

Canvis en la superfície i el grau de fragmentació del bosc a la plana del Vallès entre els anys 1993 i 2000

Joan Pino
Ferran Rodà

Find similar papers at core.ac.uk

provided by Diigo

Universitat Autònoma de Barcelona. Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals (CREAF)
08193 Bellaterra (Barcelona), Spain
joan.pino@uab.cat

Data de recepció: gener del 2006

Data d'acceptació definitiva: novembre del 2007

Resum

En aquest article s'hi analitzen la variació en la superfície de bosc, el grau de fragmentació, les cobertes d'origen del bosc guanyat i la mida i la forma dels polígons de bosc perduts i guanyats a la plana del Vallès entre 1993 i 2000, combinant les dues edicions del mapa de cobertes del sòl de Catalunya (MCSC) amb el SIG MiraMon. La disminució del bosc dens no de ribera en aquesta zona ha estat gairebé del 3% en el període d'estudi. El bosc perdut ha esdevingut majoritàriament superfície forestal no arbrada (matollars i prats), urbana i agrícola. També hi ha hagut una certa recuperació de bosc, que no compensa les pèrdues i que prové principalment de cobertes forestals no arbrades i de conreus. S'observa també un increment de la fragmentació del bosc, que ha afectat a més del 10% de la superfície de les grans àrees boscoses. S'hi comenten finalment la validesa del mètode i les implicacions ecològiques i de conservació d'aquests resultats.

Paraules clau: fragmentació, canvis en les cobertes i usos del sòl, mapa de cobertes del sòl de Catalunya, ecologia del paisatge, Vallès, àrea metropolitana de Barcelona.

Resumen. *Cambios en la superficie y el grado de fragmentación del bosque en el llano del Vallès entre los años 1993 y 2000*

En el presente artículo se analizan la variación en la superficie de bosque, su fragmentación, las cubiertas de origen del bosque ganado y de destino del bosque perdido y el tamaño y la forma de los polígonos de bosque perdidos y ganados en el llano del Vallès (área metropolitana de Barcelona) entre 1993 y 2000, combinando las dos ediciones del mapa de cubiertas del suelo de Cataluña (MCSC) con el SIG MiraMon. La disminución del bosque denso no de ribera en esta zona ha sido de casi el 3% en el periodo estudiado. El bosque perdido ha pasado a ser mayoritariamente superficie forestal no arbolada (matorrales y prados), urbana y agrícola. También ha habido una cierta recuperación de bosque que no compensa las pérdidas y que proviene principalmente de cubiertas forestales no arboladas y de cultivos. Se observa también un incremento de la fragmentación del bosque en la zona de estudio, que ha afectado a más del 10% de la superficie de las grandes áreas forestales. Se comentan, finalmente, la validez del método y las implicaciones ecológicas y de conservación de estos resultados.

Palabras clave: fragmentación, cambios en las cubiertas y usos del suelo, mapa de cubiertas del suelo de Cataluña, ecología del paisaje, Vallès, área metropolitana de Barcelona.

Résumé. *Changements de la surface et la fragmentation de la forêt dans la plaine du Vallès entre 1993 et 2000*

Les changements de la surface de forêt, la fragmentation, les couvertures d'origine de la forêt gagnée et du destin de la forêt perdue, et la taille et forme des taches gagnées et perdues de forêt entre 1993 et 2000 ont été évalués à la plaine du Vallès (aire métropolitaine de Barcelone), en combinant les deux éditions de la carte de couverture du sol de la Catalogne (MCSC) avec le SIG MiraMon. La forêt dense non de galerie est réduite d'un 3% à l'aire d'étude. Il y a eu un petit rétablissement de forêt qui n'a pas compensé les pertes et qui viens principalement des fourrés-pelouses et des cultures. On a également observé une augmentation de fragmentation de la forêt, affectant plus de 10% de la surface des grandes aires forestières. On commente finalement l'utilité de la méthodologie et les implications écologiques de ces résultats pour la conservation.

Mots clé: fragmentation, changement des couvertures et des usages du sol, carte des couvertures du sol de la Catalogne, écologie du paysage, Vallès, aire métropolitaine de Barcelone.

Abstract. *Changes in forest area and fragmentation in the Vallès lowlands between the years 1993 and 2000*

Changes in forest area, forest fragmentation, the land cover classes of origin of the gained forest and of destiny of the lost forest, and size and form of the gained and lost forest patches were evaluated in the Vallès lowlands (Barcelona Metropolitan Area) between 1993 and 2000, by combining the two editions of the land cover map of Catalonia (MCSC) using the MiraMon SIG. The area occupied by dense, non-riparian forest decreased by 3% in the studied period. The lost forest has been substituted by shrublands-grasslands, urban land, and croplands. There has been a small recovery of forest as well, mainly from shrublands-grasslands and croplands, which does not compensate the forest loss. An increase of forest fragmentation has also been observed, affecting more than 10% of the surface of the large forest areas. The validity of the methodology and the ecological implications of these results for conservation are finally addressed.

Key words: fragmentation, land use and cover change, land cover map of Catalonia, landscape ecology, Vallès, Barcelona Metropolitan Area

Sumari

Introducció	Resultats
Objectius	Discussió
Zona d'estudi	Agraïments
Material i mètode	Referències bibliogràfiques

Introducció

Vivim immersos en un procés accelerat de canvi d'usos del sòl que constitueix un dels components més rellevants de l'anomenat *canvi global*. L'activitat humana porta associada una progressiva apropiació de territori, fins al punt que la major part dels ecosistemes terrestres es troben actualment modificats per l'activitat humana en un grau més o menys elevat (Vitousek i altres, 1997). La regió metropolitana de Barcelona és un dels territoris d'Europa on aquest procés de canvi ha estat i continua essent més intens (Marull i Mallarach, 2005). En aquest territori, s'hi ha urbanitzat, durant el període 1972-1992, una superfície equivalent a la construïda des dels inicis de la història (Acebillo i Folch, 2000).

Un dels processos associats al canvi d'usos del territori per causes antròpiques és la fragmentació dels hàbitats preexistents. Aquesta fragmentació comporta, de manera general, la divisió de les peces (tessel·les) d'hàbitat en unitats més petites (Forman, 1995; Haila, 2002) i en la major part de casos comporta també una reducció de la quantitat d'hàbitat (Saunders i altres, 1991; Meffé i Carroll, 1994; Fahrig, 2003). La fragmentació té efectes notables sobre la mida, el nombre i el grau d'aïllament dels fragments resultants. Aquests afecten, a la vegada, les espècies que integren els hàbitats i també molts dels processos ecològics d'aquells (Soulé, 1987; Pickett i White, 1985; Forman, 1995).

