

Anàlisi socioecològica a la vall de Santa Fe (massís del Montseny). La transformació del paisatge a través de la història ambiental



Sònia Sánchez Mateo

Director: Dr. Martí Boada

Tesi Doctoral

Programa de Doctorat en Ciències Ambientals
Institut de Ciència i Tecnologia Ambientals (ICTA)
Universitat Autònoma de Barcelona (UAB)

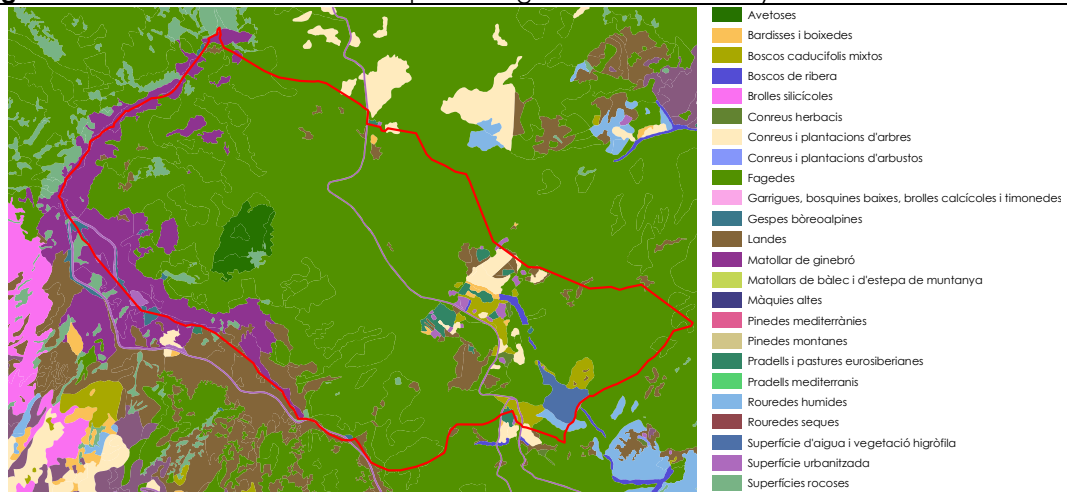
Juny de 2010



Mapa de vegetació del Montseny (2003)

La informació aportada pel cadastre de 2001 s'ha complementat amb el treball de camp i amb el mapa de vegetació del Montseny de 2003 (Panareda *et al.*, 2003), inclòs com a part de la documentació cartogràfica del nou Pla especial de protecció del medi natural i del paisatge del Parc del Montseny, aprovat a principis de 2009 (Figura 9.5).

Figura 9.5. Àrea d'estudi sobre el Mapa de vegetació del Montseny.



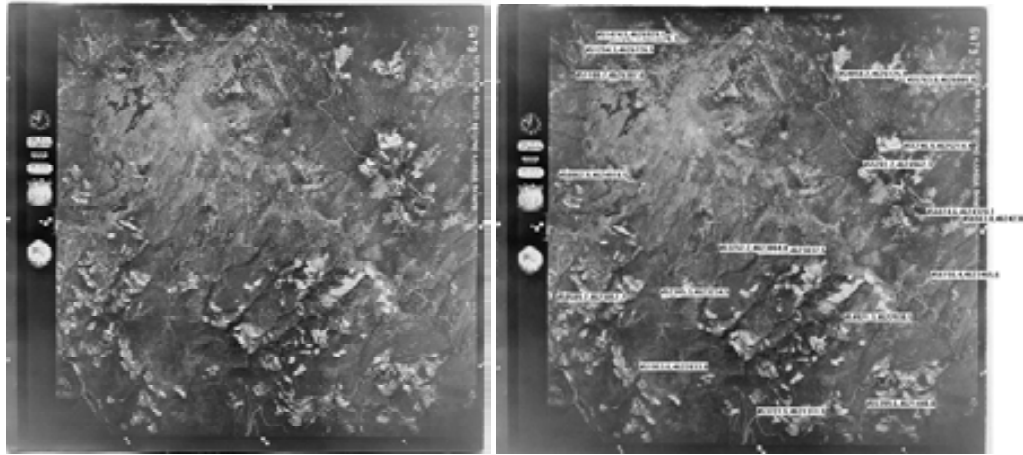
Font: Parc natural del Montseny (2009)

9.2.3. Bases cartogràfiques

Fotografies aèries de l'any 1956

Per tal de cobrir l'àrea d'estudi s'han requerit tres fotogrames del vol aeri (6338, 6479 i 6480), preses a l'àrea d'estudi el 4 de juny de 1956 i a una escala 1:22.000. Per tal de fotointerpretar les imatges, un cop escanejades a 800 dpi, s'han georeferenciat i corregit geomètricament situant punts de control mitjançant el reconeixement de punts idèntics i invariables al llarg del temps sobre l'ortofotografia de l'any 2003 (Figura 9.6). S'han emprat els punts de control necessaris per obtenir un RMS igual o inferior a 6. L'RMS (*root mean square*) determina la precisió en la transformació d'un sistema de coordenada a una altre a partir dels punts de control establerts (Varga, 2007). Per a l'ortorectificació s'ha partit del model digital d'elevacions ràster (MDE) de la conca de la Tordera, amb una resolució d'1m de costat de píxel, obtingut a partir de la base de dades cartogràfiques de l'Observatori de la Tordera. Posteriorment les imatges s'han mosaicat i retallat per a l'àmbit d'estudi.

Figura 9.6. Fotograma 6479 del vol americà de 1956 abans i després d'ubicar els punts de control.



Font: elaboració pròpia (2008)

Cartografia ortofotogràfica de 2006

La base cartogràfica per obtenir el mapa d'usos i cobertes a la vall de Santa Fe per al 2006 han estat les ortofotografies en color i a escala 1:5.000 disponibles a través del servidor de mapes de l'Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC) per aquest mateix any.

9.2.4. Obtenció dels mapes d'usos i cobertes del sòl de 1956 i 2006

Per a la fotointerpretació i digitalització dels mapes d'usos i cobertes del sòl de 1956 i de 2001 (Mapa 4 i Mapa 5) s'ha emprat el programari ArcView GIS 3.2a.

