paratge de Marmolers (Parc Natural del Montseny)

Jordi Bou Manobens

Lluís Vilar

Antonia Caritat

Universitat de Girona. Grup de Recerca de Flora i Vegetació

Departament de Ciències Ambientals

Campus de Montilivi. 17071 Girona

jordi.bou.manobens@gmail.com

lluis.vilar@udg.edu

antonia.caritat@udg.edu

Data de recepció: 20 de juliol de 2014

Data d'acceptació: 15 de desembre de 2014

Data de publicació: 10 de març de 2015



Resum

El massís del Montseny és un espai d'alt interès natural i forestal, on trobem la presència de boscos de *Quercus petraea* (roure de fulla gran), un arbre caducifoli eurosiberià que creix a l'estatge montà del massís. Alhora, en aquest estatge, també hi ha boscos de *Quercus ilex* (alzina), que creixen al costat de la roureda. Al paratge de Marmolers, s'hi pot trobar aquesta transició entre els dos boscos, motiu pel qual és un lloc idoni per fer-hi aquest tipus d'estudi.

L'objectiu principal és estudiar l'ecotò de Marmolers, on hi ha una transició entre comunitats vegetals eurosiberianes i comunitats vegetals mediterrànies. Les qüestions més importants que cal resoldre són: com interacciona el bosc de *Quercus petraea* amb el bosc de *Quercus ilex*?; com varia la diversitat florística al llarg de la transició?; quina estructura forestal presenta la zona estudiada?; quina dinàmica s'observa en el reclutament?; com pot evolucionar la transició estudiada?

Els resultats mostren que la regeneració de *Quercus petraea* i de *Quercus ilex* a la roureda pura i al bosc mixt de Marmolers és igual, tant per als juvenils 1 (50 cm < h < 1,5 m), com per als plançons (h < 50 cm). Segons la composició florística, el bosc mixt mantindria una similitud més gran amb una roureda que no pas amb un alzinar. En canvi, a l'alzinar de Marmolers no hi trobem juvenils de *Quercus petraea*.

En aquest estudi, s'ha observat com, de moment, la roureda de Marmolers no es veu colonitzada per l'alzinar i que l'alzinar de Marmolers difícilment es veurà mai colonitzat per la roureda, si no es que hi apareixen pertorbacions. També s'hi ha comprovat que el bosc mixt de Marmolers està en equilibri quant a les seves espècies codominants, i és probable que es mantingui així durant molts anys.

Paraules clau: *Quercus petraea*; *Quercus ilex*; Montseny; bosc; ecologia forestal; ecotò.

Abstract. *Study of the transition from Quercus petraea forest to Quercus ilex forest in the area of Marmolers (Montseny Natural Park)*

The Montseny massif is an area of great biodiversity interest, where forests can be found of sessile oak (*Quercus petraea*); a eurosiberian deciduous tree that grows in the montane zone. Holm oak forests (*Quercus ilex*) are also found growing beside the sessile oak forests at this altitudinal level. In the area of Marmolers this transition can be observed between the two forests, making it an ideal place for a study of this type.

The main objective of this article is to study the ecotone between the Eurosiberian and Mediterranean vegetation in Marmolers. The main issues we address are how the *Quercus petraea* forest interacts with the *Quercus ilex* forest, how floristic diversity varies along the transition, which forest structure presents Marmolers forest, the recruitment dynamics in Marmolers, and how this transition is expected to evolve.

The juvenile 1 (50 cm < h < 1.5 m) regeneration of *Quercus petraea* and *Quercus ilex* in the sessile oak forest and the mixed forest of Marmolers is the same for both species, as well as for seedlings (h < 50 cm). According to the floristic composition, the mixed forest is more similar to a sessile oak forest than to a holm oak forest. In contrast, there is no regeneration of juvenile *Quercus petraea* in the Marmolers holm oak forest.

This study shows that the sessile oak forest of Marmolers has not yet been colonized by *Quercus ilex*. The holm oak forest in Marmolers will not change if there is no disruption. Moreover, the mixed forest of Marmolers is in equilibrium in terms of its co-dominant species and is likely to remain so for many years.

Keywords: *Quercus petraea*; *Quercus ilex*; Montseny; forest; forest ecology; ecotone.

Introducció

El massís del Montseny se situa al sector septentrional de la serralada prelitoral catalana (NE de la península Ibèrica). Amb una altitud màxima de 1.706 metres, sobresurt clarament de les muntanyes properes i resta ben delimitat de les planes i les muntanyes veïnes que l'envolten. El fet que, en 10 quilòmetres de distància horitzontal, es passi de 100 a 1.700 metres d'altitud, provoca que el Montseny tingui uns gradients de clima i de vegetació molt marcats, de manera que, del clima mediterrani amb eixut estival del baix Montseny, es passa a un clima humit a l'alt Montseny, i fins i tot fred d'alta muntanya als cims culminals. El massís, doncs, té una gran diversitat de boscos i de paisatges, que, en síntesi, són, al baix Montseny, el domini dels boscos perennifolis de l'alzinar amb marfull, a la base de la muntanya, fins a 600 (800) metres, i de l'alzinar muntanyenc a (500) 600-1.200 metres. A l'alt Montseny, en canvi, hi predominen els arbres que perden el fullatge a l'hivern amb un estatge submediterrani de les rouredes, poc homogeni i poc extens, i un estatge eurosiberià de la fageda. Finalment, als cims més elevats, per sobre dels 1.600 metres, existeix un nivell culminant de matollar de ginebró, amb una flora relativament rica en oròfits centreuropeus i on fins i tot es conserva un petit nucli d'espècies boreoalpines. Tota aquesta vegetació fa molt interessant el massís, ja que, al Montseny, s'hi poden trobar els biomes principals de l'Europa occidental (Boada et al., 2002), alguns dels quals hi tenen el límit meridional. El Parc Natural del Montseny té un paisatge essencialment forestal. El bosc n'ocupa el 86% de

la superfície (CREAF i Generalitat de Catalunya, 2009). Dins d'aquest espai forestal és on es desenvolupa el present treball, concretament, a l'est del massís, al municipi de Riells i Viabrea, al paratge de Marmolers.

A nivell litològic, el Montseny és un massís principalment silícic. Gran part del territori és granític o paleozoic, sobretot al vessant nord i nord-est (Bolòs, 1983). Concretament, l'àrea d'estudi se situa damunt del gran batòlit granodiorític del Montseny-Guilleries. A nivell climàtic, l'àrea d'estudi presenta un clima típic de l'estatge montà, amb un eixut estival poc acusat i pluges regulars i abundants. Segons l'Atlas Climàtic Digital de Catalunya (UAB, 2004), a la zona, hi hauria els paràmetres anuals següents (mitjana anual): precipitació de 929,6 mm; temperatura mínima de 6,3 °C; temperatura mitjana d'11 °C, i temperatura màxima de 15,8 °C.

Històricament, el Montseny ha estat explotat principalment pels seus recursos forestals, tal com ho testimonien les antigues carboneres abandonades, les nombroses plantacions forestals destinades a la producció de fusta o les fagedes seminaturals de les quals es treu profit des de fa anys (Universitat de Girona i Universitat Politècnica de Catalunya, 2010). Tot i que, al llarg dels darrers anys, els aprofitaments de llenyes a les comarques de Girona han disminuït (Gordi, 2009), al Montseny, les explotacions fusteres són nombroses, i és que es tracta d'un massís amb molta història lligada a la utilització dels recursos del bosc.