La desforestació ha estat documentada de forma extensiva a nivell global, però especialment als boscos primaris tropicals, on l'impacte sobre la regulació del clima i del cicle de carboni i sobre la conservació de la biodiversitat és especialment gran (vegeu Wade i altres, 2003). Els efectes de la fragmentació sobre la qualitat de l'hàbitat i la biodiversitat dels boscos són també molt coneguts (Gascon i Lovejoy, 1998; Carvalho i Vasconcelos, 1999; Scariot, 1999; Jules i altres, 1999; Hargis i altres, 1999; Kurki i altres, 2000; Laurance i altres, 2000; Virgos, 2001).

Malgrat que tots els grans tipus de bosc del món experimenten una reducció de la seva superfície i una fragmentació i una degradació progressives, els boscos del bioma mediterrani han resultat particularment afectats, en temps històrics, per aquests processos (Wade i altres, 2003; Trabaud, 1981; Bárbero i altres, 1990; Blondel i Aronson, 1999). Els progressius canvis d'usos del sòl han causat la fragmentació dels boscos mediterranis, principalment en aquelles zones àmpliament habitades, inicialment com a conseqüència de l'activitat ramadera i agrícola i, després, per processos d'industrialització, urbanització i construcció d'infraestructures (Debussche i altres, 1999). Tanmateix, durant el darrer segle, els boscos mediterranis han experimentat evolucions diferents pel que fa a la seva extensió, estructura i composició en funció de la seva situació geogràfica. A les zones de muntanya, l'abandonament dels camps de cultiu i de les pastures ha implicat una notable recuperació del bosc (Preiss i altres, 1997). En canvi, a les planes fèrtils i a la costa, l'activitat humana s'ha intensificat com a resultat de l'agricultura industrial i del creixement urbanístic, i els fragments de bosc han esdevingut cada cop més escassos i aïllats (Herrando, 2001).

Durant les darreres dècades, els treballs que quantifiquen els canvis de cobertes i usos del sòl a Catalunya han estat cada cop més freqüents, fruit de l'acumulació progressiva d'informació de base (fotografies aèries, ortoimatges, imatges de satèl·lit i mapes de cobertes i usos del sòl, en formats analògic i digital) i del desenvolupament paral·lel del maquinari i el programari necessaris per fer-ne la interpretació, la classificació i la comparació (particularment associats al món del SIG i la teledetecció; Pons, 1996; Serra i Pons, 2003). A la regió metropolitana de Barcelona cal esmentar un primer treball que quantifica de forma global els canvis en les cobertes i els usos del sòl que hi tingueren lloc entre 1965 i 1973 (Camarasa i altres, 1977). Es van obtenir estadístiques sumàries d'aquests canvis comparant les cobertes del sòl d'un conjunt de punts de mostreig disposats a l'atzar sobre fotografies aèries de 1965 i el primer mapa de paisatge vegetal per a la regió (1973). Treballs més recents s'han remuntat més enrere en el temps, tot i que sovint se centren en la quantificació de l'expansió urbana (Solans, 2002; Marull i Mallarach, 2005). També cal esmentar que, des de 1987, l'Institut Cartogràfic de Catalunya proporciona cada cinc anys una classificació de les cobertes i els usos del sòl de Catalunya a partir d'imatges Landsat (vegeu-ne la metodologia bàsica a Viñas i Baulies, 1995), la combinació de les quals permetria efectuar una radiografia periòdica dels canvis a tot el país.

En general, però, les anàlisis dels canvis de cobertes i usos del sòl a casa nostra no han disposat fins ara de cartografia prou fina per avaluar amb detall els patrons de fragmentació de les diverses cobertes i usos, per la qual cosa cal treballar amb les característiques (mida, forma, connectivitat) de les àrees de canvi. El mapa de cobertes del sòl de Catalunya (MCSC; <http://www.creaf.uab.es/mcsc/>) obre la possibilitat de fer aquesta mena d'estudis, atesa la seva escala de treball (inferior a 1:5000) i el seu format vectorial. El fet de disposar de dues edicions que daten dels anys 1993 i 2000 permet, a més, fer anàlisis dels canvis més recents. Burriel i altres (2005) fan una primera avaluació dels canvis de cobertes i usos del sòl a la regió metropolitana de Barcelona a partir de la simple combinació de versions trama-des de les dues edicions del MCSC. L'estudi, tanmateix, no fa cap avaluació dels patrons de fragmentació entre les dates d'estudi i, a més, no incorpora cap tractament per fer la correcció de les inconsistències entre les dues edicions del mapa.

Objectius

L'objectiu principal d'aquest treball és avaluar, a una escala particularment detallada, els canvis recents en la quantitat i la configuració espacial del bosc a la plana del Vallès entre 1993 i 2000, a partir de la informació que proporcionen les dues versions del MCSC. Aquest objectiu es concreta en l'interès d'obtenir estimacions prou precises de la magnitud dels canvis en la superfície total de bosc, el grau de fragmentació d'aquest, els tipus de cobertes d'origen del bosc guanyat i de destí del bosc perdut, i la mida i la forma dels polígons de bosc perduts i guanyats.

Alhora, però, el treball pretén valorar l'ús del MCSC en l'estudi dels canvis de les cobertes i els usos del sòl a escala detallada. També pretén fer una

contribució a la metodologia d'aquesta anàlisi, mitjançant l'emissió de propostes pel que respecta a la combinació de les diverses edicions del mapa, la revisió dels canvis obtinguts i la depuració de les inconsistències resultants.

Zona d'estudi

L'àmbit seleccionat per realitzar aquest estudi abasta pràcticament la totalitat de la plana del Vallès Oriental i el sector adjacent de la plana del Vallès Occidental (figura 1). Se n'ha exclòs expressament la resta de la plana del Vallès Occidental perquè en aquesta zona disminueix força l'abundància de clapes aïllades de bosc més o menys petites, i perquè el clima és més sec que al Vallès Oriental, amb la qual cosa disminueix la relativa homogeneïtat climàtica amb la resta de la plana. L'àmbit d'estudi s'estén llavors entre Castellar del Vallès, a l'extrem oest (UTM: 424985, 4608602), i Gualba, a l'extrem nord-est (UTM: 461871, 4618607). Té forma de triangle orientat en direcció SW-NE, que segueix l'eix de la depressió del Vallès (figura 1). La base SW del triangle té una amplada de 16 km i es va estrenyent fins als 3,4 km del seu límit a l'extrem NE. La longitud de l'àmbit d'estudi és d'uns 36 km, i la seva àrea total fa