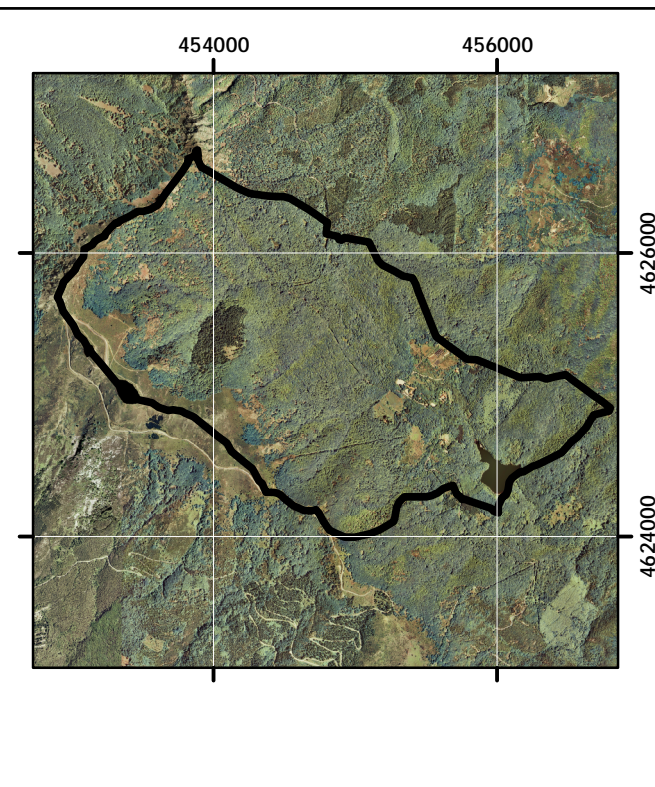
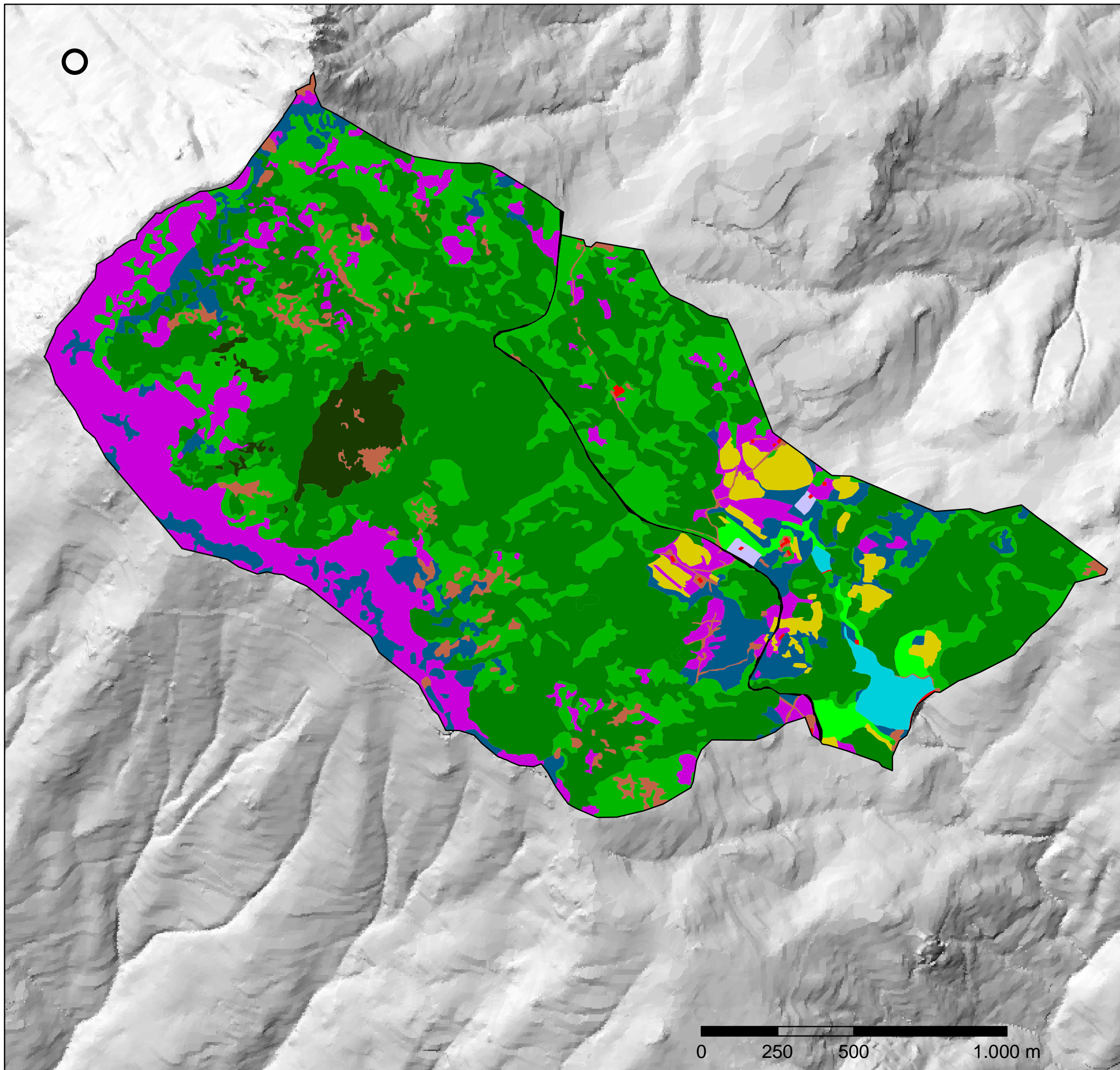
Partint de les fonts d'origen s'han definit 12 categories per establir una llegenda homogènia entre els dos mapes que permeti realitzar anàlisis comparatives en relació a la dinàmica del paisatge. Aquestes categories són: superfície rocosa i sòl nu, avetosa, fageda densa, fageda esclarissada, matollars, prats i herbassars, superfície construïda, conreus, carreteres secundàries, embassaments i xarxa hídrica, vegetació de ribera i plantacions.

Donada la importància del faig en el sector primari i en tractar-se de la principal coberta a l'àrea d'estudi, s'ha considerat oportú diferenciar la fageda en dues categories en funció de la seva densitat: fageda densa i fageda esclarissada. El criteri establert per fer aquesta diferenciació és el percentatge de recobriment, considerant la fageda densa a partir d'un 80% del recobriment del sòl.

L'escala de digitalització ha estat de 1:3.000 i els polígons obtinguts excepcionalment tenen una àrea inferior als 100m².

9.2.5. Índexs del paisatge

En relació a l'anàlisi de la configuració del paisatge, la mesura de les relacions espacials entre els elements del mosaic que conformen els mapes dels usos i cobertes del sòl de la vall de Santa Fe s'ha realitzat a través del càlcul de diferents índexs emprats en ecologia del paisatge. Es tracta d'una anàlisi quantitativa per tal de valorar l'estructura de l'àrea d'estudi a dos nivells (Figura 9.7):



Mapa 4. Usos i cobertes del sòl (1956)

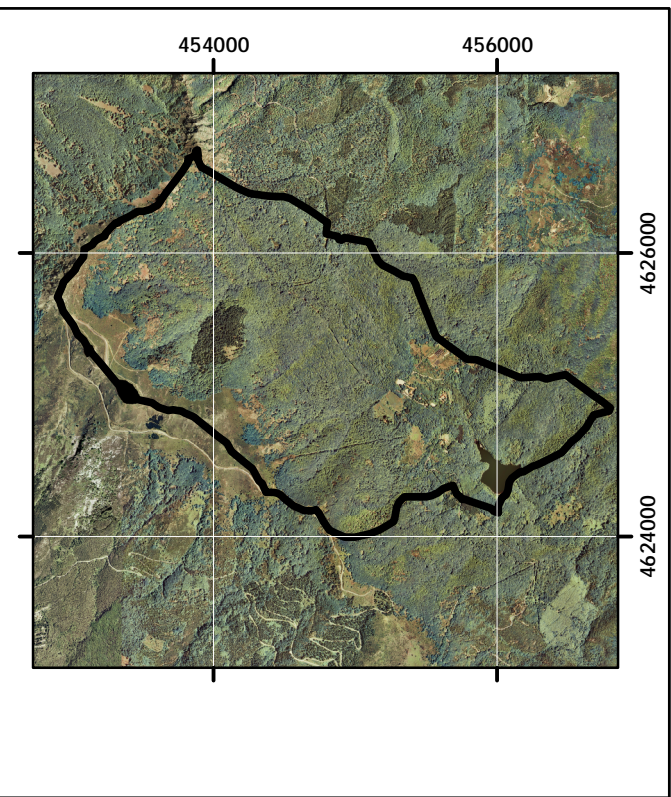
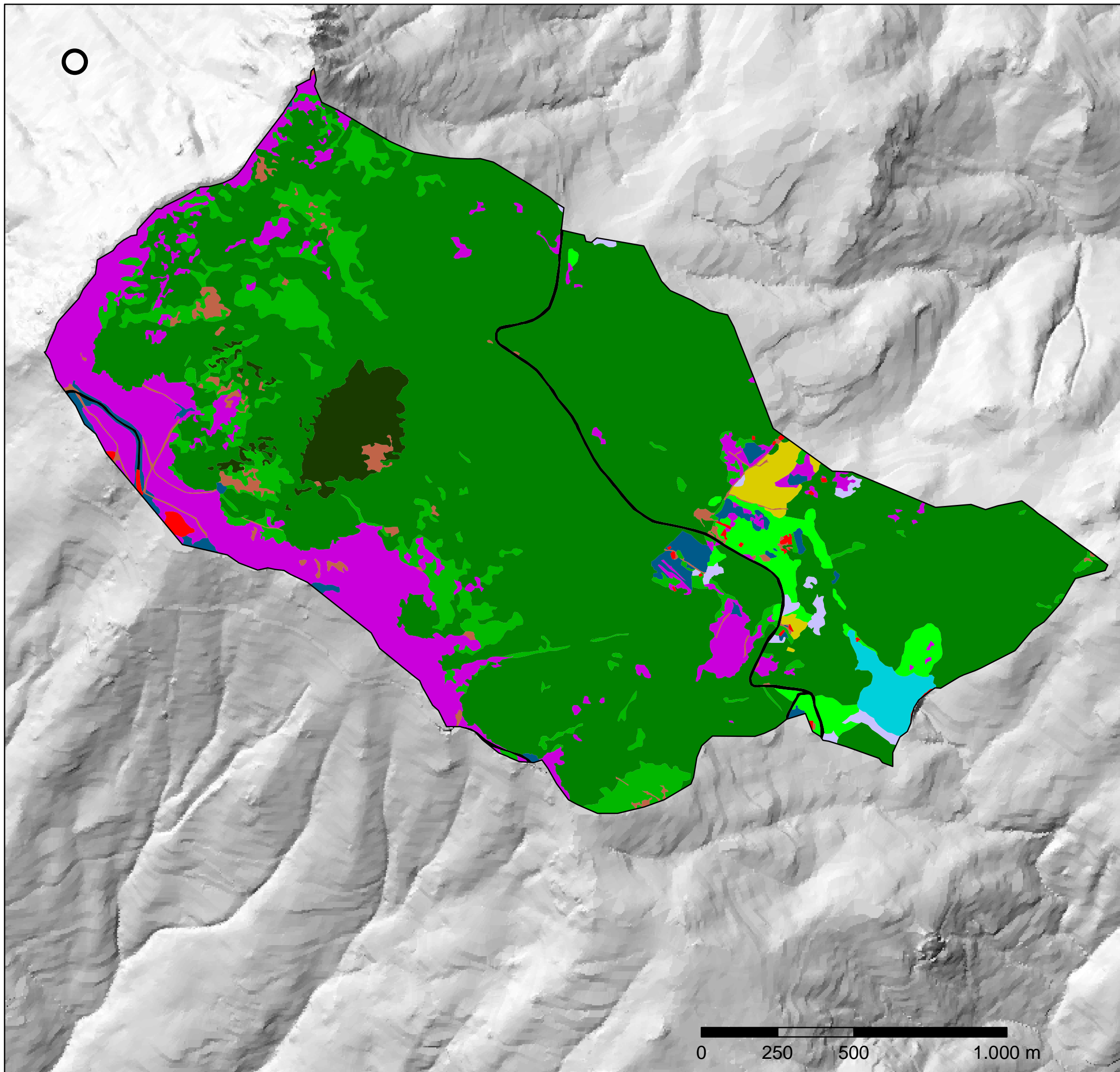
1:14.000

