

El Montseny com a paisatge sentinella del canvi global: el cas d'estudi de Vallforners

JOSEP PUJANTELL,¹ ADRIÀ BARBETA,^{2,3} MARTÍ BOADA,¹ JOSEP PEÑUELAS,^{2,3} CARLES BARRIOCANAL¹ i JOSÉ EDUARDO FUENTES¹

¹Institut de Ciència i Tecnologia Ambientals (ICTA). Universitat Autònoma de Barcelona

²Unitat d'Ecologia Global. Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals (CREAF). Consell Superior d'Investigacions Científiques (CSIC)

³Centre de Recerca i Aplicacions Forestals (CREAF)

Resum

Actualment, el canvi global és una de les manifestacions més importants de la crisi ambiental. Per aquest motiu és pertinent monitoritzar i analitzar les causes i les manifestacions d'aquest procés al massís del Montseny. L'àmbit d'estudi, la capçalera de la riera de Vallforners, és de gran sensibilitat per a l'estudi del canvi global per motius biogeogràfics, atès que inclou la localització més meridional d'abet (*Abies alba*) de la península Ibèrica i una de les més meridionals de l'Europa occidental, així com una localització meridional de fageda (*Fagus sylvatica*). Als vessants més solells, l'espècie predominant és l'alzina (*Quercus ilex*). La coexistència de les tres espècies (abet, faig i alzina) a una mateixa alçada sobre el nivell del mar, representants de tres regions biogeogràfiques diferents, suposa una circumstància biogeogràficament singular. L'objectiu final del projecte és establir un sistema de monitoratge dels efectes del canvi global sobre els biomes en l'àmbit d'estudi, pel seu caràcter de paisatge sentinella. S'hi presenta la metodologia emprada i els primers resultats obtinguts.

Paraules clau

Canvi global, paisatge sentinella, canvi d'usos i cobertes del sòl, senescència, reclutament

Resumen

El Montseny como paisaje centinela del cambio global: el caso de estudio de Vallforners

Actualmente, el cambio global es una de las manifestaciones más importantes de la crisis ambiental. Por este motivo es pertinente monitorizar i analizar las causas y las manifestaciones de este proceso en el macizo del Montseny. El ámbito de estudio, la cabecera de la riera de Vallforners, es de gran sensibilidad para el estudio del cambio global por motivos biogeográficos, ya que incluye la localización más meridional de abeto (*Abies alba*) de la Península Ibérica i una de las más meridionales de Europa occidental, así como una localización meridional de hayedo (*Fagus sylvatica*). En las vertientes más soleadas, la especie dominante es la encina (*Quercus ilex*). La coexistencia de las tres especies (abeto, haya y encina) a una misma altitud sobre el nivel del mar, representantes de tres regiones biogeográficas distintas, supone una circunstancia biogeográficamente singular. El objetivo final del proyecto es establecer un sistema de monitoreo de los efectos del cambio global sobre los biomas en el ámbito de estudio, por su carácter de paisaje centinela. Se presenta aquí la metodología utilizada y los primeros resultados obtenidos.

Palabras clave

Cambio global, paisaje centinela, cambio de usos y cubiertas del suelo, senescencia, reclutamiento

Abstract

Montseny as a Sentinel Landscape for Global Change: the Vallforners case study

Global change is today one of the most important manifestations of the environmental crisis. Hence it is relevant to monitor and analyse the causes and manifestations of this process on the Montseny massif. The field of study is the headwaters of the Vallforners stream which is highly sensitive for studying global change due to biogeographical reasons. This is because it includes the southernmost location of silver fir (*Abies alba*) in the Iberian Peninsula and one of the southernmost in western Europe as well as a southern location of European beech (*Fagus sylvatica*). The dominant species on the sunniest slopes is the holm oak (*Quercus ilex*). The coexistence of the three species (fir, beech and holm oak) at the same altitude above sea level and representing three different biogeographical regions is a biogeographically unique circumstance. The project's ultimate purpose is to set up a system for monitoring the impact of global change on the biomes in the study area as it is a sentinel landscape. The methodology used and the first results obtained are presented here.

Keywords

Global change, sentinel landscape, change of land uses and covers, senescence, recruitment