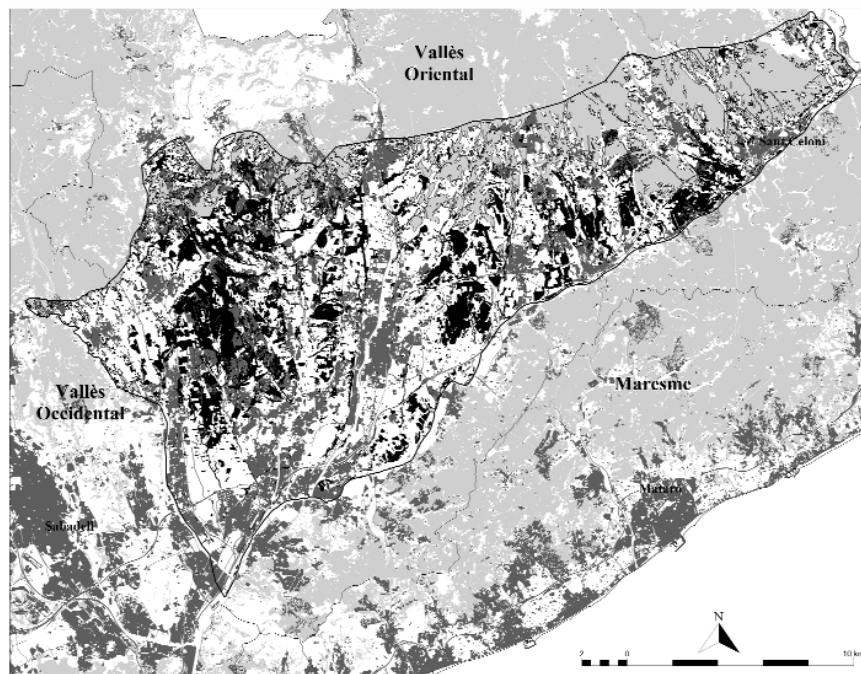


Figura 1. Àmbit d'estudi a la plana del Vallès amb la distribució del bosc l'any 2000. Se'n separen les clapes de bosc aïllades dins la plana de la resta del bosc.

35.453 ha. El 92% de la superfície de l'àmbit pertany al Vallès Oriental i el 8%, al Vallès Occidental. Hi ha 36 municipis inclosos en l'àmbit de manera total o parcial, 31 dels quals pertanyen al Vallès Oriental. L'altitud varia dins de l'àmbit d'estudi entre 41 i 536 m sobre el nivell del mar.

La delimitació de la plana s'ha fet agafant com a límit nord amb la serralada prelitoral el pendent de 20°. A la meitat oriental de l'àmbit, aquest límit nord coincideix sensiblement amb la falla que separa la depressió del Vallès de la serralada prelitoral. A la meitat occidental, el límit nord de l'àmbit discorre una mica al nord de la falla, i deixa dins l'estudi les zones granítiques al sud de Sant Feliu de Codines i al voltant de Caldes de Montbui. Al sud, el límit escollit ha estat l'autopista AP-7 des de l'extrem nord-est de l'àmbit fins a la Roca, i la llera del Mogent-Besòs a partir d'aquest punt. Aquest límit sud coincideix sensiblement amb el límit entre la serralada litoral i la depressió del Vallès, excloent-ne, però, a l'extrem sud, l'estret sector de la plana a la riba esquerra del Besòs (rodalies de Martorelles i de Montornès), que conté ben poc bosc a la plana. A l'oest, el límit de l'àmbit d'estudi inclou el nucli urbà de Sentmenat i va després a buscar la riera de Caldes. A l'est, l'àmbit d'estudi acaba 5 km més enllà de Sant Celoni, just abans de Riells i Viabrea.

Material i mètode

El mapa de cobertes del sòl de Catalunya

Com a material de base per a l'estudi, s'han fet servir les dues edicions existents del mapa de cobertes del sòl de Catalunya (en endavant, *MCSC*), generat pel CREAf (<http://www.creaf.uab.cat/mcsc/>). El MCSC és una cartografia temàtica d'alta resolució dels tipus de cobertes principals del sòl del país (boscos, conreus, zones urbanitzades, etc.), generada exclusivament a partir del treball de gabinet sobre els ortofotomapes color de l'ICC. La primera edició es va aixecar sobre els ortofotomapes color 1:25.000 de l'ICC de 1993 (2,5 m de mida de píxel), mentre que la segona s'està generant actualment utilitzant els ortofotomapes color 1:5.000 de l'ICC (0,5 m de mida de píxel) que daten del 2000 i ja és diponible per a tota la regió metropolitana de Barcelona. L'ús d'ortoimatges de resolució diferent ha comportat, òbviament, l'aparició d'inconsistències entre els mapes de cobertes resultants. En efecte, la primera edició del MCSC es va digitalitzar a una escala aproximada de 1:3000, mentre que la segona s'ha digitalitzat a 1:1500. A més, la primera edició del MCSC no separava les petites illes de vegetació incloses en àrees urbanes, mentre que la versió del 2000 sí que ho fa.

Interpretació dels canvis en el bosc

L'anàlisi dels canvis en el bosc des d'un punt de vista topològic s'ha abordat mitjançant un complex procés SIG dut a terme totalment amb el programa MiraMon (http://www.creaf.uab.es/mirammon/index_ca.htm). Les àrees de bosc s'han

estimat a partir dels mapes de cobertes del sòl de Catalunya (MCSC) de 1993 (ed.1) i de 2000 (ed.2). D'aquests mapes, se n'han seleccionat els polígons de bosc dens (més del 20% de cobertura arbòria segons els criteris del MCSC), se n'han exclòs, per tant, els boscos esclarissats (que són, de fet, formacions herbàcies o arbustives amb arbres dipersos) i les formacions de ribera que pertanyen a un context ecològic particular. Tampoc no s'hi han considerat les plantacions de pollancre ni de plàtans. Aquest bosc dens i no de ribera (en endavant, *bosc dens*) representava l'any 2000 un 96% del total de bosc a la zona d'estudi.

Un cop seleccionats, els polígons de bosc de les dues edicions del MCSC han estat desats en dues capes noves de polígons, una per al 1993 i una altra per al 2000. Totes dues capes de polígons han estat combinades entre si amb l'aplicació COMBICAPA de MiraMon. S'ha generat una nova capa amb dos camps lògics per polígon (*bosc1993* i *bosc2000*) que recullen la presència (1) o absència (0) de bosc el 1993 i el 2000, respectivament. De la combinació d'aquests dos camps, se'n deriven tres situacions possibles pel que fa al bosc: 1) present el 1993 i el 2000; 2) present el 1993 i absent el 2000, i 3) present el 2000 però absent o no considerat bosc el 1993. La quarta situació possible, absent el 1993 i el 2000, no ha estat considerada per raons òbvies.

Com ja s'ha comentat abans, es preveïen inconsistències entre les dues edicions del mapa a causa de la resolució diferent de la informació de base i dels canvis en la metodologia de fotointerpretació. Gran part de les diferències entre els polígons de bosc de 1993 i 2000 podien ser, llavors, degudes a aquests canvis metodològics entre edicions del MCSC i no a canvis reals en el territori. Per discriminar entre els canvis metodològics i els reals, s'ha fet una revisió exhaustiva de tots els canvis aparents detectats a partir de la simple combinació de les dues capes de polígons de bosc. En primer lloc, s'han eliminat tots aquells polígons de canvi aparent (de bosc a no bosc o viceversa) que tenien una superfície inferior a 500 m², perquè aquesta és la superfície mínima cartografiada al MCSC. En aquests polígons, s'hi ha copiat el valor del camp *bosc2000* al *bosc1993*, amb la qual cosa s'ha eliminat el canvi entre totes dues dates. La resta dels polígons han estat revisats sistemàticament, consultant les ortoimatges originals del 1993 i del 2000.