Llegenda

- Àrea d'estudi
- Superfície rocosa, sòl nu i camins
- Avetosa
- Fageda densa
- Fageda esclarissada
- Landes i matollars
- Prats i herbassars
- Superfície construïda
- Conreus
- Carreteres
- Superfície hídrica
- Vegetació de ribera
- Plantacions i jardins

0 250 500 1.000 m

Font: elaboració pròpia a partir de dades de l'ICC (2010)



Mapa 5. Usos i cobertes del sòl (2006)

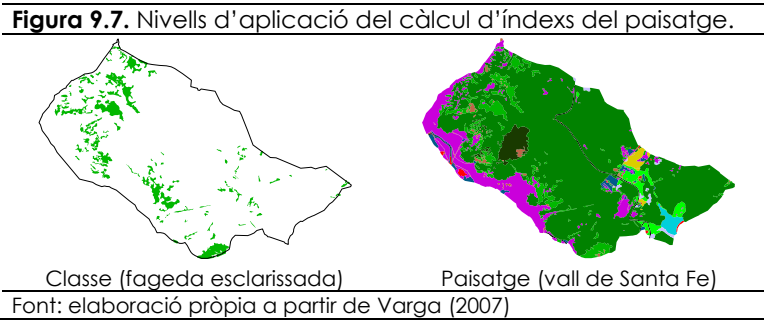
1:14.000

Llegenda

- Àrea d'estudi
- Superfície rocosa, sòl nu i camins
- Avetosa
- Fageda densa
- Fageda esclarissada
- Landes i matollars
- Prats i herbassars
- Superfície construïda
- Conreus
- Carreteres
- Superfície hídrica
- Vegetació de ribera
- Plantacions i jardins

Font: elaboració pròpia a partir de dades de l'ICC (2010)

- A nivell de classe: partint de cadascuna de les categories dels usos i cobertes del sòl definides en la llegenda, és a dir, en relació al conjunt de fragments comuns definits categòricament.
- A nivell de paisatge: amb l'aplicació dels càlculs per al conjunt de l'àrea d'estudi, prenent el conjunt de fragments i classes.



El càlcul dels índexs s'ha realitzat a partir de les capes d'informació dels usos i cobertes del sòl obtingudes per als anys 1956 i 2006, en format ràster amb 25m de cel·la i a través del programari Fragstats (Varga, 2007; Botequilha Leitão *et al.*, 2006; McGarigal i Marks, 1995; Pino i Rodà, 1999). Els índexs calculats són els següents:

- Number of Patches (NP): nombre de tessel·les

Es tracta simplement del nombre total de tessel·les com una mesura de la configuració del paisatge. S'interpreta el caràcter espacial de la classe o del paisatge, en concret, del grau de subdivisions.

- Largest Patch Index (LPI): índex de la tessel·la més gran

Dóna el valor en percentatge de la tessel·la més gran d'una classe determinada en relació a l'àrea total del paisatge. Aquest índex mesura la dominància d'una determinada classe envers la resta.

- Area Mean (Area_MN): àrea mitjana dels fragments

Indica la mida mitjana de les tessel·les d'una classe particular o bé del conjunt del paisatge, expressant-se en hectàrees. Les tessel·les són els components espacials bàsics del paisatge i per tant tenen una importància crítica en la funció d'aquest. Aquesta mètrica és de les més interessants, de manera que se n'obté informació rellevant a nivell estructural.

- Fractal Dimension (Frac_AM): dimensió fractal

Calcula el grau de complexitat de cada fragment a través de la relació perímetre-àrea. El rang dels valors obtinguts oscil·len entre 1 i 2, essent major com més complexitat tingui el perímetre i la forma.

- Euclidean Nearest Neighbor Distance (ENN i ENN_MN): distància euclidiana del veí més proper

Calcula la distància entre la vora d'un fragment i la vora del fragment més proper de la mateixa classe. Aquest índex en calcula la mitjana per a totes les tesselles d'una mateixa classe. Es tracta d'una mesura de la configuració del paisatge ja que considera la localització i disposició relatives de les tesselles. En aquest sentit, una elevada distància entre tesselles mostra un major aïllament.

- Patch Cohesion Index (Cohesion): índex de cohesió de les tesselles

Mesura, en percentatge, la connectància física de les tesselles d'una classe determinada. Com més s'amunteguen les tesselles, més cohesió té un paisatge.

- Total edge (TE): vores totals

Mesura la longitud total de l'hàbitat de vora present en un paisatge entre cadascuna de les tesselles.

- Contagion Index (Contag): índex de contagi

Quantifica el grau en què els tipus de cobertes del sòl formen distribucions agrupades, enlloc d'estar disperses en molts fragments petits; considera explícitament la distribució espacial dels tipus de cobertes del sòl. Quan una única classe ocupa un gran percentatge del paisatge, el contagi és baix. Així, si els valors tendeixen al 100% totes les tesselles d'una classe es troben el màxim d'agregades. El contagi és aplicable per comparar un paisatge al llarg del temps, per tal de quantificar el canvi en el nivell d'agregació. Elevats valors en l'índex de contagi indiquen probablement que diversos tipus de cobertes del sòl s'agrupen en tesselles grans.

- Shannon's Evenness index (SHEI): índex d'uniformitat de Shannon

El rang d'aquest índex, basat en l'índex de Shannon, es troba entre 0 i 1. Mostra la dominància, de manera que el paisatge serà més uniforme a mida que l'índex s'acosti a 1.

9.3. Resultats i discussió: dinàmica dels usos i cobertes del sòl entre 1956 i 2006

9.3.1. Composició del paisatge

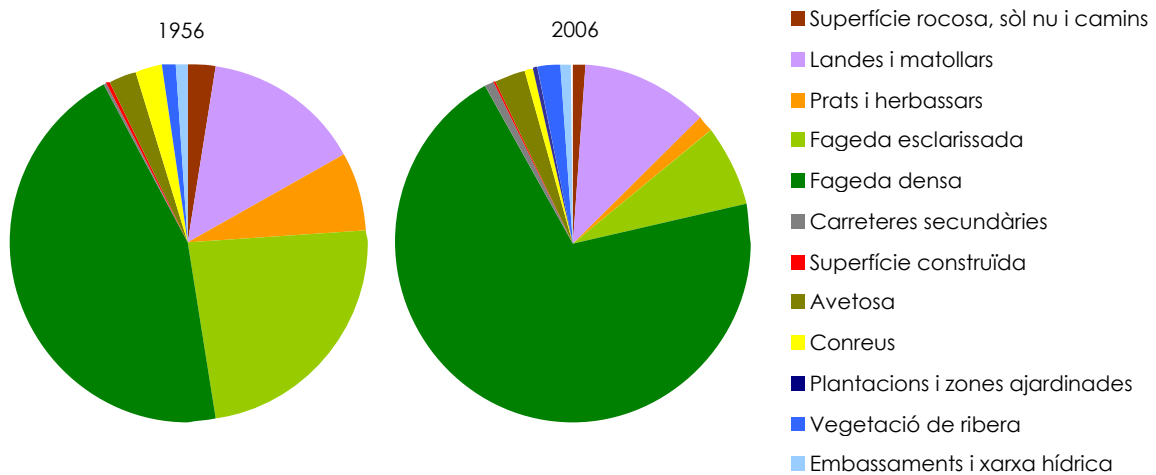
La Taula 9.1 i la Gràfica 9.1 mostren els canvis produïts en els usos i cobertes del sòl entre els anys 1956 i 2006 i el balanç de superfície per a cada categoria⁴.

Taula 9.1. Canvi d'usos i cobertes del sòl entre 1956 i 2006 en relació al conjunt de l'àrea estudiada.

Usos i cobertes del sòl	1956 (ha)	1956 (%)	2006 (ha)	2006 (%)	Balanç de superfície		
					ha	%	Δ
Superfície rocosa, sòl nu i camins	14.6	2.84	7	1.36	-7.6	-1.48	▼
Landes i matollars	72.7	14.15	58.8	11.44	-14	-2.70	▼
Prats i herbassars	36.8	7.16	6.5	1.26	-30.2	-5.90	▼
Fageda esclarissada	120.1	23.37	39.6	7.71	-80.5	-15.66	▼
Fageda densa	229.7	44.70	360.6	70.17	130.9	25.47	▲
Carreteres secundàries	2.2	0.43	3.7	0.72	1.5	0.29	▲
Superfície construïda	0.6	0.12	1.5	0.29	1	0.18	▲
Avetosa	12.5	2.43	13.1	2.55	0.6	0.12	▲
Conreus	12.7	2.47	4.2	0.82	-8.5	-1.65	▼
Plantacions i zones ajardinades	1	0.19	2.9	0.56	2	0.37	▲
Vegetació de ribera	5.6	1.09	10.8	2.10	5.2	1.01	▲
Embassaments i xarxa hídrica	5.5	1.07	5.1	0.99	-0.4	-0.08	▼

Font: elaboració pròpia (2009).