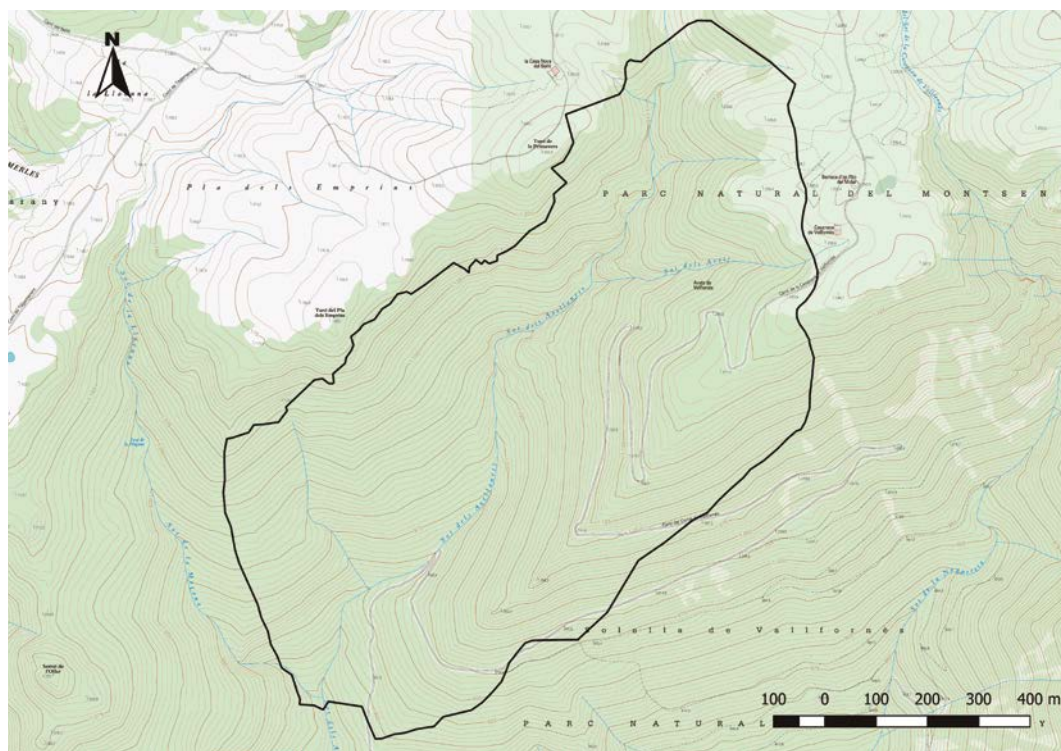
Introducció

Des del punt de vista biogeogràfic, el Montseny constitueix un territori molt apropiat per a l'estudi de les manifestacions regionals i locals del canvi global, atès que inclou mostres de les tres regions biogeogràfiques que configuren els principals biomes de l'Europa occidental: la mediterrània, l'eurosiberiana i la borealpina. Aquesta diversitat paisatgística es concentra en un espai relativament petit: entre les àrees basals del massís (200 msnm) i la seva zona culminant als 1.713 msnm (turó de l'Home) hi ha uns 10 km lineals. A més a més, la particular ubicació biogeogràfica del Montseny representa el límit septentrional o meridional de diversos organismes i sistemes. Per aquest motiu, el massís és un paisatge sentinella que expressa una alta sensibilitat davant el canvi global.

Àrea d'estudi

La vall de Vallforners es localitza a la part meridional del sector de la Calma, dins el massís del Montseny. Administrativament, forma part del municipi de Tagamanent (Vallès Oriental, Barcelona). L'àrea d'estudi té una superfície de 89,29 ha i inclou el sector NE de la capçalera de la riera de Vallforners: el sot dels Avellaners i el sot dels Avets. L'altitud de la zona d'estudi oscil·la entre els 900 i els 1.250 msnm.

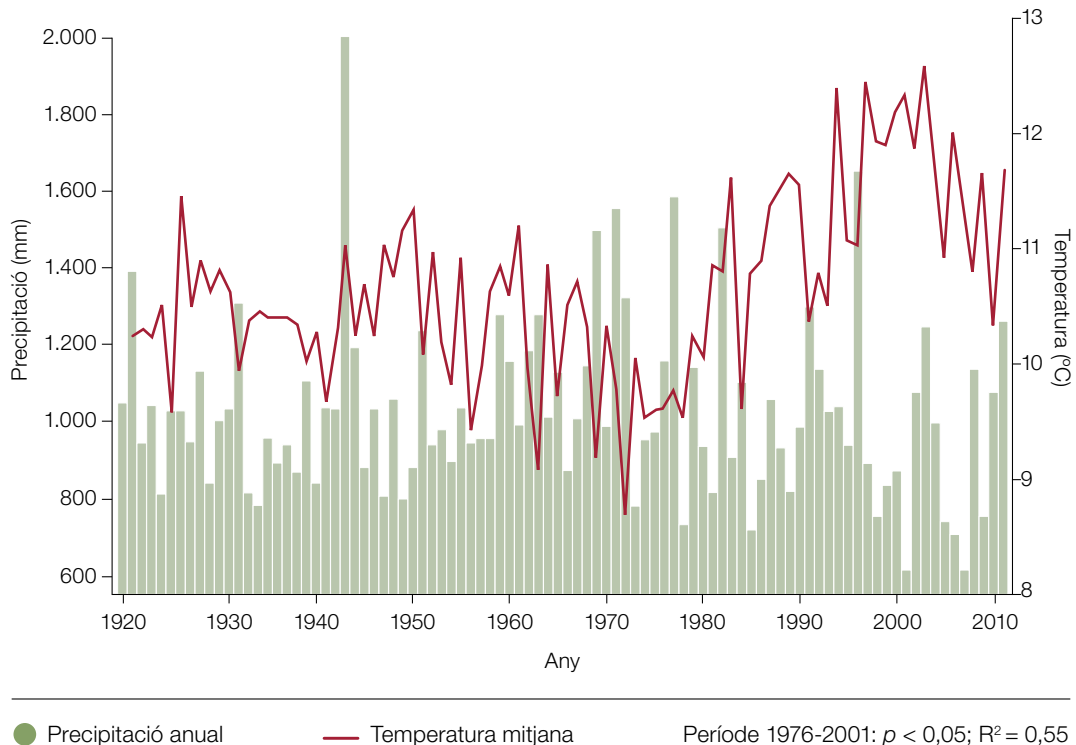
Mapa 1. Mapa cartogràfic de l'àrea d'estudi