S'han obtingut, així, dues noves capes de polígons que contenen els boscos de 1993 i de 2000, després de les revisions fetes. Per a cadascun dels dos anys considerats, els polígons de bosc d'aquestes capes revisades s'han classificat en tres categories a partir de la seva mida i del percentatge de la seva superfície que queda dins l'àmbit d'estudi:

- Grans àrees boscoses, que tenen continuïtat física amb la serralada prelitoral: són polígons de més de 600 ha amb més del 5% de la seva superfície total fora de l'àmbit.
- Clapes de bosc perifèriques, que només en part són dins l'àmbit: totes tenen menys de 600 ha i més del 5% de la seva superfície total fora de l'àmbit.
- Clapes de bosc aïllades a la plana, que tenen menys del 5% de la seva superfície total fora de la plana; totes tenen una superfície inferior a 600 ha.

La separació entre clapes i grans àrees boscoses s'ha fixat en 600 ha, perquè totes les clapes de bosc aïllades dins la plana són inferiors a aquesta superfície. El percentatge de la superfície dels polígons situada fora de la plana del Vallès s'ha obtingut comparant l'àrea de cada polígon a la zona d'estudi estricta amb l'obtinguda considerant, a més, un *buffer* de 2000 m al seu voltant. S'ha estimat que aquesta amplada era prou gran per englobar totalment les clapes perifèriques i així calcular el percentatge de clapa dins la zona d'estudi. No hi ha cap àrea boscosa de més de 600 ha amb menys d'un 5% de la seva superfície total fora de la plana.

Balanç entre el bosc guanyat i el perdut

Un cop classificats els polígons de bosc en aquestes tres categories, les capes revisades s'han combinat per obtenir els canvis en la superfície de bosc dens, detallant les hectàrees guanyades (en endavant, *bosc guanyat*) per la incorporació de bosc nou i perdudes (en endavant, *bosc perdut*) per la desaparició de bosc de 1993; i els canvis, en percentatges de la superfície de bosc del 1993, d'una categoria de bosc a l'altra entre 1993 i 2000.

Cobertes d'origen i de destí del bosc guanyat i del perdut

S'ha avaluat la importància (en percentatge de la superfície de bosc dens no de ribera) de les diverses cobertes de 1993 en l'origen del nou bosc i de les cobertes del 2000 com a destí del bosc perdut en el període d'estudi. La capa amb la combinació dels polígons de bosc de 1993 i 2000 revisats s'ha fet servir per generar dues imatges tramades amb una resolució (costat del píxel) de 2 m: l'una, amb el bosc perdut, i l'altra, amb el bosc guanyat. Aquestes versions tramades han estat combinades, respectivament, amb les edicions 2 i 1 del MCSC, a les quals s'havien incorporat prèviament les correccions sobre el bosc derivades de la interpretació dels canvis. S'han generat, llavors, versions tramades d'aquests mapes corregits, les quals s'han combinat amb les del bosc guanyat i perdut amb l'aplicació COMBICAPA de MiraMon. A partir d'aquestes combinacions, s'ha determinat, finalment, la importància (en percentatge sobre la superfície total) de cada coberta d'origen i de destí en el bosc guanyat i perdut.

Mida i forma del bosc guanyat i del perdut

La mida i la forma dels fragments d'hàbitat són atributs molt relacionats amb els patrons de fragmentació, la intensitat dels factors que els determinen i els efectes sobre el funcionament ecològic dels fragments d'hàbitat (Forman, 1995). S'ha analitzat la mida i la forma dels polígons de canvi de bosc, en conjunt i classificats segons la coberta d'origen o de destí majoritària. La mida correspon directament a la superfície en metres quadrats dels polígons. La forma s'ha estimat a partir del perímetre normalitzat o quocient entre el perí-

metre real i el mínim possible, corresponent al d'un cercle de la mateixa àrea que el polígon en qüestió. Utilitzant la informació sobre les cobertes d'origen i de destí majoritàries obtinguda a l'anàlisi prèvia, s'han comparat les distribucions de mida i de perímetre normalitzat de la totalitat de polígons de bosc perdut i de bosc guanyat i, només per a les cobertes majoritàries, els polígons de bosc perdut i guanyat amb cobertes d'origen i de destí coincidents. Totes les comparacions s'han dut a terme mitjançant estadística no paramètrica (test de rangs de Wilcoxon), atesa la impossibilitat de normalitzar les distribucions, la diferència de mida de mostra i la no-independència dels conjunts comparats.

Resultats

Balanç entre el bosc guanyat i el perdut

L'any 2000, prop del 30% de l'àmbit d'estudi era encara cobert per bosc dens (taula 1). Aproximadament la meitat d'aquest bosc es distribuïa en grans àrees boscoses que tenen continuïtat en la serralada prelitoral i l'altra meitat, en clapes de bosc aïllades dins la plana. Entre 1993 i 2000, s'hi ha observat una disminució de 285 ha de la superfície d'aquest bosc, que ha passat de 10.720,2 ha a 10.435,2 ha (30,2 i 29,4% de l'àmbit d'estudi, respectivament). Aquesta disminució és el resultat d'un balanç negatiu entre pèrdues (843,4 ha) i guanys (558,4 ha).

La distribució espacial de les àrees de bosc perdut i guanyat mostra només un cert patró geogràfic a escala general (figura 2): els guanys i les pèrdues més destacats es concentren al límit N de la zona d'estudi, particularment boscos pel contacte de la plana del Vallès amb la serralada Prelitoral. El bosc perdut es concentra una mica més als límits E i W d'aquesta franja de contacte, fruit de l'efecte de diversos focs forestals (Bigues i Riells, Gualba, Granera, etc.). A la resta de la plana, els polígons de bosc guanyat i perdut s'escampen sense cap raó aparent, tret de l'adjacència dels boscos dels quals formaven part o han passat a formar part.

Taula 1. Superfície i percentatge dels diversos tipus de bosc dens no de ribera a la plana del Vallès per a les dates estudiades. Els percentatges del bosc total corresponen a la superfície de l'àmbit d'estudi, i els de les diverses categories, a la del bosc total.

Categoria de bosc	Superfície (ha)		Percentatge	
	1993	2000	1993	2000
Grans àrees boscoses	5.787,2	5.090,3	54,0	48,8
Clapes de bosc aïllades perifèriques	23,4	462,8	0,2	4,4
Clapes de bosc aïllades dins la plana	4.909,5	4.882,0	45,8	46,8
Total	10.720,2	10.435,2	30,2	29,4



Figura 2. Distribució dels polígons de bosc guanyat i perdut a la zona d'estudi entre els anys 1993 i 2000.