Actualment, en el context del canvi climàtic, esdevé molt important estudiar com es veurà afectada la vegetació i, especialment, els boscos, ja que aquests hi són vulnerables (Banqué et al., 2013). Hom creu que les condicions de sequera es donaran amb més freqüència. Això farà augmentar l'estrès hídric de la vegetació i, en alguns casos, en provocarà la mortalitat (Allen et al., 2010). Alhora, es perdran espècies a latituds i altituds baixes i, a causa de l'augment de la temperatura, els boscos es desplaçaran cap a llocs més freds. Això en provocarà la desaparició i no pas la colonització (Vayreda et al., 2013). En general, es planteja un escenari on els boscos canviaran i on els canvis dependran de la capacitat d'adaptació de cada espècie. A trets generals, es pot dir que les que siguin d'ambients temperats patiran més risc al Mediterrani (Vayreda et al., 2013) i les que es trobin als seus límits meridionals de distribució patiran molt, com és el cas de *Fagus sylvatica* (*F. sylvatica*) (Fotelli et al., 2009) o de *Quercus petraea* (*Q. petraea*) (Aranda et al., 2000).

En aquest context, el Montseny pren un interès molt especial, atès que, a l'estatge montà, s'hi donen les condicions necessàries per observar el contacte de boscos caducifolis eurosiberians amb els boscos perennifolis mediterranis de terra baixa. En el present estudi, s'ha volgut analitzar la relació que hi ha entre els boscos de *Q. petraea* i *Quercus ilex* (*Q. ilex*), dues espècies del mateix gènere, però amb unes vulnerabilitats força diferents pel que fa al canvi climàtic, ja que el roure de fulla gran (*Q. petraea*) és una espècie caducifòlia de l'estatge montà, especialment de les contrades plujoses, i l'alzina (*Q. ilex*) és una espècie perennifòlia adaptada al clima mediterrani. La bibliografia estudiada indica que, a Catalunya, els alzinars haurien d'augmentar la seva distribució en detriment dels boscos caducifolis, com la roureda de roure de fulla gran. Un d'aquests estudis es

va fer al mateix Montseny, concretament, a Riudaura, on es va observar una taxa de renovació reeixida d'alzina, superior a la de roure (Boada et al., 2002). Però les dades sobre aquest procés són molt escasses, d'aquí la necessitat de realitzar aquest estudi, per tal de verificar-ne la hipòtesi i ampliar-ne les observacions.

En el marc del canvi ambiental global al Montseny, i respecte a l'ecotò entre comunitats vegetals eurosiberianes i comunitats vegetals mediterrànies, es pretén realitzar un estudi de la transició entre el bosc de *Q. petraea* i *Q. ilex*, en el cas concret de Marmolers. Els objectius del projecte són: avaluar com interacciona el bosc de *Q. petraea* amb el bosc de *Q. ilex*, avaluar com varia la diversitat florística al llarg de la transició, avaluar l'estructura forestal actual d'aquests rodals, estudiar la dinàmica del reclutament al llarg de la transició i proposar futures evolucions de la transició estudiada.

Materials i mètodes

Per tal d'observar com interaccionen les rouredes i els alzinars, s'ha seleccionat una àrea d'estudi (figura 1) on són presents tots dos i on estan en contacte, concretament, a la reserva natural de Marmolers, al vessant sud-oest del turó de Marmolers (o Murgolers), a uns 850 metres, amb un pendent aproximat del 20%. Es tracta d'una roureda (codi: M_R) que, per l'est, és en contacte amb un alzinar (codi: M_A) i, entremig de tots dos, es forma una franja de bosc mixt (codi: M_RA).

Durant l'estiu de 2013, s'ha realitzat un transecte de la roureda fins a l'alzinar de Marmolers, on s'han marcat tres punts de mostreig per zona. Primerament, s'ha procedit a descriure aquests boscos realitzant un inventari forestal a cada punt de mostreig. Es tracta d'un total de 9 inventaris, amb un radi de 10 metres, en què s'ha fet ús d'altímetres, cintes mètriques i diamètriques, per tal de mesurar els paràmetres habituals dels inventaris forestals, com és el DAP (diàmetre a l'altura del pit) i l'altura. Durant el mateix període d'estiu, a cada punt de mostreig, s'ha realitzat un recompte de plançons ($h < 50$ cm d'alçada) i juvenils (juvenils 1: $50 \text{ cm} < h < 1,5$ m; juvenils 2: $h > 1,5$ m d'altura). Per als recomptes, s'ha creat un disseny similar a la bibliografia estudiada (Rabasa et al., 2013). Cada recompte consta de 4 subparcel·les d' 1×1 m i, en el cas de no tenir un mínim de 5 peus de juvenils en aquest conjunt de subparcel·les, s'augmenta el nombre de subparcel·les fins a 16. A nivell florístic, durant el 2014, s'han realitzat diversos inventaris, un a cada punt de mostreig. Posteriorment, s'ha classificat les espècies presents segons si són de distribució mediterrània o eurosiberiana, i també per forma vital. A més a més, a l'abril de 2013, es va iniciar un seguiment amb dendròmetres del creixement radial de diversos peus a l'àrea d'estudi, dels quals s'ha fet un control mensual fins a l'actualitat. Es tracta d'un total d'11 peus al bosc mixt, 5 a l'alzinar i 15 a la roureda.

Finalment, totes les dades obtingudes entre el 2013 i el 2014 s'han complementat amb dades anteriors d'inventaris i creixements radials, corresponents a uns altres estudis realitzats a la zona pel Grup de Recerca de Flora i Vegetació de la UdG (Caritat et al., 2012).