Font: elaboració pròpia.

Es tracta d'una zona amb un pendent considerable i amb predomini de l'orientació nord, fet que li permet mantenir unes condicions d'humitat i temperatura específiques. Pel que fa a la vegetació, predomina l'alzina (*Quercus ilex*) als vessants assolats i amb orientació sud, mentre que els sectors més obacs acullen boscos propis de la regió eurosiberiana, concretament boscos de fageda acompanyats puntualment per individus d'abet de caràcter relict i per espècies pròpies de les rouredes subhúmedes de roure martinenc (*Quercus humilis*), que inclouen aquesta espècie, l'auró negre (*Acer monspessulanum*), la blada (*Acer opalus*), la moixera blanca (*Sorbus aria*), l'avellaner (*Corylus avellana*) i el trèmol (*Populus tremula*). Cal destacar la presència a la zona d'individus notables de teix (*Taxus baccata*) i de boix grèvol (*Ilex aquifolium*), espècies protegides a Catalunya. La zona d'estudi té un interès biogeogràfic elevat, atès que acull la localització més meridional d'abet (*Abies alba*) de la península Ibèrica i de l'Europa occidental, així com una localització meridional de fageda (*Fagus sylvatica*), al límit de la distribució d'aquesta espècie. Aquesta presència és un relict de períodes glacials passats, que s'explica per la morfologia i les condicions climàtiques de l'àrea d'estudi, relacionada amb l'orientació nord del pendent de la muntanya, que permet l'efecte refugi axilllar (BOADA, 1997).

Gràfic 1. Evolució de la precipitació anual i la temperatura mitjana anual a Tagamanent (1.030 msnm) a partir de la seva correlació amb dades de l'observatori del turó de l'Home



Font: elaboració pròpia.

El resultat de correlacionar les temperatures de l'observatori de Tagamanent amb les dades històriques de l'observatori del turó de l'Home, a la part culminant del Montseny ([gràfic 1](#)) permet observar un increment de temperatura de 2 °C per al període 1976-2001, significatiu estadísticament. Pel que fa a la precipitació, la tendència no és clara, però mostra més irregularitat interanual en les últimes dècades.

Hipòtesi i objectius

La hipòtesi de treball és que l'increment de temperatura de les últimes dècades, juntament amb el canvi en els usos i cobertes del sòl, ha afectat la distribució de les comunitats vegetals a l'àrea de estudi i ha provocat la regressió dels biomes centreeuropeus (fageda i avets, principalment) al límit de la seva distribució en favor dels biomes mediterranis (alzinar). Aquests biomes fan del Montseny un paisatge sentinella davant les manifestacions del canvi global, ja que actuen com a bioindicadors.

Els objectius d'aquesta recerca són:

- Demostrar i quantificar el procés de mediterranyització dels biomes de l'àrea d'estudi.
- Quantificar el canvi d'usos i cobertes del sòl en el període 1946-2015.
- Avaluar l'estat actual de la vegetació centreeuropea i boreoalpina, i quantificar-ne la senescència i el reclutament.

Metodologia

Per a aquest estudi s'han elaborat quatre mapes d'usos i cobertes del sòl, corresponents als anys 1946, 1956, 1996 i 2015, per tal de comparar-ne l'evolució temporal. S'ha partit dels ortofotomapes dels vols americans de 1946 i 1956, així com dels ortofotomapes de 1996 i 2015 (escala 1:5.000) disponibles a través de l'Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (ICGC). A partir del reconeixement de camp es van definir els trets més importants que calia interpretar en les imatges. Per al procés de fotointerpretació es va utilitzar una tècnica de processament d'imatges denominada *segmentació*, disponible al programari Envi. Aquesta tècnica agrupa trets distintius en patrons de forma i de textura presents dins un conjunt de píxels amb valors similars, això va permetre aïllar les cobertures amb més detall i precisió. Posteriorment, aquests mapes de cobertes es van acabar d'ajustar manualment amb el programari ArcMap 10.3.1, a partir dels ortofotomapes, del treball de camp realitzat i de fonts cartogràfiques antigues (mapes de vegetació de Salvador LLOBET [1947] i d'Oriol de BOLÒS [1983]).