La taula 2 recull la distribució del bosc perdut i guanyat per tipus de bosc. El balanç net de pèrdues i guanys dóna una lleugera pèrdua neta de bosc a les clapes aïllades: han disminuït 93,3 ha en set anys, reducció equivalent a l'1,9% de l'àrea de 1993. Les grans àrees boscoses tenen un balanç net encara més fortament negatiu: han perdut 241,8 ha de bosc, el 4,2% de la superfície que tenien el 1993. La pèrdua o el guany de bosc no és l'únic procés que afecta aquestes categories: també hi ha tingut lloc un notable transvasament de bosc des de les grans àrees boscoses cap a les clapes aïllades, com a resultat de la fragmentació de les primeres: 582 ha, el 5,4 % de la superfície de bosc total i el 10,1 % de la superfície d'aquestes grans àrees el 1993 (taula 3). També es dóna el procés invers (agregació de clapes aïllades a les grans àrees boscoses), però aquest és menys important (2,2% de les grans àrees boscoses de 1993). La resultant neta de tots dos processos és, llavors, clarament favorable a la fragmentació (taula 3).

Taula 2. Superfície (ha) i percentatge respecte de 1993 (%) de bosc dens no de ribera guanyat i perdut entre els anys 1993 i 2000, total i distribuït per categoria de bosc. Els percentatges són, en tots els casos, sobre la superfície total de bosc del 1993, no sobre la superfície de cada categoria de bosc del 1993. Per tant, els percentatges de guanys o pèrdues per categoria sumen el percentatge de guany o pèrdua del bosc total.

Categoria de bosc	Bosc guanyat		Bosc perdut		Increment	
	ha	%	ha	%	ha	%
Bosc total	558,4	5,2	843,4	7,9	285,0	-2,7
Grans àrees boscoses	128,7	1,2	370,4	3,5	241,8	-2,3
Clapes de bosc aïllades perifèriques	51,2	0,5	1,1	0,0	50,1	0,5
Clapes de bosc aïllades dins la plana	378,5	3,5	471,8	4,4	-93,3	-0,9

Taula 3. Superfície (ha) i percentatge (respecte de la superfície de grans àrees forestals de 1993) de bosc dens no de ribera fragmentat (de grans àrees boscoses a clapes aïllades de bosc) i agregat (de clapes a grans àrees boscoses) entre els anys 1993 i 2000. El balanç correspon a la superfície agregada menys la fragmentada.

Procés	Superfície (ha)	Percentatge de les grans àrees boscoses de 1993
Fragmentació	582,0	10,1
Agregació	126,9	2,2
Balanç	-455,1	-7,9

Cobertes d'origen i de destí del bosc guanyat i del perdut

La taula 4 recull les cobertes d'origen i de destí del bosc guanyat i perdut, respectivament. Cal destacar els conreus i els hàbitats forestals no arbrats (matollars, prats i erms) com a fonts principals d'origen dels nous boscos. Hi ha també una petita recuperació de bosc a partir d'altres cobertes forestals (32,2 ha), que corresponen fonamentalment a àrees d'arbrat clar que s'han densificat durant el període d'estudi. Una petita superfície de bosc (4,4 ha) s'ha originat a partir de cobertes urbanes i d'ús lúdic.

El bosc perdut durant el període d'estudi ha esdevingut majoritàriament matollars i prats (350,9 ha) i urbà i viari (272,9 ha). Cal destacar una certa recuperació d'àrees agrícoles a partir del bosc (119,4 ha). Es produeix també una certa transició (55,1 ha) cap a unes altres cobertes forestals que inclouen el bosc clar (14,5 ha), però també plantacions boscoses com ara pollancredes i platanedes que s'han inclòs en aquesta categoria (29 ha). No es descarta que algunes d'aquestes transicions siguin degudes a errors de fotointerpretació, derivats de la qualitat de les imatges o de falles diverses en el procés.

Mida i forma del bosc guanyat i del perdut

Les mides dels polígons de bosc guanyat i perdut entre 1993 i 2000 són significativament diferents (figura 3; Z de Wilcoxon $-4,708$; $P < 0,001$). Els polígons de bosc perdut són, en general, de mida superior que els de bosc guanyat, amb uns valors mitjans respectius (\pm error estàndard) de $2.611,7 \pm 256,3$ i $1.753,3 \pm 58,7$ m². Seguint aquesta mateixa tendència, els polígons perduts que han esdevingut conreus són de mida significativament més gran que els originats a partir d'aquesta coberta ($Z = -4,520$; $P < 0,001$). En canvi, no s'observen diferències quan es comparen els polí-

Taula 4. Superfície (ha) de les cobertes d'origen del bosc dens no de ribera guanyat, i de les cobertes de destí del bosc perdut entre els anys 1993 i 2000. S'hi recull també la diferència entre bosc guanyat i bosc perdut per a cada coberta, en superfície (ha) i en percentatge sobre la superfície de bosc de 1993.

Coberta d'origen o destí	Bosc guanyat (ha)	Bosc perdut (ha)	Diferència (ha)	Diferència (% bosc de 1993)
Urbà i viari	23,4	272,9	-249,5	-2,3
Agrícola	315,1	119,4	+195,7	+1,8
Matollars i prats	182,1	350,9	-168,9	-1,6
Altres cobertes boscoses ¹	32,2	55,1	-22,9	-0,2
Ús lúdic ²	4,4	27,8	-23,4	-0,2
Altres ³	1,3	17,3	-16,1	-0,1

1. Inclouen boscos clars, boscos de ribera i plantacions de pollancre i plàtans.

2. Inclouen els camps de golf i el erd urbà i viari.

3. Abocadors, rius i les seves lleres, roquissars i zones d'extracció minera.

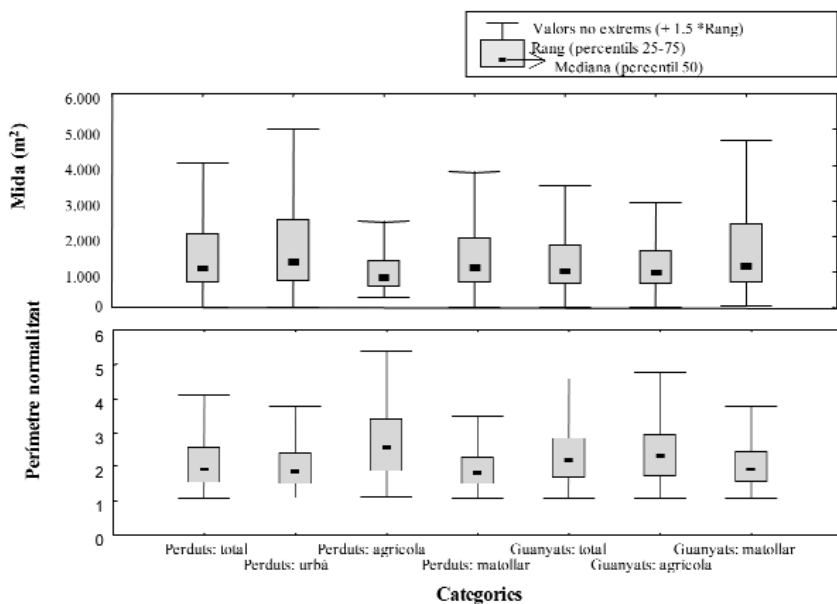


Figura 3. Estadístics de la mida (a dalt) i el perímetre normalitzat (a baix) de les clapes de bosc perdut i guanyat, totals i corresponents a les cobertes d'origen i de destí majoritàries (vegeu la taula 4).

gons originats a partir de matollars i prats i els que esdevenen aquestes cobertes ($Z = -0,134$; $P = 0,893$).