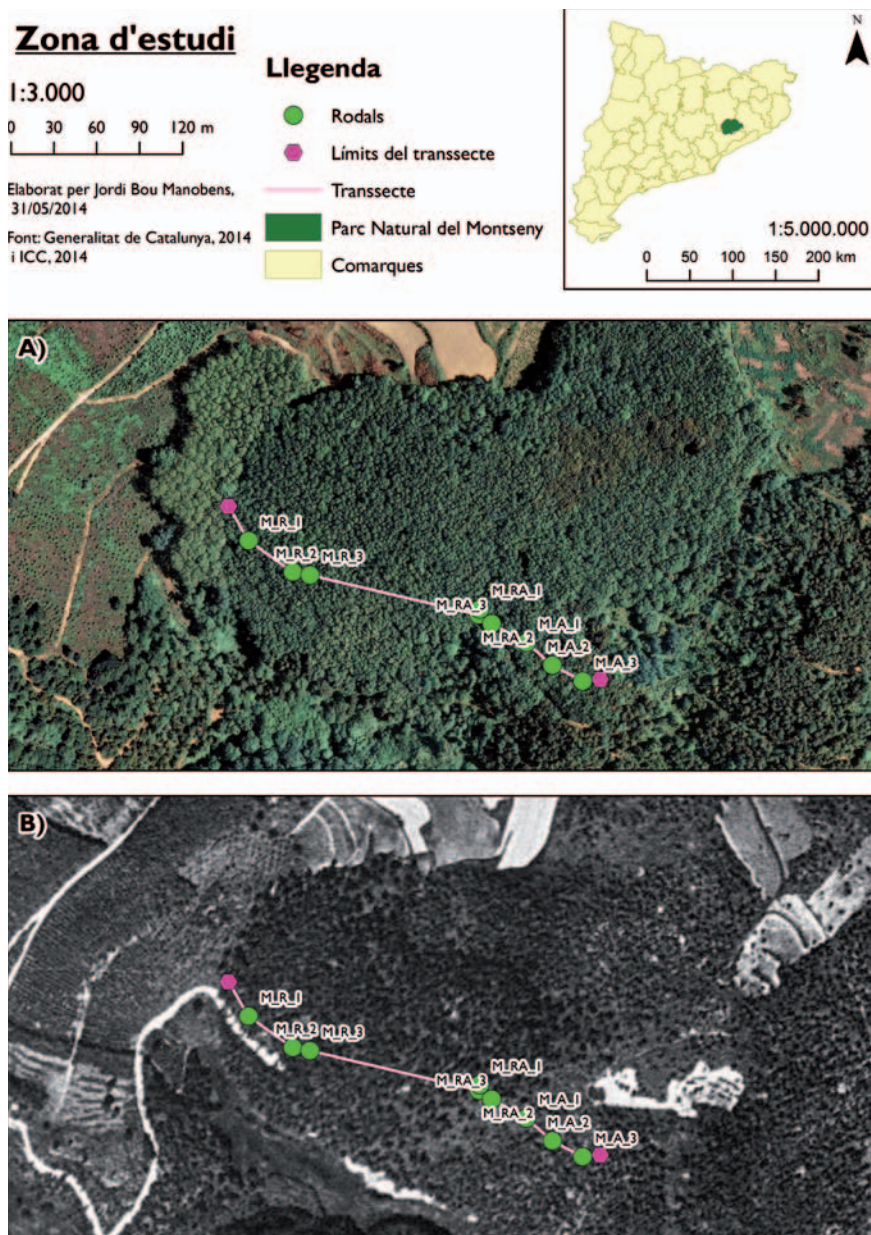


Figura 1. Mapa de la zona d'estudi, amb els rodals estudiats marcats en verd i els transectes realitzats marcats en rosa. A) Ortofoto de 2013. B) Ortofoto de 1956.

Les dades han estat recollides manualment i digitalment, amb l'ajuda de programari per a Android, com és el cas de ZamiaDroid. El tractament de les dades s'ha dut a terme mitjançant Microsoft Excel i R (versió 3.1.0) i s'ha realitzat una transformació logarítmica a les dades que ho necessitaven. A través de R, amb els paquets Rcmdr i FactorMineR, s'han dut a terme diferents anàlisis estadístiques, com ara: ANOVA de 2 factors (espècie i zona) i post hoc a les dades de la regeneració i diverses variables obtingudes a partir dels inventaris, i PCA per al conjunt de variables obtingudes. Els treballs cartogràfics s'han realitzat amb programari ESRI, amb ArcGIS.

Resultats

Composició florística

Els inventaris realitzats demostren l'elevada diversitat de la roureda, molt superior a la de l'alzinar, tal com ja indica la bibliografia (Bolòs, 1983). Així, la riquesa mitjana de la roureda és de 27 tàxons, per només 8 tàxons a l'alzinar, mentre que, al bosc mixt, presenta una riquesa intermèdia de 14 tàxons. La diferència tan marcada és deguda principalment a l'estrat herbaci, que és pràcticament nul a l'alzinar.

Estructura forestal

Com s'ha dit, la zona de Marmolers engloba una roureda, un bosc mixt d'alzina i roure i un alzinar (taula 1). Aquestes tres zones tenen densitats (dens.: peus/ha) significativament diferents ($P < 0,001$, ANOVA), de manera que l'alzinar és el bosc més dens, i el bosc mixt, el menys dens. Les espècies amb més densitat són *Q. petraea* i *Q. ilex*, i totes dues presenten diferències significatives en la densitat segons cada zona ($P < 0,0001$, ANOVA 2 fact.), tot i que cal puntualitzar certs casos en què no és així. És el cas del bosc mixt, on totes dues espècies presenten densitats molt similars entre elles (n. s., Tukey), que, ahora, són molt similars a la de *Q. petraea* a l'alzinar (n. s., Tukey). També apareixen unes altres espècies als inventaris, però amb menys densitat: a la roureda, cal destacar-hi la presència de *F. sylvatica* (dens.: $21,231 \pm 36,774$ peus/ha) i de *Castanea sativa* (*C. sativa*) (dens.: $106,157 \pm 18,387$ peus/ha); a l'alzinar, en canvi, hi ha la presència d'*Erica arborea* (*E. arborea*) (dens.: $201,699 \pm 225,943$ peus/ha) en formes arbustives molt desenvolupades, que es poden tractar com a formes arbòries; per últim, a la zona intermèdia del bosc mixt, hi ha la presència d'*E. arborea* (dens.: $21,231 \pm 36,774$ peus/ha) i de *Crataegus monogyna* (*C. monogyna*) (dens.: $42,463 \pm 36,774$ peus/ha).

A la taula 1, també s'hi pot observar les diverses mitjanes del DAP (ja s'ha definit abans), que són significativament diferents ($P < 0,001$, ANOVA). Així, per exemple, si ens fixem en les espècies d'interès (*target*), veiem que *Q. petraea* sempre presenta mitjanes de DBH significativament superiors a *Q. ilex*, independentment de la zona ($P < 0,001$, ANOVA 2 fact.). Pel que fa a les espècies acom-

Taula 1. Resultats dels inventaris forestals i mostreig de la regeneració a tota l'àrea d'estudi. Els resultats de la taula corresponen a les dues espècies *target* (*Q. ilex* i *Q. petraea*) i al total del bosc, fent mitjana entre rèpliques.