El sistema de coordenades que s'ha utilitzat per elaborar els mapes és UTM Zone 31 N. El resultat final ha estat una base cartogràfica en format vectorial (Shape [.shp]) corresponent als mapes d'usos i cobertes del sòl dels anys 1946, 1956, 1996 i 2015. Per a l'anàlisi dels canvis en els usos i cobertes del sòl en l'àmbit d'estudi al llarg del període 1945-2015 s'han agrupat les cobertes del sòl en set categories diferents:

Taula 1. Categories utilitzades per a l'anàlisi del canvi d'usos i cobertes del sòl (1945-2015)

| Categoria | Descripció |
|--------------------|--|
| Camins | Camins i pistes forestals |
| Construccions | Edificacions humanes |
| Artigatge/aulet | Zona on s'ha produït apropiació forestal, inclou bosc en regeneració (aulet) |
| Alzinar | Bosc d'alzinar |
| Fageda | Bosc de fageda |
| Sòl nu | Sòl sense vegetació, inclou zones rocoses |
| Landes i matollars | Matollars de <i>Juniperus communis</i> ssp. <i>nana</i> i landes de gòdua (<i>Cytisus scoparius</i>) |

Font: elaboració pròpia.

L'estat de salut actual dels arbres s'ha estudiat a través de la senescència i el reclutament. S'ha treballat en 11 parcel·les de 20 × 20 m (400 m²) que han permès comparar zones continentals (zones amb gran superfície contínua de fageda) i zones aïllades de fageda (zones de fageda envoltades per alzinar) (PEÑUELAS i BOADA, 2003). A cada una de les parcel·les s'ha mesurat el perímetre a l'altura del pit (1,30 m) de tots els peus arboris, cosa que ha permès el càlcul posterior de l'àrea basal per espècie. Per a l'estudi de la senescència s'ha aplicat la metodologia de la Xarxa per a la Vigilància Forestal de la Unió Europea (DE VRIES *et al.*, 1999), que proposa cinc nivells de dany a partir d'un examen visual: 0 (sense danys o danys a menys del 10%), 1 (11-25 % lleuger descoloriment o defoliació), 2 (26-60 % descoloriment o defoliació moderada), 3 (60 % descoloriment o defoliació severa) i 4 (arbre completament descolorit o defoliat). La senescència s'ha calculat per a tots els peus arboris dins cada parcel·la, de manera que se n'han pogut obtenir els valors mitjans per espècie i parcel·la, i s'ha pogut fer la comparació d'aquests valors entre parcel·les de zones continentals i parcel·les de zones aïllades de fageda (PEÑUELAS i BOADA, 2003). Per a l'estudi del reclutament s'ha fet un recompte de plàntules per espècie i parcel·la, considerant un llindar de < 5 cm de perímetre (PEÑUELAS i BOADA, 2003).

Resultats

Pel que fa al canvi d'usos i cobertes del sòl, els resultats mostren que en el període 1945-2015 l'alzinar és la categoria dominant del paisatge en l'àrea d'estudi: ocupa el percentatge de superfície més alt en els quatre anys estudiats (taules 2 i 3, mapa 2). Cal destacar que des de 1956 fins avui la tendència ha estat de creixement d'aquesta coberta, que ha arribat a ocupar pràcticament el 70 % de la superfície l'any 2015. La seva taxa de creixement s'ha accelerat entre 1997 i 2015, període en què arriba a una taxa de creixement de l'1,10 % anual. L'alzinar ha incrementat un 26 % la seva superfície en el període 1945-2015 i, a més, ha mostrat una capacitat de resiliència important després de les talaes del principi de la dècada de 1950, documentades a partir de les autoritzacions de tala i de fonts orals locals.

«Landes i matollars» era la segona categoria més important l'any 1945 (32,92 %), però han disminuït un 56 % en el període 1945-2015, amb una taxa de canvi anual especialment destacable per al període 1997-2015. Aquest procés està relacionat amb la disminució de l'activitat ramadera i la regulació de la realització de cremes prescrites per obtenir pastura des de la declaració del parc natural el 1977. Aquest canvi ha suposat un increment important de la superfície forestal, que ha substituït aquesta categoria, especialment al sector localitzat a la vora del pla de la Calma. La presència de ginebres morts per l'absència de llum dins aquestes noves zones forestals, especialment en zones de fageda, és una evidència d'aquest procés.