Els polígons del bosc guanyat i del perdut també difereixen en la forma (figura 3). En conjunt, els primers mostren un perímetre significativament normalitzat ($Z = -9,680$; $P < 0,001$) més gran que els segons (mitjana \pm error estàndard: $2,34 \pm 0,02$ per al bosc guanyat, $2,15 \pm 0,02$ per al bosc perdut), cosa que indica que són més allargats i/o convolutats que els darrers. Als polígons originats a partir de matollars i prats i el que esdevenen aquestes cobertes s'observa la mateixa tendència ($Z = -2,973$; $P < 0,01$). No obstant això, quan es comparen els polígons guanyats a partir de conreus amb els que es perden en benefici d'aquests, s'observa que els perduts tenen un perímetre normalitzat significativament més gran que els guanyats ($Z = -2,987$; $P < 0,001$).

Discussió

El bosc dens no de ribera és encara una coberta important a la plana del Vallès, atès que, segons el MCSC, ocupa aproximadament un 30% de la superfície d'aquest àmbit. Alhora, però, es constata una disminució d'un 3% de l'extensió de bosc en set anys (taula 1). No existeixen dades per a d'altres regions metropolitanas properes que ens permetin fer una comparança amb aquestes

taxes de pèrdua de bosc. A les àrees metropolitanes dels Estats Units, s'hi observen taxes de pèrdua de bosc molt variables però d'un ordre de magnitud similar: Minneàpolis-St. Paul en perdé un 5,6% entre 1991 i 1998 (Ward i Juzwik, 2005), mentre que Maryland en perdé un 3,5% de 1982 a 1997 (USDA Forest Service, <http://www.md.nrcs.usda.gov/technical/nritext.html>). A tota la regió metropolitana de Barcelona, la taxa de pèrdua de bosc entre 1993 i 2000 s'ha estimat en un 5% (Burriel i altres, 2005), tot i que caldria determinar quina part d'aquesta variació és deguda a inconsistències entre els dos mapes (Burriel, com. pers.).

El nostre treball aporta, a més, evidències que aquesta disminució de la superfície de bosc és un procés estès per tota la plana, tot i que amb una concentració als llocs amb més recobriment de bosc (el contacte amb la serralada prelitoral). És, a més, un procés complex, resultat d'un balanç entre pèrdues i guanys que determina una gran inestabilitat del bosc: entre 1993 i 2000, a la plana del Vallès s'han perdut 843,4 ha de bosc i només se n'han guanyat 558,4, cosa que dóna una disminució neta de 285 ha. Però també comporta que un total de 1.401,8 ha hagin canviat de coberta (des de o cap a bosc dens no de ribera) entre 1993 i 2000, cosa que representa una superfície equivalent al 13% del bosc de 1993.

El bosc perdut durant el període d'estudi ha esdevingut majoritàriament hàbitat forestal no arbrat, zones urbanes i camps de conreu, per aquest ordre. Això posa de manifest que, a més d'una esperable expansió urbana difusa (coneguda per *urban sprawl*) pròpia de moltes àrees metropolitanes, als voltants de Barcelona hi tenen un paper important els focs com a agents de pèrdua de superfície boscosa. Prop de 440 ha de la zona d'estudi van ser afectades per dos grans incendis de l'estiu de 1994 (segons dades proporcionades per l'ICC i processades per X. Pons): el de Bigues i Riells (2.500 ha) i el de Gualba-Breda (9.000 ha). Prop de 110 ha d'aquesta superfície cremada corresponen a boscos de la zona d'estudi que s'han perdut entre 1993 i 2000 (la resta dels focs queda fora de l'àmbit del present estudi). Cal tenir en compte que la simple ocurrència d'un gran foc, d'aparició totalment imprevisible i que comporta la pèrdua d'una gran massa de bosc en un sol episodi, pot representar la diferència entre un increment positiu o negatiu de la superfície de bosc per a un període determinat. La tercera posició dels conreus com a coberta de destí és també remarcable, atès que evidencia la persistència d'una certa ocupació o recuperació de sòls forestals per a l'agricultura. Sovint, però, es tracta d'un canvi de coberta que afecta zones marginals i que va lligada a l'ampliació de camps ja existents i a l'eliminació de marges forestals d'aquells.

Els canvis de coberta indiquen que la successió secundària després de l'abandonament de conreus i la densificació de la coberta arbrada en boscos clars, matollars i prats són els processos principals que han portat a l'origen de noves àrees de bosc a la plana del Vallès entre 1993 i 2000, tal com també s'ha esdevingut al conjunt de la regió metropolitana de Barcelona durant el mateix període (Burriel i altres, 2005). L'abandonament de conreus ha estat un dels motors que històricament ha comportat una recuperació del bosc a les regions

mediterrànies (Debussche i altres, 1999; Lloret i altres, 2002). Les petites superfícies de bosc originades a partir de cobertes urbanes i d'ús lúdic cal atribuir-les a àrees marginals, adjacents al bosc, incloses en aquelles cobertes malgrat que siguin probablement zones nues. És molt possible que l'expansió del bosc en aquestes àrees marginals sigui deguda en bona part a l'expansió de les capçades del marge del bosc i no pas al creixement de nous peus. Cal tenir present que, si suposéssim una expansió lateral mitjana d'1 m de les capçades perifèriques del bosc en els 7 anys de l'estudi, haurien aparegut 254,7 ha a tot el perímetre de bosc dens de 1993 (2.547 km). Això equival al 45% de la superfície de bosc dens apareguda entre 1993 i 2000 (taula 3).

Un segon procés important de generació de bosc nou és la recuperació de la coberta arbòria en matollars, al seu torn resultants probablement d'incendis relativament recents. Aquests matollars formen part de la dinàmica pròpia dels sistemes forestals mediterranis. Encara que la recuperació de la coberta arbòria es preveu relativament ràpida en un clima mediterrani subhumit com el de la plana del Vallès, es pot veure dificultada o fins i tot impedita per episodis successius de foc que poden comportar una reducció important de la capacitat de regeneració de les espècies forestals (Díaz-Delgado i altres, 2002).