Gràfica 9.1. Canvi d'usos i cobertes del sòl entre 1956 i 2006.



Font: elaboració pròpia (2009)

En base als resultats comparatius de la superfície dels diferents usos i cobertes del sòl entre 1956 i 2006, destaquen els canvis succeïts a la fageda (Figura 9.8). En conjunt, la fageda és la coberta dominant en ambdós casos, incrementant la seva superfície en unes 49,8ha respecte el 1956, corresponents a un 9,7% de la superfície total de l'àrea d'estudi. Aquest increment es deu a l'augment de la fageda densa (25,47%), passant a ocupar bona part de la superfície que el 1956 ocupava la fageda esclarissada, la qual s'ha vist reduïda (-15,66%). Així doncs, a més de l'augment en la densitat de la fageda, aquesta ha augmentat la seva superfície mitjançant la substitució d'altres usos i cobertes, com es comentarà als resultats obtinguts per a la combinació analítica de capes. La resta de cobertes forestals (avetosa, plantacions i zones ajardinades i vegetació de ribera) també han patit un lleuger augment. Amb tot, les cobertes forestals han incrementat la seva superfície a l'àrea d'estudi en 58,10ha (11,34%).

Al llarg dels últims anys s'ha produït la mort de diversos exemplars destacables (3-5m d'alçada) de ginebró (*Juniperus communis*) per efecte de l'ombra projectada per les capçades del faig. L'eliminació d'aquests arbustos de caràcter heliòfil indicaria un procés de tancament del bosc (Lluís Vilar, com. verb).

S'ha documentat el canvi en la distribució de la vegetació al Montseny en les últimes dècades com a conseqüència d'un increment en la temperatura mitjana anual d'entre 1,2 i 1,4°C i per un canvi en els usos del sòl (Peñuelas i Boada, 2003). Considerant que, segons el quart informe IPCC (IPCC, 2007), l'increment de la temperatura mitjana global en superfície en el període 1906-2005 és de 0,74°C (Martín Vide, 2009), el fenomen de canvi climàtic a l'alt Montseny es dona d'una manera més accentuada.

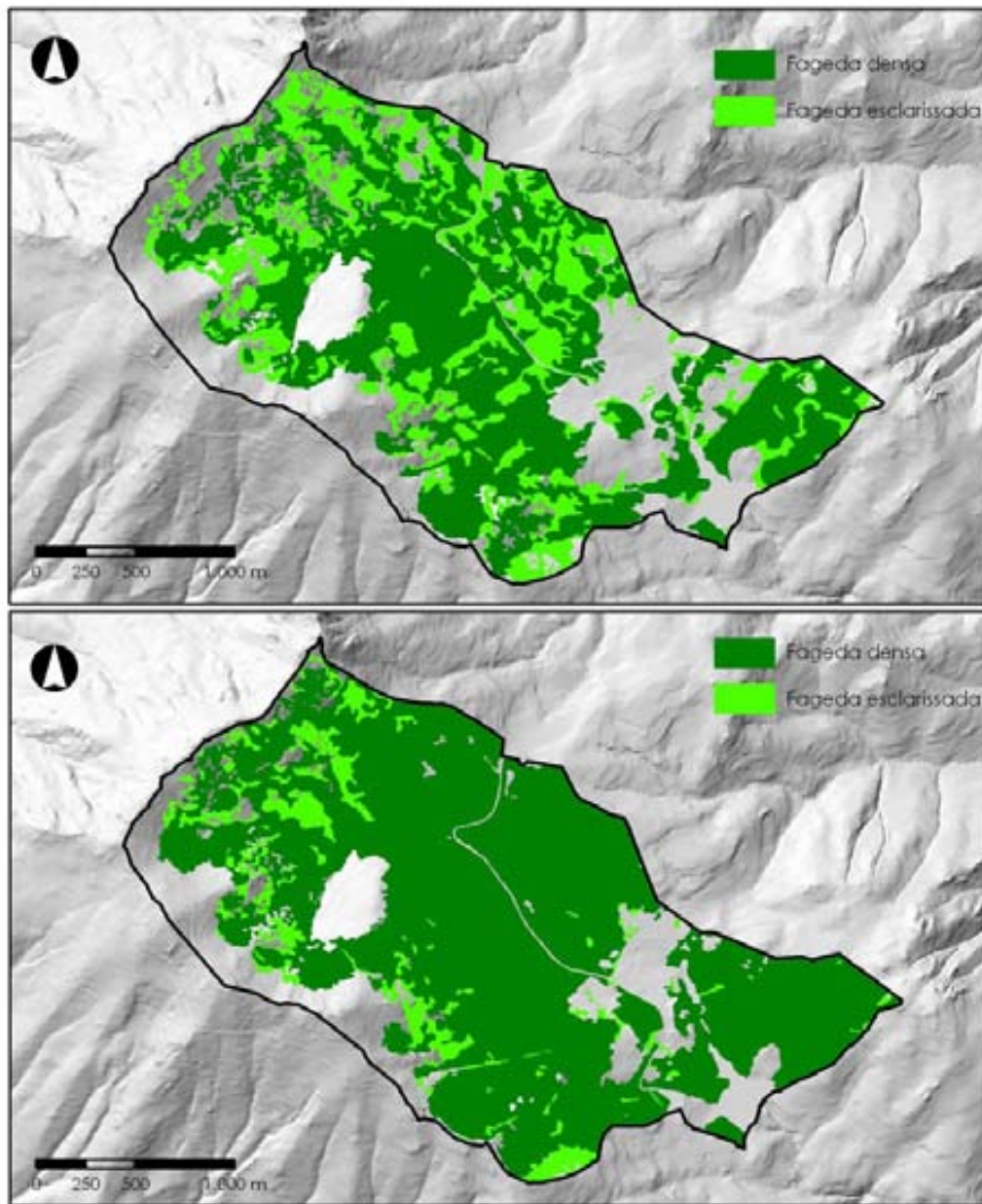
Els processos de canvi climàtic i de canvi en els usos del sòl actuen conjuntament, de manera que les seves conseqüències rarament són atribuïbles exclusivament a un d'aquests dos vectors principals del canvi global (Valladares *et al.*, 2009).

En relació als canvis succeïts en la fageda, s'observa un increment altitudinal del faig en cotes elevades (1600-1700msnm) en una progressiva substitució de les landes, els matollars i els prats subalpins a les carenes del turó de l'Homes-Les Agudes (Boada, 2001; Peñuelas i Boada, 2003). Així, a més de l'augment en la densitat del bosc, la fageda hauria vist incrementada la seva superfície colonitzant noves àrees situades a cotes més elevades (Figura 8.31).

Un altre aspecte de canvi a destacar és la reducció dels prats i herbassars en 30,2ha (-5,9%), així com de les landes i matollars, que han reduït la seva superfície en 14ha (-2,7%). Els conreus també han perdut representació a la vall, concretament en 8,5ha (-1,65%). En conjunt, aquestes tres categories mostren la pèrdua d'espais oberts en 52,70ha (-10,25%).

La reducció de la categoria embassaments i xarxa hídrica es deu al procés de colmatació de l'Estanyol, que s'ha anat reblint de sediments i progressivament ha estat colonitzat per faig i espècies arbòries típiques de zones de ribera, amb la consegüent desaparició de la làmina d'aigua present el 1956. La construcció de l'accés al puig Sesolles i les edificacions militars, així com alguna segona residència justifiquen l'augment de superfície en les categories de carreteres i superfície construïda.

Figura 9.8. Canvis en la fageda entre 1956 (a dalt) i 2006 (a baix) (1:35.000).



Font: elaboració pròpia (2010)

La dinàmica de les cobertes específiques es descriu a partir de la combinació analítica de capes (mòdul COMBICAP de MiraMon), que ha permès obtenir les matrius de la Taula 9.2 i de la Taula 9.3. S'analitza, d'una banda, en què s'han convertit les cobertes del 1956 i, de l'altra, la procedència de les cobertes de 2006.

En relació a la dinàmica de les cobertes de 1956 (Taula 9.2), la fageda densa i l'abetosa són les més estables ja que es mantenen sota la mateixa categoria al llarg del període avaluat amb un 95,9 i un 87,3% respectivament. De manera contrària, destaquen els prats i herbassars, que únicament mantenen el 2,9% de la seva superfície. El procés de pas cap a estadis més avançats en la successió s'observa clarament en el fet que el 37,7% dels prats i herbassars han passat a ser landes i matollars, i el 80,1% de la fageda

esclarissada ha passat a ser fageda densa. Diverses categories corresponents a espais oberts el 1956 també s'han transformat cap a fageda densa; es tracta dels prats i herbassars (35,5%), landes i matollars (26,3%) i conreus (20,9%). En relació als conreus, dels quals únicament es mantenen el 20,3% respecte el 1956, majoritàriament s'han reconvertit en fageda densa (20,9%, com ja s'ha comentat suara), en prats i herbassars (20,2%), en landes i matollars (14,3%) o en plantacions (9,1%). Amb tot, a la vall s'ha produït l'abandonament del 69% dels conreus existents el 1956.