Taula 2. Usos i cobertes del sòl en el període 1945-2015. Percentatge sobre l'àrea total

| Categoria | 1945 | | 1956 | | 1996 | | 2015 | |
|---------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | ha | % | ha | % | ha | % | ha | % |
| Edificacions | 0,022 | 0,03 | 0,040 | 0,04 | 0,029 | 0,03 | 0,040 | 0,04 |
| Artigatge/aulet | 2,072 | 2,32 | 9,827 | 11,01 | 1,105 | 1,24 | 0,000 | 0,00 |
| Superfície rocosa, sòl nu | 4,127 | 4,62 | 3,525 | 3,95 | 1,249 | 1,4 | 0,543 | 0,61 |
| Fageda | 4,384 | 4,91 | 16,322 | 18,28 | 19,886 | 22,27 | 13,961 | 15,64 |
| Landes i matollars | 29,391 | 32,92 | 25,466 | 28,52 | 23,051 | 25,82 | 13,022 | 14,58 |
| Camins | 1,049 | 1,17 | 0,651 | 0,73 | 1,026 | 1,15 | 1,028 | 1,15 |
| Alzinar | 48,241 | 54,03 | 33,456 | 37,47 | 42,941 | 48,09 | 60,694 | 67,98 |
| Total | 89,287 | 100,00 | 89,287 | 100,00 | 89,287 | 100,00 | 89,287 | 100,00 |

Font: elaboració pròpia.

Per la seva banda, la categoria «fageda» ocupava un percentatge discret l'any 1945, però la seva superfície ha crescut un 218 % en el període 1945-2015. Aquest creixement està relacionat amb la desaparició de les activitats d'apropiació forestal i la reducció de les activitats ramaderes, i concorda amb els plantejaments de LLOBET (1947) i BOLÒS (1983), que consideraven que la superfície de fageda en aquesta zona es veia limitada per l'efecte de les activitats humanes. En qualsevol cas, la reducció del 30 % de la superfície de fageda en el període 1996-2015 suggereix que l'increment de temperatura ha pogut afectar aquesta coberta, a través de processos de fragmentació associats a una competència amb l'alzinar, ja que en aquest període no hi ha hagut canvis apreciables en les activitats humanes, tot i que la millora en la resolució de l'ortofotomapa utilitzat el 2015 també hauria influït en aquest resultat.

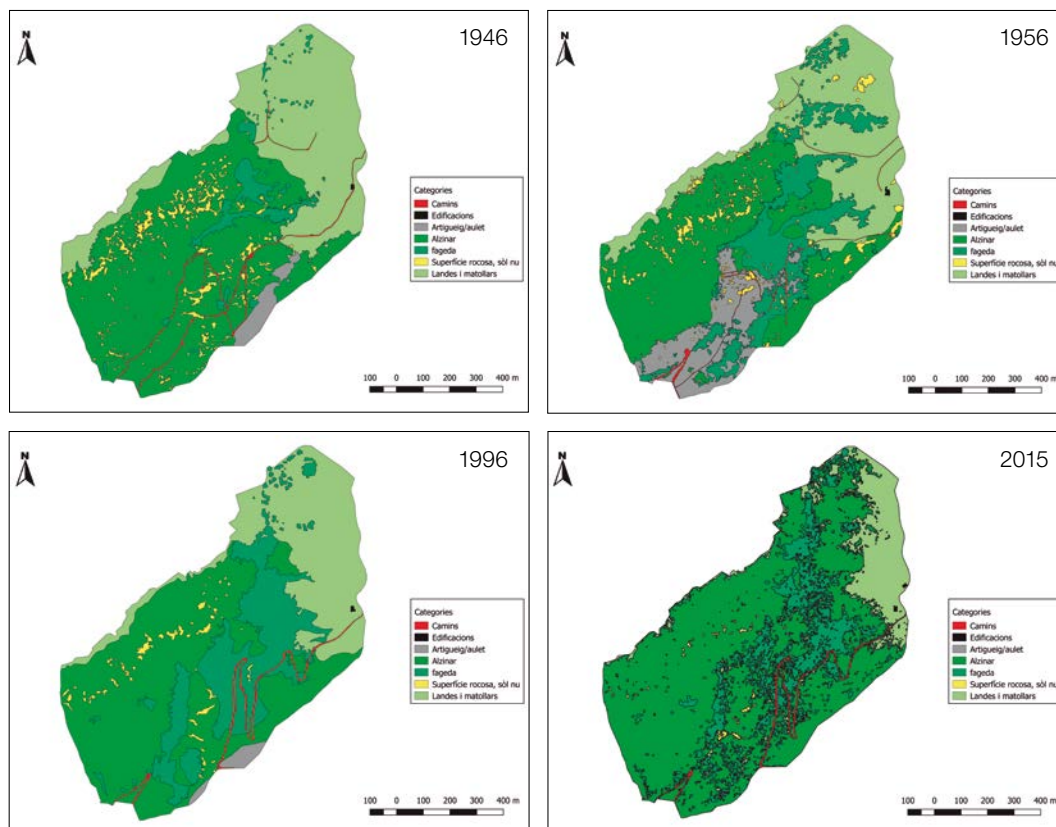
Taula 3. Usos i cobertes del sòl en el període 1945-2015. Taxa de canvi anual del percentatge ocupat per cada categoria sobre l'àrea total per períodes

| Categoria | 1945-1956 | 1957-1996 | 1997-2015 | 1945-2015 |
|---------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Edificacions | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Artigatge/aulet | 0,79 | -0,25 | -0,07 | -0,03 |
| Superfície rocosa, sòl nu | -0,06 | -0,07 | -0,04 | -0,06 |
| Fageda | 1,22 | 0,10 | -0,37 | 0,16 |
| Landes i matollars | -0,40 | -0,07 | -0,62 | -0,27 |
| Camins | -0,04 | 0,01 | 0,00 | 0,00 |
| Alzinar | -1,51 | 0,27 | 1,10 | 0,21 |
| Total | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

Font: elaboració pròpia.