		<i>Q. petraea</i>	<i>Q. ilex</i>	Total
Roureda (M_R)	Mitjana DAP (cm)	14,380±0,752	7,039±0,298	14,130±0,685
	Densitat (peus/ha)	2356,688±114,826	95,541±114,826	2579,618±138,818
	Àrea basal (m ² /ha)	44,282±1,986	0,378±0,437	47,031±1,829
	Mitjana de l'alçada (m)	24,625±3,756	16,000±1,414	21,042±0,591
	Morts (%)	12,6±1,1	0±0	19,4±5,2
	Biomassa/ha (Mg/ha)	212,444±13,234	1,358±1,559	223,683±11,730
	Plançons (log ₁₀ peus/ha)	4,718±0,453	4,493±0,133	18,412±3,922
	Juvenils 1 (log ₁₀ peus/ha)	1,864±1,615	2,405±2,083	8,458±4,564
	Juvenils 2 (log ₁₀ peus/ha)	0±0	1,864±1,615	4,162±1,399
		<i>Q. petraea</i>	<i>Q. ilex</i>	Total
Bosc Mixt (M_RA)	Mitjana DAP (cm)	18,104±1,268	8,567±0,354	14,195±1,198
	Densitat (peus/ha)	1242,038±95,541	785,563±340,531	2091,295±350,801
	Àrea basal (m ² /ha)	37,266±1,398	5,185±1,972	42,624±3,523
	Mitjana de l'alçada (m)	30,861±3,442	11,778±3,038	20,636±3,547
	Morts (%)	13,6±2,0	3,3±3,6	15,5±4,7
	Biomassa/ha (Mg/ha)	198,868±14,729	20,622±7,810	219,490±22,518
	Plançons (log ₁₀ peus/ha)	4,975±0,140	4,768±0,409	10,976±2,495
	Juvenils 1 (log ₁₀ peus/ha)	2,767±2,401	4,525±0,373	9,557±5,759
	Juvenils 2 (log ₁₀ peus/ha)	0±0	1,292±2,237	2,424±2,113
		<i>Q. petraea</i>	<i>Q. ilex</i>	Total
Alzinar (M_A)	Mitjana DAP (cm)	15,004±1,447	9,530±0,459	10,304±0,677
	Densitat (peus/ha)	774,947±207,21	3439,49±358,899	4416,136±777,705
	Àrea basal (m ² /ha)	14,396±1,146	28,311±1,971	43,183±1,902
	Mitjana de l'alçada (m)	19,028±0,459	12,417±4,347	15,8±3,387
	Morts (%)	2,6±4,4	8,5±6,9	8,9±7
	Biomassa/ha (Mg/ha)	66,926±2,537	115,584±10,161	182,51±7,977
	Plançons (log ₁₀ peus/ha)	4,036±0,356	4,479±0,360	8,515±0,626
	Juvenils 1 (log ₁₀ peus/ha)	0±0	4,196±0,417	4,196±0,417
	Juvenils 2 (log ₁₀ peus/ha)	0±0	2,457±2,136	2,457±2,136

panyants, veiem que *C. monogyna* i *E. arborea* tenen diàmetres en general força petits, no com en el cas de *F. sylvatica* i *C. Sativa*, que presenten mitjanes més elevades i similars a les de *Q. petraea*. Aquestes dues variables comentades s'han de contrastar amb l'àrea basal (AB: m²/ha), que és més gran a la roureda, tot i que no es tracta d'una diferència significativa (n. s., ANOVA). En canvi, les espècies no *target* tenen àrees basals poc importants, just el contrari de les espècies d'interès, on especialment destaquen les àrees basals totals de *Q. petraea*. Són especialment significatives les diferències entre les dues espècies *target* ($P < 0,0001$,

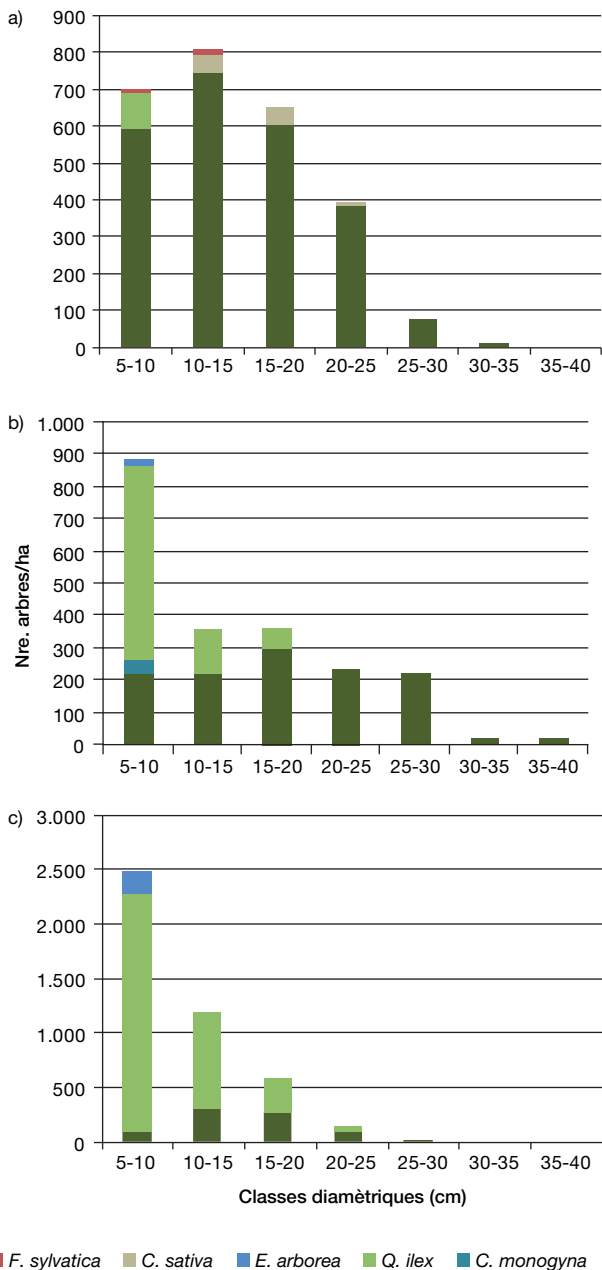


Figura 2. Distribució de les classes diamètriques per cada espècie i bosc. Zona M_R (a), M_RA (b) i M_A (c). A l'eix de les Y s'hi representen el nombre de peus per cada hectàrea, a l'eix de les X hi ha les classes diamètriques, i en colors es diferencien les espècies.

ANOVA 2 fact.), ja que *Q. petraea* presenta àrees basals molt superiors a *Q. ilex*, excepte a l'alzinar, on *Q. ilex* té l'àrea basal superior a *Q. petraea*. La biomassa (Mg/ha) acumulada en els arbres és clarament més elevada a la roureda i al bosc mixt respecte a l'alzinar ($P < 0,01$, ANOVA). Cal destacar que, tant a la roureda com al bosc mixt, més del 90% de la biomassa correspon a *Q. petraea*. A nivell d'alçades, *Q. petraea* presenta altures superiors a *Q. ilex*, i així els roures arriben, aproximadament, als 24 metres, mentre que les alzines fan entorn de 13 metres. Pel que respecta a la mortalitat, les desviacions estàndard són molt elevades, i caldria fer un mostreig més intensiu per tenir-ne dades més robustes, però, tot i així, es pot veure que és més elevada a la roureda que no pas a l'alzinar o al bosc mixt, malgrat que l'alzinar presenta dificultats de mostreig que dificulten la realització d'aquesta anàlisi. Tanmateix, s'observa certa relació positiva entre mortalitat i espècie més abundant a la zona.

A la figura 2, s'hi representen les distribucions de les classes diamètriques per cada espècie en els boscos estudiats. A M_R, s'hi observa una distribució amb certa tendència a l'estructura regular, mentre que, a M_RA, s'hi observa una exponencial negativa, principalment deguda a *Q. ilex*. Pel que fa a la zona M_A, té una exponencial negativa.