Taula 9.2. Dinàmica de les cobertes de l'any 1956 (%).

2006	1956												
	Superfície rocosa, sòl nu i camins	Avetosa	Fageda densa	Fageda esclarissada	Landes i matollars	Prats i herbassars	Superfície construïda	Conreus	Carreteres	Superfície hídrica	Vegetació de ribera	Plantacions i jardins	
Superfície rocosa, sòl nu i camins	14.6	0.4	0.2	0.8	2.6	3.1	2.4	1.1	0.5	0	0.4	1.7	
Avetosa	2.9	87.3	0.6	0.4	0	0	0	0	0	0	0	0	
Fageda densa	30	11.4	95.9	80.1	26.3	35.5	24.9	20.9	24.7	5.2	18.8	32.3	
Fageda esclarissada	31.3	0.9	2.5	15.1	8.8	8.9	2	5.6	0.4	0	0.3	0	
Landes i matollars	12.1	0	0.2	2.3	53	37.7	0.8	14.3	1.3	0	2.1	7.2	
Prats i herbassars	0.7	0	0	0	4.2	2.9	0.3	20.2	0	0	0.2	0	
Superfície construïda	1	0	0	0	0.6	1.4	57.1	0.2	0	0.1	1.8	1.6	
Conreus	0	0	0	0	1.3	1.9	0	20.3	0	0	0	0	
Carreteres	0.7	0	0.2	0.5	0.7	1.4	0	0.3	65.5	0	1.3	2.4	
Superfície hídrica	1	0	0	0	0	0.8	7.5	0	0	84.6	0.2	0	
Vegetació de ribera	2.7	0	0.2	0.5	1.7	5.6	4.5	8	5	10	67.5	54.8	
Plantacions i jardins	2.8	0	0.1	0.2	0.4	0.6	0.2	9.1	2.5	0.1	7.3	0	
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	

Font: elaboració pròpia (2010)

Considerant les cobertes de 2006 (Taula 9.3), s'ha produït un augment del 27,6% de la superfície rocosa, sòl nu i camins en detriment de les landes i matollars; i el 49,3% de la superfície construïda respon a la pèrdua de landes i matollars i de prats i herbassars. Aquests processos s'expliquen per la construcció de la base militar al puig Sesolles, així com la carretera que hi accedeix, generant espais de sòl nu com les zones d'aparcament habilitades a coll Sesbasses i coll Pregon, on acaba aquesta carretera. El 26,5% de la fageda densa del 2006 s'explica a partir de l'augment de densitat forestal de la fageda esclarissada. El 22,6% de landes i matollars provenen dels prats i herbassars; i el 34% d'aquests prové de conreus. El 34,8% de les plantacions i jardins prové dels conreus; ja aquestes antigues feixes de conreu han estat substituïdes per plantacions, sobretot de coníferes.

Taula 9.3. Dinàmica de les cobertes de l'any 2006 (%).

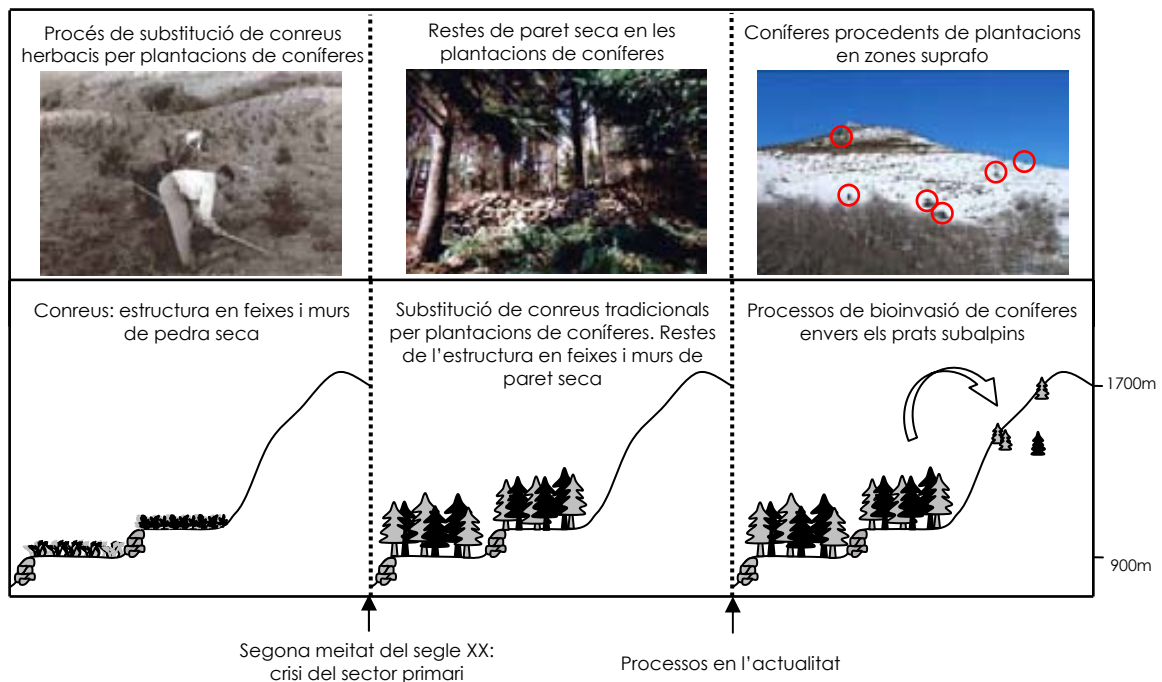
1956	2006												
	Superfície rocosa, sòl nu i camins	Avetosa	Fageda densa	Fageda esclarissada	Landes i matollars	Prats i herbassars	Superfície construïda	Conreus	Carreteres	Superfície hídrica	Vegetació de ribera	Plantacions i jardins	
Superfície rocosa, sòl nu i camins	30.7	3.3	1.2	11.8	2.9	1.5	7.5	0	2.6	2.9	3.7	12.5	
Avetosa	0.7	82.9	0.4	0.3	0	0	0	0	0	0	0	0	
Fageda densa	6.8	10	60.1	14.5	0.8	1.1	0.6	0	10.9	0.4	4.2	7.3	
Fageda esclarissada	13.9	3.8	26.5	45.9	4.5	0.1	1.2	0.3	14.7	0	6.1	7.2	
Landes i matollars	27.6	0	5.4	16.5	63	41.4	23.5	21.7	14.4	0	11.6	9.2	
Prats i herbassars	16.2	0	3.6	8.4	22.6	14.4	25.8	16.8	13.3	5.6	19.2	7.1	
Superfície construïda	0.3	0	0.1	0	0	0	21.1	0	0	1.1	0.3	0	
Conreus	1.9	0	0.7	1.8	2.9	34	1.5	60.2	1	0	9.4	34.8	
Carreteres	0.2	0	0.2	0	0	0	0	0	38.9	0	1	1.7	
Superfície hídrica	0	0	0.1	0	0	0	0.2	0	0	89.2	4.9	0.2	
Vegetació de ribera	0.3	0	0.3	0	0.2	0.2	4.8	0	1.9	0.2	34.5	12.2	
Plantacions i jardins	0.2	0	0.1	0	0.1	0	0.7	0	0.6	0	4.7	0	
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	

Font: elaboració pròpia (2010)

El fenomen de la substitució dels conreus per plantacions de coníferes va esdevenir freqüent al Montseny entre les dècades de 1960 i 1970 (Figura 9.9). Les coníferes van esdevenir més rendibles econòmicament que el conreu tradicional vinculat a l'entorn del mas, representant el pas de l'agricultura cap a la silvicultura. En els darrers anys s'ha dut a terme l'estudi del procés d'invasió dels prats subalpins de la carena del turó de l'Home - Les Agudes (>1.500msnm) per part de coníferes procedents d'aquestes plantacions, sobretot de pi roig (*Pinus sylvestris*) i pi negre (*Pinus mugo*), al·lòctones a escala local. Aquesta invasió és estimulada per una combinació de factors biofísics i humans: en primer lloc hi influeixen factors climàtics i de composició vegetal i, en segon lloc, són especialment importants els canvis d'ús —en què antics conreus s'han substituït per plantacions i s'ha produït l'abandonament d'altres activitats tradicionals—, o la prohibició de certes pràctiques en el marc de les polítiques de conservació i gestió dels espais naturals protegits —com l'ús periòdic del foc per mantenir les pastures—. Les conseqüències d'aquest procés d'invasió, que té els seus orígens en la crisi del sector primari a mitjans del segle XX, deriva en un seguit d'implicacions per a la conservació dels prats subalpins al Montseny⁵.