La categoria «artigatge/aulet» és molt dinàmica. El 1945 ocupava un percentatge reduït, però el 1956 arriba a ocupar l'11,01 % de l'àrea d'estudi, amb una taxa de creixement anual del 0,79 %. Aquest procés s'ha de relacionar amb el context de la postguerra i amb l'escassetat de recursos alimentaris. Aquest fet va portar la població local a conrear antigues zones forestals a través de l'artigatge. Els cultius se centraven en les patates i les mongetes, espècies adaptades a l'altitud i a les condicions ambientals de la zona (LLOBET, 1947; BOADA, 2001). Més endavant, el 1996, s'observa un bosc en regeneració (aulet) resultat de l'artigatge produït en aquest període de postguerra, tot i que la major part ja s'ha convertit en bosc per successió secundària. El 2015 aquesta categoria desapareix, ja que el bosc s'ha regenerat plenament.

Mapa 2. Mapes d'usos i cobertes del sòl 1945, 1956, 1996 i 2015



Font: elaboració pròpia a partir dels ortofotomapes de 1946, 1956, 1996 i 2015 de l'ICGC.

La categoria «superfície rocosa, sòl nu» ocupa un percentatge relativament important el 1945, però es va reduint amb el pas del temps. Aquest canvi és atribuïble a l'increment tant en superfície com en densitat de les cobertes forestals (alzinar, fageda) que progressivament oculten aquesta categoria. La categoria «camins» ocupa un percentatge petit de l'àrea d'estudi i es manté força constant al llarg del temps. El 1945 i 1956 els camins que s'observen corresponen a camins utilitzats per al desmunt i el transport dels productes forestals (llenya, carbó) i també per la ramaderia, especialment a la zona de landes i matolls. El 1956 ja s'aprecia la construcció d'una part de la pista forestal que uneix la casa de Vallforneres amb la Calma, que es va construir a pic i pala durant aquesta època (conversa amb Miquel Cuch, 2016). Finalment, la categoria «edificacions» és la que ocupa el percentatge més baix de la superfície de l'àrea de estudi, i correspon a una edificació (la Casanova de Vallforneres) situada a la zona de landes i matollars. La seva àrea s'ha mantingut estable al llarg del temps.

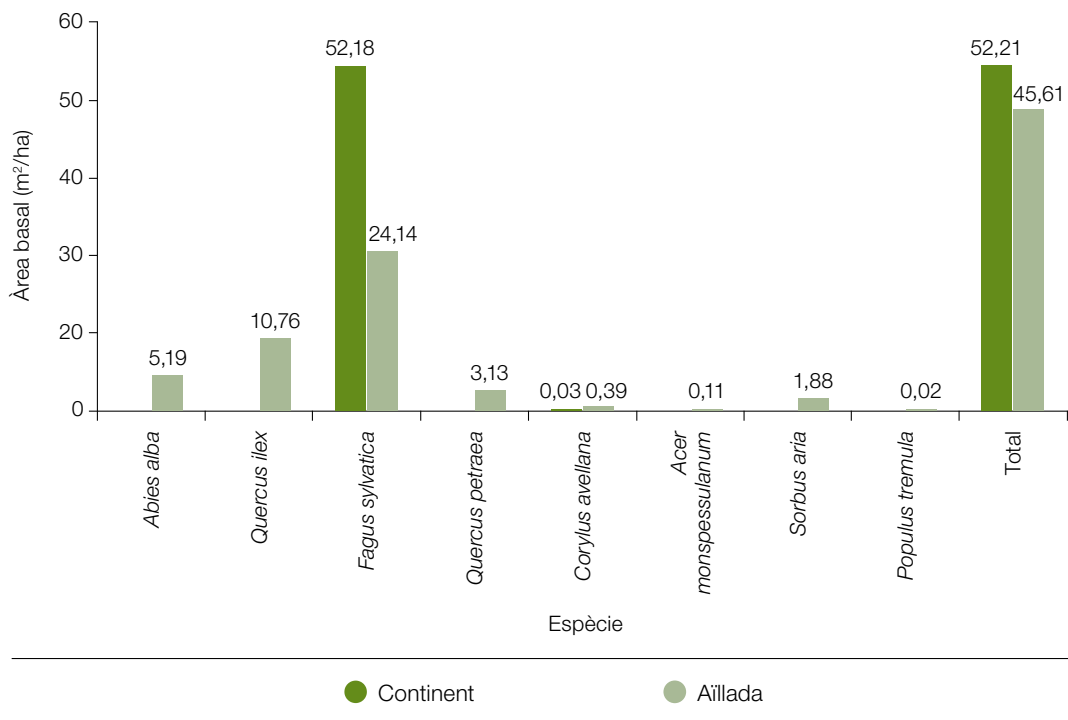
En conjunt, aquests resultats mostren un procés d'aforestació i de regressió dels espais oberts durant el període 1945-2015, que s'explica principalment per la regressió de les activitats forestals (tala i carboneig) i ramaderes a l'àmbit d'estudi i que s'inscriu en una tendència més general al Montseny.