Regeneració

Els resultats dels recomptes de plançons i juvenils es poden veure a la taula 1. A Marmolers, s'hi ha comprovat que la producció de plançons no presenta diferències significatives entre *Q. ilex* i *Q. petraea* (n. s., ANOVA 2 fact.), i que certes zones tenen produccions significativament més baixes de plançons ($P < 0,01$, ANOVA 2 fact.). En termes generals, no s'observen diferències significatives en la producció de plançons en canviar de bosc (n. s., ANOVA 2 fact.). Pel que respecta als juvenils 1, els juvenils petits, s'ha observat que a Marmolers el tipus de bosc no fa variar els resultats dels reclutaments fets (n. s., ANOVA 2 fact.), en canvi, sí que es veuen diferències significatives entre espècies ($P < 0,001$, ANOVA 2 fact.), perquè la producció total de *Q. ilex* és superior. En referència als reclutaments calculats de cada espècie, no varien segons la zona (n. s., ANOVA 2 fact.), tot i que, si s'analitza per separat M_R i M_RA, no s'observen diferències significatives entre espècies (n. s., ANOVA 2 fact.). Per últim, hi ha els reclutaments de juvenils 2, els juvenil grans. D'aquesta categoria, no s'ha trobat cap peu de *Q. petraea*, motiu pel qual podem dir que *Q. ilex* té reclutaments significativament més grans ($P < 0,01$, ANOVA 2 fact.). Pel que fa al tipus de bosc, no s'observen diferències entre reclutaments (n. s., ANOVA 2 fact.), igual que en els reclutaments de cada espècie en els diferents tipus de bosc (n. s., ANOVA 2 fact.).

Creixement radial

A partir dels creixements radials mesurats mensualment, s'ha realitzat una taula de creixements no acumulats, on s'han seleccionat els mesos de creixement primaverals. Dels dos períodes primaverals estudiats, només s'ha tingut en compte el

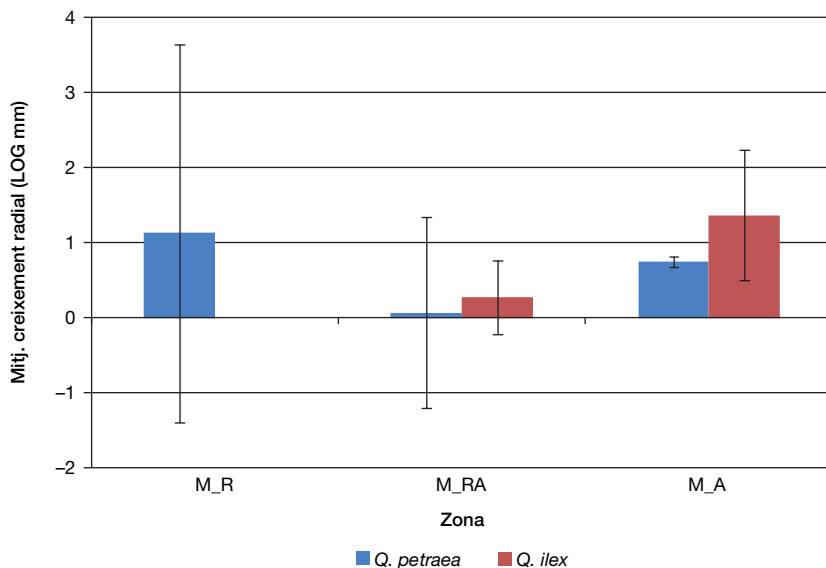


Figura 3. Mitjanes dels creixements radials (mm) durant el període d'abril a maig de 2014 a la zona d'estudi. A l'eix de les Y, hi ha el creixement radial en escala logarítmica, a l'eix de les X, hi ha els boscos (roureda [M_R], bosc mixt [M_RA] i alzinar [M_A]).

2014, en el qual s'ha pogut comparar els creixements de les diferents espècies per cada zona (figura 3) i s'ha observat que no hi ha diferències significatives en cap dels resultats.

Anàlisi descriptiva

També s'ha utilitzat l'anàlisi estadística d'ordenació, l'anàlisi de components principals (PCA), en la qual s'han utilitzat dades de densitat, àrea basal, mortalitat, biomassa, recobriments i regeneració (figura 4). La primera dimensió 1 explica el 34,66% de la variança, i la dimensió 2 n'explica el 24,71%, amb la qual cosa, l'anàlisi explica el 59,37% de les dades. Els recobriments contribueixen especialment a explicar la dimensió 2, i les dades de regeneració i dels inventaris forestals, la dimensió 1, o sigui que podem diferenciar les tipologies de bosc a través de la dimensió 2, i l'espècie dominant en la dimensió 1. A la figura 4, s'hi observa que el bosc mixt M_RA seria més pròxim a la roureda que no pas a l'alzinar, atès que la comunitat vegetal no està evolucionant cap a un alzinar. A més, podem dir que les rouredes i els alzinars es poden separar molt bé. Pel que respecta a *Q. ilex* i a *Q. Petraea*, veiem com mostren certes diferències a la roureda, però no tantes com a l'alzinar de Marmolers. En el bosc mixt, les dues espècies tenen variables molt similars, ja que realment és una comunitat mixta on hi ha una codominància estable.

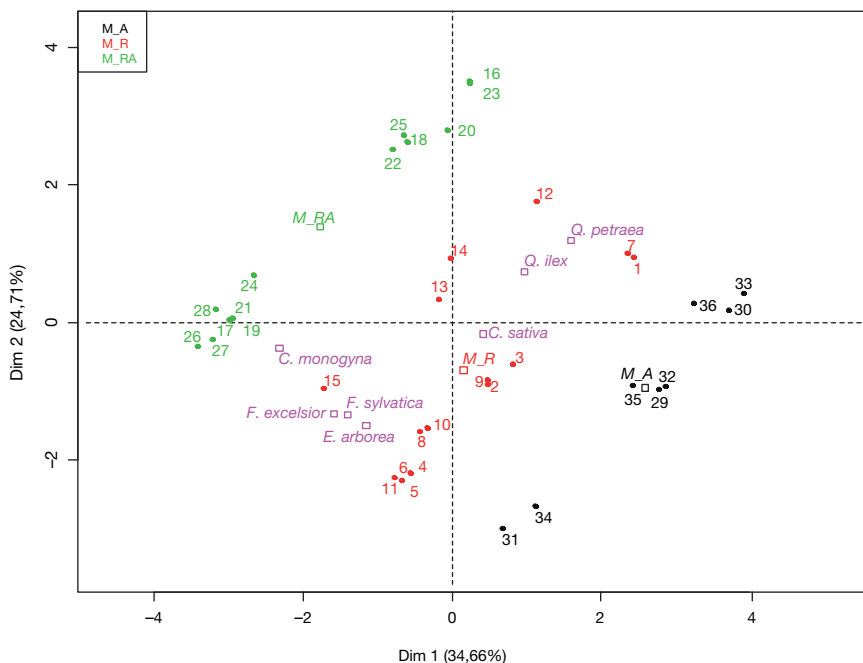


Figura 4. PCA de les variables estudiades als boscos. La dimensió 1 explica el 34,66% de les dades i la dimensió 2, el 24,71%. De color rosa, s'observen els centroides de les espècies; en negre, els alzinars recents (M_A); en vermell, la roureda (M_R), i en verd, el bosc mixt (M_RA).