⁵ Bartolomé, Jordi; Boada, Martí; Saurí, David; Sánchez, Sònia i Plaixats, Josefina (2008): Conifer dispersion on subalpine pastures in Northeastern Spain: characteristics and implications for rangeland management, a *Rangeland Ecology Management*, 61:218-225.

Figura 9.9. Esquematització del procés de substitució de conreus per plantacions de coníferes i la posterior colonització envers cotes més elevades, corresponents a zones supraforestals. Es tracta d'un clar exemple de la repercussió dels canvis socioeconòmics en el paisatge i els ecosistemes.



Font: elaboració pròpia (2010)⁶

En relació a l'avetosa, com ja s'ha comentat en l'apartat específic dins el bloc d'història ambiental, destaca l'increment de superfície de la taca d'avets de Passavets, així com l'augment en la densitat, tot i que en els últims anys la sequera ha provocat la mort d'individus centenaris que es troben aïllats respecte el nucli principal (Boada, 2001; Vilar, 2004).

A partir de la llegenda i la cartografia del mapa de Bolòs de 1960 destaca la cita i ubicació de la localitat d'esfagnes (*Sphagnum* sp.) i d'herba de la gota (*Drosera rotundifolia*), catalogada en bon estat l'any 1955 però que posteriorment, el 1965, va desaparèixer a causa de la freqüentació (Bolòs, 1983). Aquesta cita podria ser coincident amb la que descriu Casas (1992) entre 1959 i 1960 i que s'ubicaria al marge dret de l'Estanyol, vora l'hotel. Aquestes dues espècies es troben estrictament vinculades a un hàbitat molt fràgil que requereix una constant aportació d'aigua i humitat així com certa condició lumínica.

⁶ Boada, Martí; Sánchez, Sònia; Pujantell, Josep; Varga, Diego (2010): Manifestaciones del cambio global: indicadores socioecológicos en la Reserva de la Biosfera del Montseny, a Araya, P. i Clüsener-Godt, M. (eds.): *Reservas de la Biosfera. Su contribución a la provisión de servicios de los ecosistemas*. UNESCO. 161-178. ISBN: 978-956-332-417-4.

El primer testimoni de la presència d'aquesta comunitat al Montseny es situa al 1918, quan Font i Quer, amb un grup d'alumnes de la Facultat de Farmàcia de Barcelona, localitzen a prop de Santa Fe i en una clariana de la fageda, una localitat d'esfagnes i herba de la gota; per les indicacions sembla ser que es tracta d'una localitat diferent a la mencionada per Bolòs. Segons Casas (1992), podria ésser freqüent la presència d'esfagnes a Santa Fe entre 1918 i 1925, tot i que l'espècie *Sphagnum papillosum* es va rarificar a partir de 1927, si bé se'n localitzaven d'altres com *S. capillifolium* (*S. acutifolium*) o *S. subnitens*.

El 1981 es retroba la presència d'esfagnes (*S. subnitens*) al Montseny en un rierol proper a Santa Fe (Panareda *et al.*, 1981). Durant l'estiu de 2009 s'ha visitat aquesta mateixa localitat si bé la mullera amb esfagnes no ha estat retrobada. El 1989 es detectà una altra població d'herba de la gota propera a la vall (Carme Rosell i Martí Boada, com. verb.). En aquest cas, les mesures de gestió en instal·lar una barrera física de protecció enfront el ramat va afavorir el desenvolupament d'un herbassar alt que acabà per fer desaparèixer els exemplars de *Drosera rotundifolia*.

La desaparició d'aquestes espècies esdevé un exemple paradigmàtic de les conseqüències del procés de terciarització i del tancament del bosc a causa d'un canvi d'ús amb la pèrdua d'ambients de molleres i prats torbosos. En aquest sentit, es fa necessari el seguiment d'espècies florístiques singulars de distribució reduïda per tal de prioritzar-ne la conservació d'una manera efectiva^{7,8}.

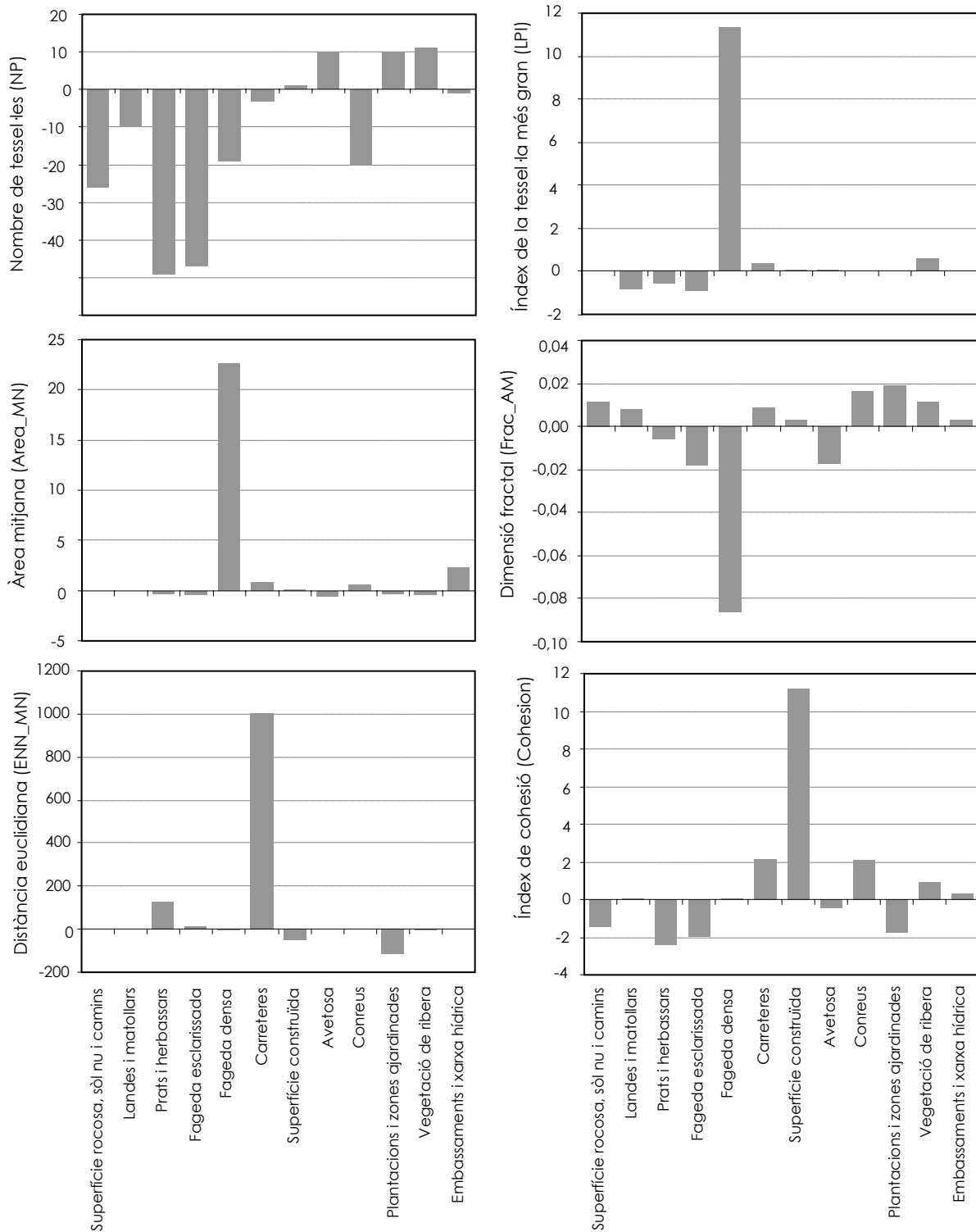
9.3.2. Configuració del paisatge

L'evolució de la configuració del paisatge de la vall de Santa Fe entre 1956 i 2006 s'analitza a través dels mètodes quantitius aportats pels índexs paisatgístics. Aquests índexs s'interpretaran de manera combinada en relació als resultats obtinguts a nivell de classe (Gràfica 9.2). L'ús combinat d'aquests índexs permet una millor interpretació de les característiques morfològiques dels paisatges i dels patrons paisatgístics (Vila *et al.*, 2006).

⁷ Pié, Gerard; Sánchez, Sònia; Boada, Martí (2009): Caracterització de noves poblacions de falguera reial (*Osmunda regalis*) al Montseny (Catalunya) i proposta d'ús d'aquesta espècie com a indicador de sistemes fluvials, a *Acta Botanica Barcinonensia*, 52:115-124.

⁸ Pié, Gerard; Vilar, Lluís; Sánchez, Sònia (2010): Estudis corològics de plantes vasculars al Montseny, a *VII Trobada d'Estudiosos del Montseny*, Barcelona: Diputació de Barcelona. Servei de Parcs Naturals.

Gràfica 9.2. Les següents gràfiques mostren els resultats dels índex del paisatge calculats per a cada classe i en relació al balanç de canvi entre 1956 i 2006.