Pel que fa a l'estructura forestal, l'anàlisi de les parcel·les mostra que a les zones continentals el faig és, en la pràctica, l'única espècie arbòria present, mentre que

a les zones aïllades hi ha una diversitat d'espècies més elevada, que entren en competència amb el faig. L'alzina és abundant en algunes d'aquestes zones, on disputa el paper d'espècie dominant al faig.

En el cas de les zones de continent, la pràctica totalitat de l'àrea basal correspon al faig (52,18 m²/ha), i és testimonial la presència de l'avellaner (0,03 m²/ha) (gràfic 2). Per contra, a les zones aïllades, el faig continua sent dominant (24,14 m²/ha; prop del 53 % del total), seguit de l'alzina (10,76 m²/ha; una mica més del 23 % del total) i l'abet (5,19 m²/ha; 11 % del total). El roure de fulla gran té una àrea basal de 3,13 m²/ha, gairebé el 7 % del total. L'àrea basal de la resta d'espècies (moixera, avellaner, auró negre) és més reduïda, i la presència de trèmol és pràcticament testimonial.

Gràfic 2. Valor mitjà de l'àrea basal (m²/ha) per espècie i valor total en zones de continent i en zones aïllades



Font: elaboració pròpia.

La figura 1 mostra un sector d'orientació nord de la zona d'estudi que permet observar-hi el procés d'insularització de la fageda. Es distingeix una zona de continent de fageda, a la part superior esquerra de la imatge. Es pot apreciar també l'existència de diferents zones de península de fageda a la part dreta de la imatge, en una zona on entra en competència amb l'alzinar, amb una orientació una mica menys obaga. S'observa també l'existència d'illes de fageda envoltades d'alzinar en aquesta mateixa zona. A la part inferior de la imatge, s'observen altres illes, envoltades novament d'alzinar. Cal destacar també la presència d'illes d'alzinar dins la

fageda, a mitja alçada, algunes de les quals amb una grandària significativa. Al seu torn, s'observa també la presència d'illes d'abet.

Figura 1. Procés d'insularització a Vallforners



Qi: *Quercus ilex*; Fs: *Fagus sylvatica*; Aa: *Abies alba*; C: continent; P: península; I: illa

Font: elaboració pròpia.

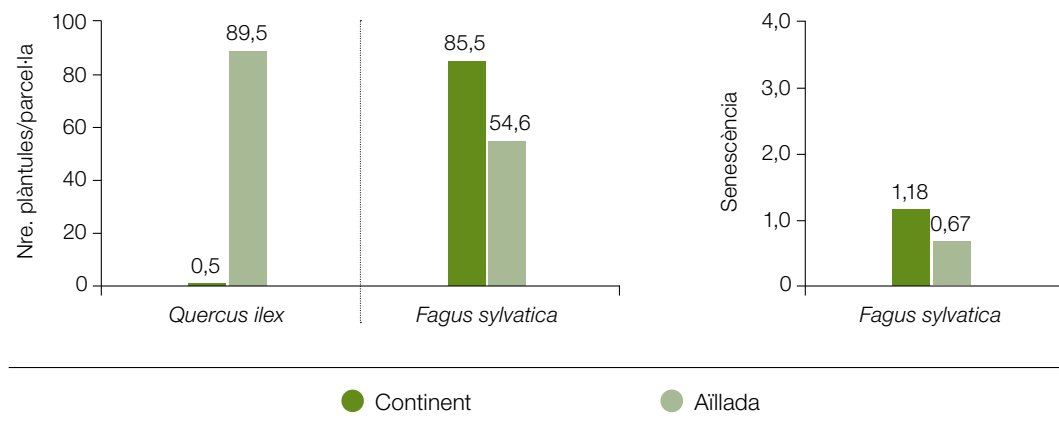
A continuació, es presenten els resultats obtinguts en el càlcul de senescència i reclutament a les parcel·les estudiades, distingint entre zones de continent i zones aïllades (gràfic 3). En el cas del reclutament de l'alzina s'observa que és molt més gran a les zones aïllades (89,5 plàntules per parcel·la) que en les zones continentals (0,5 plàntules per parcel·la), on s'obté un valor molt baix. En qualsevol cas, la presència de reclutament d'alzina en zones continentals, on no se n'han inventariat exemplars adults, indicaria una tendència incipient a la colonització per part de l'alzina.