Acompanyant la pèrdua de bosc, la plana del Vallès ha experimentat també una fragmentació neta de les masses boscoses en el període estudiat, que afecta un 7,9% de la superfície que formava part de grans àrees de la plana. La diferent mida, forma i localització espacial dels polígons de bosc guanyat i perdut també pot tenir un cert paper en la fragmentació del bosc. Els polígons guanyats acostumen a localitzar-se als marges dels boscos preexistents, probablement perquè sovint són el resultat d'una expansió de les capçades del límit del bosc o bé del creixement d'arbrissos ja presents el 1993 i germinats de llavors procedents del bosc adjacent. En canvi, els polígons perduts són, en general, més grans i de forma més regular que els de bosc guanyat, i no es localitzen preferentment al marge de les clapes preexistents. A més, tal com s'observa a la figura 2, els més grans es localitzen preferentment al límit de les grans àrees forestals de la serralada Prelitoral. Tot plegat suggereix que els polígons de bosc guanyat no poden compensar la fragmentació que provoca la pèrdua de bosc; especialment quan aquesta afecta els punts de connexió (istmes) de masses de bosc molt esfilagarsades, les quals són molt freqüents a la plana del Vallès (figura 1).

Els efectes d'aquest increment de la fragmentació sobre el funcionament ecològic i la conservació de la biodiversitat dels boscos són sobradament coneguts a nivell global (Pickett i White, 1985; Soulé, 1987; Forman, 1995). Al Vallès, Guirado (2005) i Rodà i altres (2005) han observat que la fragmentació del bosc porta acompanyat un increment de la freqüentació humana. A causa de l'augment de la relació entre perímetre i àrea, la disminució de la mida del bosc porta associada una importància més gran del marge (que concentra la major part de l'acció humana sobre el bosc) respecte de l'interior, més preservat (Forman, 1995).

Fragmentació i freqüentació són responsables d'una presència d'espècies extraforestals (plantes i ocells de llocs oberts o ruderals) molt més gran a la plana del Vallès que als grans boscos de les serralades veïnes (Rodà i altres, 2005). Tots dos processos es poden relacionar també amb el caràcter relativament generalista de la flora i la fauna dels boscos vallesans, dominades per espècies forestals relativament comunes, espècies d'hàbitats més oberts i fins i tot espècies dependents de les activitats humanes o fortament afavorides per elles.

El nostre estudi posa de manifest la utilitat de les diverses edicions del MCSC per analitzar els canvis en les cobertes del sòl a escales de detall i per a períodes de temps curts. Aquesta mena d'aproximacions són especialment interessants per comprendre les dinàmiques territorials metropolitanes, extraordinàriament canviants en períodes de temps molt curts i influenciades per multitud d'actors socioeconòmics (Acebillo i Folch, 2000; Paül i Tonts, 2005). Cal, però, considerar aquests resultats amb una certa cautela, atès que el detall de l'anàlisi pot comportar alguns artefactes. Malgrat l'esforç per eliminar tots aquells canvis d'origen metodològic, no es descarta que algunes de les transicions entre categories naturals (entre diversos tipus de bosc, entre matollar i bosc, etc.) es vegin afectades pel criteri dels fotointerpretadors (en delimitar el bosc clar del bosc dens, per exemple) o simplement siguin causades per errades derivades de la qualitat de les imatges o per falles diverses en el procés. Els criteris generals del MCSC a l'hora de delimitar les cobertes també poden afectar els resultats obtinguts. Un dels canvis de criteri més significatius entre edicions del MCSC, el fet que a la segona edició es delimiten com a bosc les clapes aïllades dins de l'urbà discontinu mentre que a la primera edició no, ja ha estat corregit en el procés d'eliminació dels canvis d'origen metodològic. No obstant això, cal recordar que, als marges del bosc, es pot produir una expansió de la superfície d'aquest mesurada a partir de fotografies aèries verticals com ara les ortoimatges, només com a resultat de l'expansió lateral de les capçades dels arbres del marge del bosc i no de la colonització de l'àrea per part d'arbres nous. Que això es pugui considerar o no augment de la superfície boscosa només depèn dels criteris utilitzats en la delimitació d'aquesta superfície. De la mateixa manera, les petites superfícies de bosc originades a partir de cobertes urbanes també són resultat de l'adopció de determinats criteris en la fotointerpretació del MCSC: cal atribuir-les a la recuperació de zones més o menys denudades situades en el contacte entre el bosc i les àrees urbanes i que, per coherència o per proximitat, han estat assignades a aquesta coberta.

En tot cas, el treball aporta una evidència de la poca estabilitat del bosc a la plana del Vallès, constatant la desaparició d'un 7,9% del bosc originari, l'aparició d'un altre 5,2% i la fragmentació d'un 5,4% en només set anys. D'acord amb aquests resultats, una superfície de bosc dens no de ribera que equival al 18,5% de l'original és incipient, s'ha perdut o bé ha patit un procés de degradació tan important com és la seva fragmentació. Un segon resultat interessant és que la fragmentació dels boscos d'aquesta zona continua en l'ac-

tualitat. L'elevat grau de fragmentació d'aquests boscos no és només el resultat de processos històrics de canvis en els usos del territori, sinó que el bosc se segueix reduint i fragmentant a una velocitat considerable. Segons estudis recents (Guirado, 2005; Rodà i altres, 2005), aquesta fragmentació es pot relacionar amb un augment de la freqüentació humana i una proliferació d'espècies generalistes i extraforestals a la zona, factors tots els quals determinen una pèrdua de la integritat ecològica dels boscos.

Agraïments

El present treball ha estat realitzat en el marc del projecte *La fragmentació dels boscos de la plana del Vallès*, finançat per la Fundació Abertis (2003-2006). Un dels autors (MG) ha disposat de finançament addicional a través d'una beca FI de l'AGAUR (Generalitat de Catalunya). Els autors agraeixen els comentaris i les propostes sobre el manuscrit original fets per Javier Retana (CREAF, UAB) i David Saurí (Departament de Geografia, UAB).