Font: elaboració pròpia (2010)

A nivell de classe, la fageda esclarissada i els prats i herbassars mostren un comportament molt similar en què es redueix l'àrea mitjana dels fragments i la mida de la tessella més gran; a més, es tracta de les dues cobertes amb una reducció més important del nombre de fragments. La distància euclidiana ha augmentat en ambdós casos, al contrari que l'índex de cohesió, que s'ha vist reduït; és a dir, aquestes

cobertes han incrementat el seu grau d'aïllament. La disminució de la dimensió fractal mostra una reducció en el grau de complexitat en la forma de les tessel·les.

El nombre i l'àrea de la tessel·la més gran també davalla en les landes i matollars, alhora que augmenta la dimensió fractal.

La fageda densa ha perdut fragments però aquests són molt més grans, de manera que l'àrea mitjana també és molt més gran, mostrant una dominància respecte la resta de classes. Segons l'índex LPI, el fragment de fageda densa més gran del 2006 és 11,6ha més gran que el fragment més gran del 1956. En augmentar l'àrea i disminuir el perímetre, s'observa un descens de la dimensió fractal.

L'avetosa ha incrementat el nombre de fragments, que alhora han reduït l'àrea mitjana. També disminueixen la dimensió fractal i la cohesió, mostrant un procés de fragmentació que es dona en les tessel·les més allunyades de la taca principal.

Els fragments de conreus s'han reduït i es troben més concentrats. Les plantacions i zones ajardinades han incrementat el nombre de tessel·les i mostren una menor cohesió. La substitució d'alguns conreus per plantacions explicaria aquesta situació.

La vegetació de ribera ha incrementat el nombre de fragments i l'índex de la tessel·la més gran així com la dimensió fractal i la cohesió.

En relació a la superfície rocosa, sòl nu i camins destaca la reducció del nombre de tessel·les, que alhora han perdut cohesió i ha augmentat la complexitat en la seva forma. La pèrdua de sòl nu s'explica en bona part per la densificació de la fageda.

En les carreteres s'observa un augment en la distància entre les tessel·les, causada per la construcció de la carretera al turó de l'Home i el puig Sesolles amb posterioritat al 1959 i que s'ubica a una certa distància de la carretera que travessa la vall de Santa Fe.

La superfície construïda ha augmentat lleugerament el nombre de tessel·les i mostra un elevat índex de cohesió, ja que les edificacions es concentren majoritàriament en dos pols: al voltant del nucli de Santa Fe i als cims del turó de l'Home i el puig Sesolles.

A nivell de paisatge, els índexs calculats (Taula 9.4) permeten destacar la reducció en el nombre de fragments, mostrant una concentració de cobertes, ja que molts polígons s'han fusionat. Per tant, també ha augmentat la superfície del fragment més gran. S'han perdut ambients de vora respecte el 1956, ja que al 2006 hi ha menys fragments perquè són més grans, incrementant així l'àrea mitjana de les tessel·les. No s'observen diferències substancials en la dimensió fractal, de manera que no s'ha produït una fragmentació en el paisatge. Un paisatge es consideraria fragmentat en cas que l'àrea mitjana de fragments davalli i es mantingui constant el nombre de tessel·les.

L'any 1956 el nombre de fragments era més elevat, de manera que la distància entre ells era menor respecte el 2006. En el paisatge actual, molts fragments d'una mateixa classe s'han agregat —és a dir, hi ha menys tessel·les i de menys superfície— de manera que s'observa un increment de la distància entre les tessel·les, alhora que un increment en el contagi.

L'índex d'uniformitat de Shannon mostra que el paisatge ha perdut heterogeneïtat. La homogeneïtat es troba representada en el descens del nombre de tessel·les i la dominància del fragment més gran, en aquest cas, la fageda densa.

Taula 9.4. Índexs calculats a nivell de paisatge

Índex	1956	2006	Balanç
Nombre de tessel·les (NP)	553	410	-143
Índex de la tessel·la més gran (LPI)	33,7603	45,1019	11,3416
Vores totals (TE)	179130	106555	-72575
Àrea mitjana (AREA_MN)	0,9292	1,2534	0,3242
Dimensió fractal (FRAC_MN)	1,1459	1,15	0,0041
Distància euclidiana (ENN_MN)	37,5727	56,5596	18,9869
Índex de contagi (CONTAG)	59,7895	71,6406	11,8511
Índex d'uniformitat de Shannon (SHEI)	0,6392	0,4629	-0,1763

Font: elaboració pròpia (2010)

L'abandonament del sector primari i el marcat procés de terciarització ocorregut a la vall de Santa Fe al llarg del període 1956-2006, juntament amb els canvis observats en el clima per un increment de la temperatura mitjana anual d'entre 1,2 i 1,4°C, han desembocat en una modificació en el paisatge, a nivell tan de composició com d'estructura. Aquesta dinàmica ha tingut repercussions sobre la biodiversitat amb la pèrdua d'hàbitats i espècies, com les molles i prats torbosos d'esfagnes amb dròsera. La fageda densa esdevé la coberta dominant augmentant la seva densitat i superfície; de manera que, en conjunt, les cobertes forestals han tingut un increment a la vall de l'11,34%, mentre que els espais oberts s'han reduït en un 10,25%, amb un increment del seu grau d'aïllament. L'abandonament dels conreus tradicionals —xifrat en un 69% respecte el 1956— i de l'apropiació forestal, han tingut com a conseqüència el procés de pas de les cobertes cap a estadis més avançats en la successió. En relació al paisatge, les cobertes s'han agregat mostrant una pèrdua d'heterogeneïtat.



Efectes del canvi d'usos i cobertes del sòl en els cabals superficials

10. Relacions entre la coberta forestal i el cicle hidrològic

10.1. Antecedents

10.2. El model forestal GOTILWA+

11. L'experiment de simulació a la vall de Santa Fe

11.1. Dades d'entrada

11.2. Unitats de simulació

11.3. Resultats i discussió

10. Relacions entre la coberta forestal i el cicle hidrològic

Davant la hipòtesi de la possible reducció de cabal superficial a la riera de Santa Fe a causa del canvi d'usos i cobertes del sòl estudiades per als anys 1956 i 2006, es proposa l'ús a nivell metodològic de l'aplicació del model GOTILWA+.

Es fa una revisió de les aportacions més destacables entorn les relacions entre l'augment de la coberta forestal i els recursos hídrics, des dels antecedents fins els treballs més rellevants a Catalunya, posant en èmfasi els estudis d'argumentació entorn el Pla Hidrològic Nacional⁹.

10.1. Antecedents

El 1982, Bosch i Hewlett van mostrar a partir d'aproximadament un centenar de diverses conques experimentals, la relació indirectament proporcional entre els canvis en la coberta vegetal i els aportos d'aigua. Van estimar que una variació del 10% en la coberta d'espècies de caducifolis provoca una variabilitat d'aproximadament 25mm en els aportos d'aigua. Els boscos de coníferes, els caducifolis i les cobertes herbàcies mostraven, en aquest ordre, una influència decreixent en el balanç hídic en les àrees on s'hi havia dut a terme una manipulació en les cobertes. Els resultats d'aquests primers estudis experimentals mostraren doncs, que les conques forestades presentaven un rendiment hídic inferior a les conques on dominava la coberta herbàcia.

A partir d'aquest moment, sorgeixen més estudis que demostren que els canvis de coberta vegetal en una conca modifiquen el balanç d'aigua i les relacions entre la precipitació i l'escolament superficial a causa d'un major consum d'aigua per part de la vegetació forestal. La valoració dels recursos hídrics ha de considerar els canvis que han tingut lloc en el passat i tindran lloc en el futur en relació a les cobertes del sòl a les zones de capçalera (Bosch i Hewlett, 1982; Gallart, 2001; Gallart i Llorens, 2003).

El treball de Wissmar *et al.* (2004) aplicat en diferents conques de nord Amèrica determina, a través de l'aplicació d'un model hidrològic, com les variacions en diferents cobertes del sòl poden afectar en el règim anual del cabal en rieres tributàries en un territori amb una elevada diversitat d'usos i amb diferents graus de cobertura forestal. Segons Running (1998), el cabal és la mesura fonamental per a conèixer la disponibilitat d'aigua d'un territori per a l'ús humà; tot i així, la magnitud i l'estacionalitat del cabal estan profundament influenciats pels canvis en l'ús i les cobertes del sòl.

Diversos treballs demostren la relació entre el canvi d'usos i cobertes del sòl i els recursos hídrics, destacant les recerques dutes a terme del Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals (CREAF) i la Universitat

⁹ Boada, Martí i Sánchez, Sònia (2009): Algunas manifestaciones del cambio global en los cauces. a *Paisea: revista de paisajismo*, 8:7-11.

de Barcelona, sobretot en el camp de la modelització de la resposta hidrològica en conques mediterrànies i balanços hídrics (Gracia et al., 2001 i 2002). Des de l'Institut de Ciències de la Terra Jaume Almera del Consell Superior d'Investigacions Científiques (CSIC), es duen a terme recerques per a l'estimació dels recursos hídrics considerant els canvis d'usos i cobertes a la capçaleres de les conques; així com l'aplicació de metodologies per a mesurar la capacitat forestal d'emmagatzematge d'aigua (Gallart i Llorens, 2001, 2003 i 2004).