En el cas del faig, el reclutament és un 36 % més baix a les zones aïllades (54,6 plàntules/ha) que a les zones continentals (85,5 plàntules/ha). En aquestes zones, la dominància del faig és menor, com s'ha observat en l'anàlisi d'estructura forestal. Si es compara el reclutament en zones aïllades d'alzina i de faig, s'observa que la segona té un 39 % menys de reclutament. Aquest fet seria indicador de la competència entre la fageda i l'alzinar en aquestes zones aïllades, i que l'alzina té més èxit a l'hora de generar plàntules.

Respecte a la senescència (gràfic 3), la comparativa entre els valors de faig ens mostra que en zones de continent els valors mitjans (1,18) són pràcticament el doble que en zones aïllades (0,67). Aquest resultat contradiu la hipòtesi inicial, que

la senescència seria més gran en zones aïllades com a efecte de l'increment de temperatura. El resultat suggereix que, en aquest cas, el principal factor explicatiu seria el canvi d'usos del sòl, resultat d'una disminució de les activitats agrosilvopastorals a la zona d'estudi, i que les fagedes localitzades en zones aïllades estan formades per individus més joves i, per tant, menys afectats per processos de senescència. En analitzar aquests resultats, cal tenir en compte que, generalment, el reclutament és més sensible als canvis en el clima que la senescència i la mortalitat (JUMP *et al.*, 2007).

Gràfic 3. Reclutament d'alzina i faig en zona de continent i en zona aïllada (plàntules per parcel·la) i senescència de faig en zona de continent i en zona aïllada (valor mitjà)



Font: elaboració pròpia.

Conclusions

Aquest treball mostra que el canvi d'usos i cobertes del sòl és el principal procés que afecta els biomes en l'àrea d'estudi, modulats pels efectes relacionats amb l'increment de temperatura. Per tant, es verifica parcialment la hipòtesi de treball. Els resultats obtinguts suggereixen que en el cas de l'alzina i el faig s'està iniciant un procés d'insularització del faig i de substitució per alzina en zones que s'estarien convertint en més favorables per a la segona espècie.

Es considera necessari fer un seguiment periòdic a llarg termini de les manifestacions del canvi global al Montseny, per poder analitzar si les tendències detectades tenen una continuïtat en el temps, així com la seva evolució. Es planteja també la necessitat d'ampliar el seguiment a altres zones del massís amb alta sensibilitat, per obtenir-ne una base de dades més àmplia i representativa. Els efectes del canvi global sobre els biomes són processos complexos que requereixen aproximacions a diferents escales. Així doncs, aquest treball es planteja com un punt de partida per al seguiment del canvi global al massís del Montseny, en un paisatge sentinella d'alta capacitat bioindicadora.

Agraïments

Aquesta recerca ha tingut el suport del Consell Científic del Comitè Espanyol del Programa MaB i ha estat finançat per l'Organisme Autònom de Parcs Nacionals, del Ministeri d'Agricultura i Pesca, Alimentació i Medi Ambient, per la Diputació de Barcelona i per la Diputació de Girona.

Volem agrair el suport rebut des del Parc Natural i Reserva de la Biosfera del Montseny, així com la informació aportada per Miquel Cuch (Can Cuch, Cànoves).

Bibliografia

- BOADA, M. (2001): *Manifestacions del canvi ambiental global al Montseny*. Tesi doctoral. Bellaterra: Departament de Geografia. Universitat Autònoma de Barcelona.
- BOADA, M. (1997): «La descoberta del periglacialisme al Montseny. Una aportació «viva» de Salvador Llobet al coneixement de la geografia ambiental del massís». *Documents d'Anàlisi Geogràfica*, núm. 30; p. 139-148.
- BOLÒS, O. de (1983): *La vegetació del Montseny*. Barcelona: Diputació de Barcelona.
- DE VRIES, W.; *et al.* (1999): *Intensive Monitoring of Forest Ecosystems in Europe. Technical Report 1999*. Brussel·les-Ginebra: EC - UN/ECE.
- INSTITUT CARTOGRÀFIC I GEOLÒGIC DE CATALUNYA (ICGC): <<http://www.icgc.cat/>>.
- JUMP, A. S.; HUNT, J. M.; PEÑUELAS, J. (2007): «Climate relationships of growth and establishment across the altitudinal range of *Fagus sylvatica* in the Montseny Mountains, northeast Spain». *Ecoscience*, núm. 14; p. 507-518.
- LLOBET, S.: *El medi i la vida al Montseny*. (Reed., 1990). Barcelona: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 1947.
- PEÑUELAS, J.; BOADA, M. (2003): «A global change-induced biome shift in the Montseny mountains (NE Spain)». *Global Change Biology*, núm. 9; p. 131-140.