Discussió

El cas de Marmolers és molt interessant per tal de veure la dinàmica entre les rouredes i els alzinars. Com ja s'ha descrit, de costat, hi trobem una roureda de roure de fulla gran amb un alzar muntanyenc, i a la zona de contacte, s'hi ha generat una interfase de bosc mixt. Si s'observa la distribució de les classes diamètriques de la roureda (M_R) (figura 2), podem veure que es tracta d'un bosc que ja fa molt de temps que no està explotat, com a mínim uns 37 anys, atès que gaudeix d'un estatus de protecció dins el Parc Natural del Montseny. Però, tot i que l'estructura està tendint cap a la maduresa, encara veiem els rastres de la seva antiga explotació i, de fet, durant el treball de camp, s'ha detectat una antiga carbonera. Pel que respecta al mostreig, cal comentar que, en ser un estudi molt concret d'un únic paratge natural, el que es conclouï en aquest treball no serà aplicable a la totalitat d'aquest ecotò del Montseny, a més, cal tenir en compte la importància dels usos històrics en la dinàmica de les comunitats estudiades.

La roureda (M_R) és un bosc dominat per *Q. petraea* acompanyat per *C. sativa* i *F. sylvatica*, espècies amb les quals conformen l'estrat arbori superior. També hi ha la presència, però amb una densitat més baixa, de *Q. ilex*. A nivell

forestal, doncs, es pot parlar d'una roureda que va avançant cap a un grau més elevat de maduresa, on els arbres van envellint alhora que es manté un estoc important d'arbres joves. De fet, si es compara la densitat de *Q. petraea* actual (taula 1) amb la del 2006, el bosc va envellint i reduint densitat a un ritme força elevat (reducció de la densitat de 95.541 peus/ha), ja que els arbres suprimits es van morint, i per això es produeix un increment de l'àrea basal del bosc (increment de l'AB de 2.631 m²/ha).

L'alzinar a Marmolers (M_A) és un bosc jove, dominat per *Q. ilex*. Tot i així, cal destacar-hi la presència de *Q. petraea*, ja que la densitat que presenta és equiparable a la de *Q. petraea* o de *Q. ilex* al bosc mixt. Aquest fet és molt rellevant, perquè, tal com es pot veure a la distribució de classes diamètriques, l'alzinar té peus de *Q. ilex* principalment joves (exponencial negativa), però els peus de *Q. petraea* presenten una distribució més irregular, amb peus més grans, tal com demostra la mitjana del DAP. A les observacions de camp, s'hi ha vist que l'alzinar en qüestió té un creixement principalment vegetatiu de rebrot. A partir d'aquestes observacions i de les dades obtingudes, es pot assegurar que, en el passat, aquest bosc havia estat explotat intensament (figura 1), centrant-se especialment en l'aprofitament de *Q. ilex*. Per això hi ha el creixement de rebrot, i els peus de *Q. petraea* són més grans a l'alzinar, ja que aquests no devien ser tan explotats. Sens dubte, l'afavoriment de l'espècie *Q. ilex* per poder ser explotada ha modificat el paisatge forestal, com a conseqüència, ens hem de preguntar com hauria estat aquest bosc si no s'hagués intervingut en el passat i com aquesta activitat ha condicionat la composició dels boscos actuals.

Però l'element de més interès és el bosc mixt (M_RA), en referència al qual ens podem preguntar si hi ha una codominància entre *Q. petraea* i *Q. ilex*. Pel que respecta a la densitat, s'hi observa una codominància, ja que no hi ha diferències significatives entre *Q. petraea* i *Q. ilex*. Igual que a l'alzinar, els peus de *Q. ilex* són rebrotos i no passen dels 15 metres d'altura, mentre que, en el cas de *Q. Petraea*, són peus d'origen no vegetatiu amb altures molt superiors. En referència a la distribució de les classes diamètriques, podem veure com aquestes lectures es confirmen, ja que *Q. ilex* té una distribució principalment molt regular, amb una presència elevada de peus joves, mentre que *Q. petraea* manté una distribució més irregular, amb una presència de peus molt més grans. De fet, el peu més gran trobat a Marmolers correspon a un *Q. petraea* del bosc mixt.

Així doncs, es pot concloure que, a Marmolers, hi tenim un conjunt de boscos on la densitat de les dues espècies *target* és molt gran. Que *Q. petraea* presenti sempre unes distribucions de classes diamètriques més irregulars que *Q. ilex*, segurament és conseqüència de l'activitat humana del passat, que propicia que, actualment, trobem peus de *Q. ilex* principalment joves. Pel que respecta al bosc mixt, es pot concloure que els peus de *Q. petraea* són previs als peus actuals de *Q. ilex*. Tot i així, l'anàlisi de la figura 1 fa pensar que, anteriorment, ja existien alguns peus d'alzina en el bosc mixt actual, ja que sempre ha estat una zona de contacte. Segurament, els peus de *Q. ilex* actuals a la zona són el rebrot dels antics peus explotats. La presència de *Q. ilex* al bosc mixt no és necessàriament fruit dels canvis en les variables meteorològiques, i per això pensem que, en la actualitat,

no s'ha vist l'afavoriment d'aquesta espècie mediterrània en el bosc humit de roure de fulla gran.

Florísticament, la roureda de Marmolers (riquesa: 36 espècies) és molt més rica que l'alzinar (riquesa: 8 sp.) i el bosc mixt (riquesa: 22 sp.) (figura 5). A més, existeixen diferències molt clares en la corologia, entre la roureda (14,7 espècies eurosiberianes de mitjana) i l'alzinar (3 espècies eurosiberianes de mitjana). D'altra banda, el bosc mixt (5,5 espècies eurosiberianes de mitjana) manté un caràcter intermedi, amb força presència d'espècies eurosiberianes.

Per tal d'avaluar l'evolució de Marmolers, és interessant estudiar la regeneració del bosc. Tot i que la categoria de plançons és molt variable segons l'anyada d'agllans, cal analitzar el primer estadi de creixement en la regeneració del bosc. Primer de tot, és interessant el fet que el bosc mixt sigui la zona amb més plançons i que l'alzinar la que en té menys. Això és degut a la poca llum que entra a l'alzinar, ja que es tracta d'un bosc molt opac amb recobriment arbori del 90 al 100%. Tal com es pot veure a la taula 1, la producció de plançons de *Q. petraea* i de *Q. ilex* a la roureda i al bosc mixt és similar, mentre que a l'alzinar és més gran la producció de *Q. ilex*. Que la producció de *Q. petraea* baixi a l'alzinar és un primer signe del fet que la regeneració d'aquesta espècie és molt difícil sota *Q. ilex*. De fet, això ens podria fer pensar que, si no es genera cap tipus de canvi en les dinàmiques, *Q. petraea* acabi desapareixent a llarg termini de l'alzinar per manca de regeneració. En canvi, la situació en el bosc mixt i la roureda és d'un cert equilibri, atès que les dues espècies tenen produccions similars i totes dues semblaria que es regeneren adequadament. És a dir, no es veurien indicis que *Q. ilex* esti-

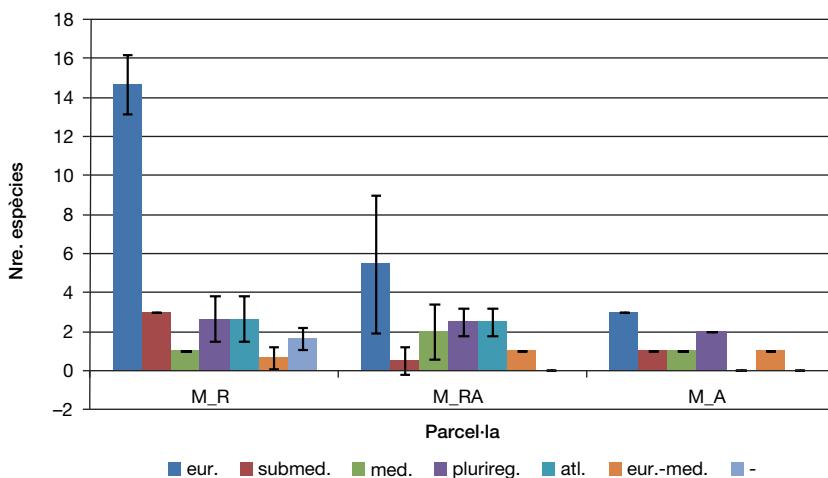


Figura 5. Nombre d'espècies presents segons la seva corologia i el bosc on s'han trobat. A l'eix de les Y, hi ha el recompte d'espècies, a l'eix de les X, hi ha les parcel·les. Les diverses distribucions: eurosiberiana (eur.), submediterrània (submed.), mediterrània (med.), pluriregional (plurireg.), atlàntic (atl.) i identificació no confirmada (-) estan marcades en diferents colors.