Referències bibliogràfiques

- ACEBILLO, J.; FOLCH, R. (eds.) (2000). *Atlas ambiental de l'àrea de Barcelona. Balanç de recursos i problemes*. Barcelona: Ariel Ciència i Barcelona Regional.
- BÁRBERO, M.; BONIN, G.; LOISEL, R.; QUÉZEL, P. (1990). «Changes and disturbances of forest ecosystems caused by human activities in the western part of the Mediterranean basin». *Vegetatio*, núm. 87, p. 151-173.
- BLONDEL, J.; ARONSON, J. (1999). *Biology and wildlife of the Mediterranean region*. Oxford: Oxford University Press.
- BURRIEL, J. A.; IBÁÑEZ, J. J.; PONS, X. (2005). «Cambios en los usos y las cubiertas del suelo en el ámbito metropolitano de Barcelona». *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*, núm. 19, p. 35-39.
- CAMARASA, J. M.; FOLCH, R.; MASALLES, R. M. (1977). «Patrimonio natural y crecimiento urbano en la comarca de Barcelona». *Opuscula Sparsa*, núm. 14. Departament de Botànica, Facultat de Biologia, Universitat de Barcelona.
- CARVALHO, K. S.; VASCONCELOS, H. L. (1999). «Forest fragmentation in central Amazonia and its effects on litter-dwelling ants». *Biological Conservation*, núm. 91, p. 151-157.
- DEBUSSCHE, M.; LEPART, J.; DERVIEUX, A. (1999). «Mediterranean landscape changes: evidences from old postcards». *Global Ecology and Biogeography*, núm. 8, p. 3-15.
- DÍAZ-DELGADO, R.; LLORET, F.; PONS, X.; TERRADAS, J. (2002). «Satellite evidence of decreasing resilience in Mediterranean plant communities after recurrent wildfires». *Ecology*, núm. 83, p. 2293-2303.
- FAHRIG, L. (2003). «Effects of habitat fragmentation on biodiversity». *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, núm. 34, p. 487-515.
- FORMAN, R. T. T. (1995). *Land mosaics. The ecology of landscapes and regions*. Cambridge: Cambridge University Press.
- GASCON, C.; LOVEJOY, T. E. (1998). «Ecological impacts of forest fragmentation in central Amazonia». *Zoology*, núm. 101, p. 273-280.

- GUIRADO, M. (2005). *Fragmentation and human disturbances in peri-urban forests: effects on the vascular flora*. Tesi doctoral inèdita. Universitat Autònoma de Barcelona.
- HAILA, Y. (2002). «A conceptual genealogy of fragmentation research: from island biogeography to landscape ecology». *Ecological Applications*, núm. 12, p. 321-334.
- HARGIS, C. D.; BISSONETTE, J. A.; TURNER, D. L. (1999). «The influence of forest fragmentation and landscape pattern on American martens». *The Journal of Applied Ecology*, núm. 36, p. 157-172.
- HERRANDO, S. (2001). *Habitat disturbance in Mediterranean landscapes: Effects of fire and fragmentation on birds*. Tesi doctoral inèdita. Universitat de Barcelona.
- JULES, E. S.; FROST, E. J.; MILLS, L. S.; TALLMON, D. A. (1999). «Ecological consequences of forest fragmentation in the Klamath region». *Natural Areas Journal*, núm. 19, p. 368-378.
- KURKI, S.; NIKULA, A.; HELLE, P.; LINDEN, H. (2000). «Landscape fragmentation and forest composition effects on grouse breeding success in boreal forests». *Ecology*, núm. 81, p. 1985-1997.
- LAURANCE, W. F.; VASCONCELOS, H. L.; LOVEJOY, T. E. (2000). «Forest loss and fragmentation in the Amazon: implications for wildlife conservation». *Oryx*, núm. 34, p. 39-45.
- LLORET, F.; CALVO, E.; PONS, X.; DÍAZ-DELGADO, R. (2002). «Wildfires and landscape patterns in the eastern Iberian Peninsula». *Landscape Ecology*, núm. 17, p. 745-749.
- MARULL, J.; MALLARACH, J. M. (2005). «A new GIS methodology for assessing and predicting landscape and ecological connectivity: Applications to the Metropolitan Area of Barcelona (Catalonia, Spain)». *Landscape and Urban Planning*, núm. 71, p. 243-262.
- MEFFÉ, R.; CARROLL, C. (1994). *Principles of Conservation Biology*. Sinauer Associates. Sunderland, Massachusetts.
- PAÜL, V.; TONTS, M. (2005). «Containing Urban Sprawl: Trends in Land Use and Spatial Planning in the Metropolitan Region of Barcelona». *Journal of Environmental Planning and Management*, núm. 48, p. 7-35.
- PICKETT, S. T. A.; WHITE, P. S. (1985). *The ecology of natural disturbance and patch dynamics*. Nova York: Academic Press.
- PONS, X. (1996). «Els sistemes d'informació geogràfica: la nova carta». *Butlletí de la Institució Catalana d'Història Natural*, núm. 64, p. 37-52.
- PREISS, E.; MARTIN, J. L.; DEBUSSCHE, M. (1997). «Rural depopulation and recent landscape changes in a Mediterranean region: Consequences to the breeding avifauna». *Landscape Ecology*, núm. 12, p. 51-61.
- RODA, F.; GUIRADO, M.; PINO, J.; ESPADALER, X.; BERNAL, V.; RIBAS, J.; BASNOU, C. (2005). *La fragmentació dels boscos de la plana del Vallès*. Informe inèdit. Fundació Abertis.
- SAUNDERS, D. A.; HOBBS, R. J.; MARGULES, C. R. (1991). «Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review». *Conservation Biology*, núm. 5, p. 18-32.
- SCARIOT, A. (1999). «Forest fragmentation effects on palm diversity in central Amazonia». *The Journal of Ecology*, núm. 87, p. 66-76.
- SERRA, P.; PONS, X. (2003). «Evolució metodològica i instrumental en la detecció de les cobertes i usos del sòl i en l'anàlisi dels seus canvis». *Butlletí de la Institució Catalana d'Història Natural*, núm. 71, p. 21-37.
- SOLANS, J. A. (2002). «L'ocupació del sòl en el sistema metropolità central durant el període 1980-1998». *Papers*, núm. 36, p. 49-72.

- SOULÉ, M. E. (1987). *Viable populations for conservation*. Cambridge: Cambridge University Press.
- TRABAUD, L. (1981). «Man and fire: impacts on Mediterranean vegetation». En: DI CASTRI, F.; GOODALL, D. W.; SPECHT, R. T. (eds.). *Mediterranean-type shrublands*. Ecosystems of the world, 11. Amsterdam: Elsevier, p. 523-537.
- VIÑAS, O.; BAULIES, X. (1995). «1:250000 Land-use map of Catalonia (32,000 km²) using multitemporal Landsat-TM data». *International Journal of Remote Sensing*, núm. 16, p. 129-146.
- VIRGOS, E. (2001). «Role of isolation and habitat quality in shaping species abundance: a test with badgers (*Meles meles* L.) in a gradient of forest fragmentation». *Journal of Biogeography*, núm. 28, p. 381-389.
- VITOUSEK, P. M.; MOONEY, H. A.; LUBCHENCO, J.; MELILLO, J. M. (1997). «Human domination of Earth's ecosystems». *Science*, núm. 277, p. 494-499.
- WADE, T. G.; RIITERS, K. H.; WICKHAM, J. D.; JONES, K. B. (2003). «Distribution and causes of global forest fragmentation». *Conservation Ecology*, núm. 7, p. 7. Disponible a Internet a <<http://www.consecol.org/vol7/iss2/art7>>.
- WARD, K.; JUZWIK, J. (2005). *Change in the Minneapolis/St. Paul Metropolitan Area Oak Forests from 1991 to 1998*. USDA Forest Service, Research note NC-389.