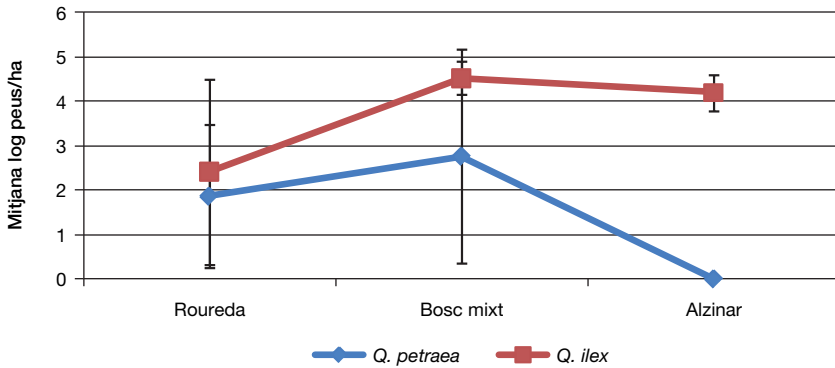


Figura 6. Regeneració de juvenils 1 (50 cm < h < 1,5 m) a Marmolers. A l'eix de les X, hi ha els boscos (roureda [M_R], bosc mixt [M_RA], alzinar [M_A]). A l'eix de les Y, hi ha la mitjana de la regeneració per a juvenils 1 (log₁₀ peus/ha).

gués regenerant-se més que *Q. petraea*. Per això el bosc mixt com a tal podria ser un estadi de la comunitat força estable. En el cas de la roureda, sí que es podria fer èmfasi en la circumstància que les produccions són iguals, però la mala vitalitat de *Q. ilex* no fa pensar en una evolució del bosc cap a bosc mixt a curt termini.

Però, com ja s'ha dit, l'estudi de la regeneració no seria completa si no s'analitzessin els juvenils. La regeneració juvenils 1 (50 cm < h < 1,5 m) és força igualada entre espècies a la roureda i al bosc mixt, però no a l'alzinar (figura 6). Per zones, en general, els reclutaments d'aquesta classe són molt iguals, atès que, als tres boscos, estan força estructurats i no permeten que els juvenils hi progressin. A l'alzinar, el reclutament de *Q. petraea* disminueix fins a zero, a causa de l'elevada densitat d'adults que dificulta el desenvolupament dels juvenils en general, llevat dels mateixos rebrots d'alzina. Es tracta d'una classe que necessita aconseguir recursos força importants per desenvolupar-se, que no es pot trobar en un bosc on la densitat és tan elevada, és a dir, on l'estrès hídric és molt elevat per un juvenil i on gairebé tampoc no hi entra llum. A més, les plàntules en general presenten una vulnerabilitat més gran a l'estrès hídric en comparació amb els adults, a causa, en gran part, dels sistemes radiculars menys desenvolupats de les plàntules, que els dificulta l'accés a l'aigua en capes més profundes del sòl (Nicotra et al., 2002; Paz, 2003). És lògic, doncs, que, en general, l'alzinar sigui una zona amb un reclutament elevat només de *Q. ilex* que correspon, principalment, a rebrots de les alzines més grans, que viuen dels recursos del sistema radicular de l'arbre principal. Així doncs, el que ja s'observava en els plançons es continua observant en juvenils 1, que els canvis en la dominància de la comunitat són poc probables a curt termini, si no és que hi ha algun tipus de pertorbació. Pel que fa a juvenils 2, la categoria de dimensió més gran, els reclutaments en general han donat valors molt baixos, fins a tal punt que no s'ha detectat cap *Q. petraea* d'aquesta categoria. Tot i així, es tracta d'una diferència poc significativa, atès que la regeneració de *Q. ilex* igualment és

molt baixa. Si tenim en compte el tipus de juvenils que també són de rebrot, com en el cas de juvenils 1, i la poca importància estadística, no podem afirmar pas que la categoria de juvenils 2 doni per errònia la hipòtesi construïda fins ara.

Si bé, actualment, les dinàmiques en la regeneració observades a Marmolers no farien pensar en un canvi important de les espècies dominants a les comunitats vegetals a curt o a mitjà termini, sí que podria donar-se a llarg termini. Tal com apunten diversos autors, *Q. petraea* és una espècie que patirà molt els efectes del canvi climàtic al Mediterrani (Banqué et al., 2013), atès que no és ben adaptada a les baixes precipitacions ni a les temperatures elevades, i això podria propiciar la colonització de la roureda per part d'espècies menys vulnerables a les noves condicions. Però també cal tenir en compte que hi ha espècies més vulnerables al canvi climàtic que el roure, com ara *F. sylvatica*, el qual no pot fer fotosíntesi amb un potencial d'aigua tan baix com ho fa *Q. petraea* (Raftoyannis, 2002). Al seu torn, doncs, aquesta situació podria propiciar una colonització de la fageda per part de *Q. Petraea*. Això propiciaria que, globalment, la roureda de roure de fulla gran no perdés àrea de distribució, sinó que la canviés. També cal tenir en compte la gran plasticitat genètica dels roures i, parlant de canvis a llarg termini, cal incloure en la hipòtesi la possibilitat d'adaptar-los a les noves condicions amb el material genètic ja existent en cada espècie. A més, gaudeixen d'una gran capacitat d'hibridació, i això els podria permetre adaptar-se al canvi climàtic en un futur (Kremer i Petit, 2001), ja que, en alguns estudis, se suggereix que el canvi ambiental pot incrementar les taxes d'hibridació (Lagache et al., 2013).

És molt important fer incís en el bosc mixt estudiat a Marmolers, on s'ha observat un cert equilibri entre les dues espècies, atès que mostren densitats importants i regeneracions similars. Sens dubte, el seguiment de boscos com aquest poden ser claus per prevenir i estudiar com evolucionaran aquestes masses forestals en un futur, ja que si, a llarg termini, s'acaben complint les previsions, seria en els primers llocs on començarien a observar-se els efectes d'un canvi de distribució de les espècies.

Els creixements radials mesurats no mostren diferències significatives entre espècies durant els mesos d'abril i maig de 2014. Aquest fet demostraria que el creixement de *Q. petraea* no disminueix en l'alzinar. Tot això faria pensar que els creixements radials de *Q. petraea* no estan patint un efecte més significatiu que els de *Q. ilex* en les condicions meteorològiques actuals. Els peus que tenen efectes negatius en el seu creixement són els de *Q. petraea* a M_A, però, en aquest cas, semblaria que és degut a un altre factor, probablement, a la densitat tan elevada del bosc, que no permet que *Q. petraea* creixi radialment.

Conclusions

Al massís del Montseny existeixen rodals de roure de fulla gran en contacte amb boscos d'alzina. En aquest treball, s'ha estudiat la diversitat florística i la regeneració d'un d'aquests rodals a Marmolers. L'estudi florístic demostra que la roureda té una elevada riquesa d'espècies eurosiberianes, la qual cosa fa d'aquests boscos un element d'interès que cal preservar pel seu valor patrimonial.

A la roureda de Marmolers, s'hi ha observat com la regeneració era codominant per a les espècies *target*, excepte en el cas de juvenils 2, on hi ha una clara dominància de *Q. ilex*. La major part dels individus que en formen part corresponen a regeneració per rebrot, és a dir que no es tractava de nova colonització, sinó que ja eren antics peus existents a la parcel·la. Tampoc no hi hauria codominància en les classes diamètriques petites dels adults, on *Q. petraea* assoleix una dominància clara. Per això, malgrat que hi hagi més individus de juvenils 2 d'alzina que de roure, tendim a pensar que la roureda de Marmolers no està sent colonitzada per l'alzina. La situació podria canviar només si augmentés la sequera i/o es generessin unes altres perturbacions que alteressin la dinàmica actual. En el cas del bosc mixt, també s'hi observa una regeneració similar entre les dues espècies, tret de juvenils 2, on *Q. ilex* torna a dominar, i també que tornen a correspondre a rebrots. En aquest cas, les classes diamètriques mostren unes densitats més repartides entre les dues espècies *target*, i pensem que la zona mantindrà una estructura mixta, si no és que canvien les variables meteorològiques, la qual cosa podria comportar modificacions significatives en la seva composició. Per això considerem molt interessant fer un seguiment de la regeneració en aquesta zona, ja que serà el punt on primer es podrien notar canvis en les densitats a causa de sequeres o de temperatures elevades. Per últim, l'alzinar té una regeneració completament dominada per *Q. ilex*, i per això creiem que la seva dominància no canviarà en el futur. Finalment, la codominància en el bosc mixt també és demostrada en el creixement primaveral, que mostra valors semblants per a totes dues espècies.

Agraïments

Voldríem mostrar la nostra gratitud al Dr. Emili Garcia Berthou, pel suport brindat en el tractament estadístic de les dades; al Parc Natural del Montseny, per l'ajut logístic ofert durant l'estiu de 2013, i a la Diputació de Girona, per la seva col·laboració, especialment la del company Narcís Vicens.

Referències bibliogràfiques

- Allen, C. D.; Macalady, A. K.; Chenchouni, H.; Bachelet, D.; McDowell, N.; Vennetier, M.; Cobb, N. 2010. A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests. *Forest Ecology and Management*, 259(4): 660-684.
<<http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2009.09.001>>
- Aranda, I.; Gil, L.; Pardos, J. A. 2000. Water relations and gas exchange in *Fagus sylvatica* L. and *Quercus petraea* (Mattuschka) Liebl. in a mixed stand at their southern limit of distribution in Europe. *Trees*, 14(6): 344-352.
<<http://dx.doi.org/10.1007/s004680050229>>
- Banqué, M.; Grau, A.; Martínez-Vilalta, J.; Vayreda, J. 2013. CANVIBOSC. In: CREAM, Oficina Catalana del Canvi Climàtic i Generalitat de Catalunya (eds.). CREAM. Barcelona.
- Boada, M.; Duch, J.; Sánchez, S. 2002. Manifestacions del canvi global a l'alt Montseny. V Trobada d'Estudiosos del Montseny, 33: 43-47.

- Bolòs, O. 1983. La vegetació del Montseny. Diputació de Barcelona. Barcelona.
- Caritat, A.; Vilar, L.; Bou, J.; Sala, E.; Porcar, A. 2012. Evolució de l'estructura i el creixement de quatre boscos del Parc Natural del Montseny. Girona: 27.
- CREAF; Generalitat de Catalunya. (2009). Mapa de cobertes del sòl de Catalunya. <<http://www.creaf.uab.es/mcsc/>>
- Fotelli, M. N.; Nahm, M.; Radoglou, K.; Rennenberg, H.; Halyvopoulos, G.; Matzarakis, A. 2009. Seasonal and interannual ecophysiological responses of beech (*Fagus sylvatica*) at its south-eastern distribution limit in Europe. *Forest Ecology and Management*, 257(3): 1157-1164. <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2008.11.026>>
- Gordi, J. 2009. L'evolució del paisatge forestal a les terres gironines a la segona meitat del segle xx. Associació d'Història Rural de les Comarques Gironines. Girona: 265. <<http://cataleg.udg.edu/record=b1273039>>
- Kremer, A.; Petit, R. 2001. La epopeya de los robles europeos. *Mundo Científico*. <<http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=76441>>
- Lagache, L.; Klein, E. K.; Guichoux, E.; Petit, R. J. 2013. Fine-scale environmental control of hybridization in oaks. *Molecular Ecology*, 22(2): 423-36. <<http://dx.doi.org/10.1111/mec.12121>>
- Nicotra, A. B. N.; Babicka, N.; Westoby, M. 2002. Seedling root anatomy and morphology: An examination of ecological differentiation with rainfall using phylogenetically independent contrasts. *Oecologia*. <<http://link.springer.com/article/10.1007/s004420100788>>
- Paz, H. 2003. Root/Shoot Allocation and Root Architecture in Seedlings: Variation among Forest Sites, Microhabitats, and Ecological Groups 1. *Biotropica*. <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1744-7429.2003.tb00586.x/abstract>>
- Rabasa, S. G.; Granda, E.; Benavides, R.; Kunstler, G.; Espelta, J. M.; Ogaya, R.; Valladares, F. 2013. Disparity in elevational shifts of European trees in response to recent climate warming. *Global Change Biology*, 19(8): 2490-9. <<http://dx.doi.org/10.1111/gcb.12220>>
- Raftoyannis, Y. 2002. Physiological Responses of Beech and Sessile Oak in a Natural Mixed Stand During a Dry Summer. *Annals of Botany*, 89(6), 723-730. <<http://dx.doi.org/10.1093/aob/mcf133>>
- UAB. 2004. Atles Climàtic Digital de Catalunya. <<http://www.opengis.uab.cat/acdc/catala/model.htm>>
- Universitat de Girona i Universitat Politècnica de Catalunya 2010. Comarques Gironines. In: Observatori del Paisatge (ed.). Catàleg del paisatge. Vol. 1. Generalitat de Catalunya.
- Vayreda, J.; Jordi Martínez-Vilalta; Banqué, M. 2013. Els boscos davant del canvi climàtic. In: CREAF, Oficina Catalana del Canvi Climàtic; Generalitat de Catalunya (Eds.). CREAF. Barcelona: 25. <http://www.slideshare.net/slideshow/embed_code/27964680#>