En aquest sentit, les conques de la regió mediterrània tenen una càrrega històrica en referència als usos humans, sovint presenten un mosaic força divers d'usos i cobertes del sòl i són més sensibles a causa de l'estrès hídric —manca de recursos hídrics— (Von Schiller, *et al.*, 2008). Tanmateix, moltes àrees de muntanya mitjana han experimentat en les últimes dècades un augment considerable de la coberta forestada a causa de l'abandonament rural i les polítiques ambientals i agràries, produint una reducció de les aportacions en règim natural. Com a primera aproximació, cal considerar que l'establiment d'una coberta forestal en una zona amb una pluviometria de 800mm anuals representa una disminució de l'escorrentia anual d'uns 150mm, és a dir, 0,15 hm³ km⁻² (Bosch i Hewlett, 1982; Gallart, 2001).

Una de les àrees on s'han elaborat estudis capdavanters respecte les relacions entre els canvis en la coberta forestal i els recursos hídrics ha estat la conca de l'Ebre, la qual ha patit, durant la segona meitat del segle XX, un augment rellevant de la coberta forestal, especialment en les àrees de capçalera. Els treballs de Gallart i Llorens han estudiat en aquesta conca la relació entre l'augment de coberta forestal i la disminució de cabal en relació a les propostes del Pla Hidrològic Nacional. Els registres històrics de cabal a la desembocadura de l'Ebre presenten una davallada de pràcticament el 40% de la mitjana anual en els últims 50 anys, mostrant una lleugera tendència relacionada amb la variabilitat climàtica i l'evapotranspiració potencial, atribuint l'increment d'aquesta última a l'augment de coberta forestal a les zones de capçalera. Els resultats recolzen la hipòtesi esperada en quant a la davallada d'aport hídric determinada per un increment en la coberta forestal a causa de la recuperació del sistema forestal. En l'anàlisi realitzada per a diferents escenaris temporals entre el 1945 i el 1995, s'observà que en totes les conques experimentals es va produir un increment de coberta forestal i una davallada de la tendència en la precipitació i l'evapotranspiració potencial (Gallart i Llorens, 2004).

El descens observat dels aports en règim natural es deu principalment a l'augment de la coberta forestal en àrees de muntanya mitjana que anteriorment van ser ocupades per activitats del sector primari, com l'agricultura o la ramaderia extensiva. La reducció dels aports hídrics ha estat molt més important en els afluents que tenen les seves capçaleres en aquestes àrees de muntanya mitjana, si bé, de cara al futur, es preveu un cert estancament en l'augment de la coberta forestal en aquestes zones, mentre que l'aforestació en zones situades a més altitud continuarà lentament, però amb un major cost hidrològic. En el cas de la conca de l'Ebre, l'evolució futura dels recursos hídrics en règim natural no depèn només del canvi climàtic o del consum agrícola o altres extraccions, sinó també del consum condicionat per l'evolució i la gestió de les àrees de capçalera (Gallart, 2001).

Una planificació d'infraestructures i recursos que no tingui en compte aquests fets corre un risc elevat de cometre errors d'elevat cost econòmic, social i ambiental. Una gestió sostenible dels recursos hidrològics requereix una gestió integrada de les conques en les que es consideri explícitament el consum d'aigua en règim natural, i la gestió de la coberta vegetal i dels usos del sòl en les àrees de capçalera. I precisament

la crítica més important que rebé el Pla Hidrològic Nacional va ser la insuficiència del mètode emprat en l'estimació dels recursos hídrics, que suposava que les capçaleres de les conques hidrogràfiques no havien patit canvis en la coberta vegetal que hagin modificat la seva resposta hidrològica en règim natural durant els últims 55 anys (Gallart, 2001; Gallart i Llorens, 2004).

La coberta forestal augmenta la intercepció enfront la precipitació, genera molt més vapor d'aigua per evapotranspiració respecte la vegetació herbàcia o arbustiva i regula els mecanismes de generació d'escolament, retardant i disminuint els màxims de crescuda. La intercepció és l'aigua retinguda a les fulles que permet ser reevaporada durant i després de la precipitació. S'ha calculat que la intercepció varia d'un 15 a un 30% en funció del tipus de vegetació, densitat d'arbres, tipus de precipitació i condicions anteriors d'humitat, entre d'altres factors (Rabadà, 1997).

L'avaluació dels recursos hídrics requereix una correcta estimació del balanç hidrològic o de la repartició de la precipitació entre evapotranspiració, escorrentia i recàrrega dels aqüífers (o infiltració). L'equació del balanç hidrològic és una expressió simple, si bé la quantificació dels seus termes és normalment complicada, principalment per la falta de mesures directes i per la variació espacial de l'evapotranspiració, de les pèrdues profundes en aqüífers i de les variacions de l'aigua emmagatzemada en una conca. Com a resposta a aquestes dificultats, generalment s'admeten dues assumpcions: la primera suposa que les pèrdues profundes són despreciables i es considera per tant, que la conca és impermeable; i la segona admet que les variacions de l'aigua emmagatzemada a la conca són despreciables per un període suficientment llarg, de normalment un any. La pràctica més comuna en hidrogeologia és determinar l'evapotranspiració real a partir de les mesures de precipitació i cabal. Si és difícil obtenir models de balanç d'aigua per les condicions actuals, de les quals podem obtenir paràmetres i realitzar observacions directes, el problema es complica quan es pretén predir el funcionament hidrològic d'una conca sota noves condicions climàtiques i/o de canvi d'usos i cobertes del sòl (Llorens, 2003).

10.2. El model forestal GOTILWA+

El model GOTILWA+, acrònim de Growth Of Trees Is Limited by Water (Gracia *et al.*, 1999; Gracia *et al.*, 2005; <http://www.creaf.uab.es/gotilwa+/>) és un model integrador que ha estat implementat per simular processos del creixement forestal, els fluxos i balanços d'aigua i carboni, així com per explorar com aquests processos són influenciats pel clima, l'estructura arbòria, les tècniques de gestió i les propietats del sòl. El model ha estat desenvolupat sota la premissa que l'aigua és, molt sovint, el factor limitant per al creixement vegetal i per tant, és un factor clau en el model.

Permet simular, en termes ambientals i de gestió, escenaris sobre la resposta dels ecosistemes forestals enfront el canvi ambiental, i en especial del canvi climàtic, a partir de la combinació dels processos que hi tenen lloc (Gracia *et al.* 2001, Kramer *et al.*, 2002; Sabaté *et al.*, 2004).

Els models esdevenen una eina fonamental per tal de quantificar els impactes del canvi climàtic en els ecosistemes forestals i el model GOTILWA+ ha estat testat, entre d'altres, per tal de mesurar els fluxos d'aigua i diòxid de carboni en diferents tipus de boscos europeus prenent com a base dades fisiològiques. Els models basats en el creixement forestal han de ser capaços de descriure el flux de carboni de manera

acurada en termes de balanços diaris i anuals, considerant també la sensibilitat enfront el clima (Kramer *et al.*, 2002). Kramer (2002) descriu tres projectes a nivell europeu desenvolupats per a testar l'eficàcia de models amb observacions quantitatives precises a petita escala i analitzar així la contribució de diferents processos a l'intercanvi forestal de diòxid de carboni i aigua. Un dels models emprats en aquests projectes és el GOTILWA+, essent representatiu de tots els que s'empren en l'estudi, dissenyats per avaluar les dinàmiques del creixement forestal a llarg termini.

Aquest model ha estat emprat per explorar les respostes de diferents tipologies de bosc enfront la disponibilitat d'aigua, especialment en la zona mediterrània. Algunes de les aplicacions que s'han dut a terme permeten copsar el risc al qual seran sotmeses determinades espècies mediterrànies allà on la precipitació és escassa davant els escenaris de futur en relació al canvi climàtic (Gracia *et al.*, 2001). També s'han valorat els efectes del canvi global en la dinàmica forestal, la producció i els fluxos de carboni, així com els efectes de la gestió forestal. En aquest sentit, una gestió adequada mitjançant aclarides, selecció d'espècies i planificació de les tasques silvícoles poden influenciar de manera marcada sobre el balanç d'aigua i carboni de les conques forestals (Gracia *et al.*, 2001). El model també pot aplicar-se en altres tipologies de boscos amb comunitats forestals monoespècífiques, i és extensiu a totes les espècies arbòries: caducifòlies i perennifòlies, així com en les regions boreal, temperada i mediterrània. Els boscos mixtos queden exclosos de l'abast del model, ja que no es considera la interacció entre diferents espècies arbòries. Tanmateix, sí que es pot simular l'estructura, biomassa i evolució del sotabosc així com la seva interacció amb la coberta arbòria.

A partir de la interacció entre la precipitació diària i l'estructura forestal, es realitza una estimació del total de pluja interceptada per les capçades, la precipitació que arriba al sòl i l'escolament. El model assumeix que certes característiques de les plantes, com per exemple l'índex foliar, són altament dependents de la disponibilitat d'aigua. El balanç entre la respiració, la producció primària neta i el cost metabòlic associat a la formació de nova biomassa determinen processos de canvi en la planta que afecten, al seu torn, en els fluxos hidrològics.

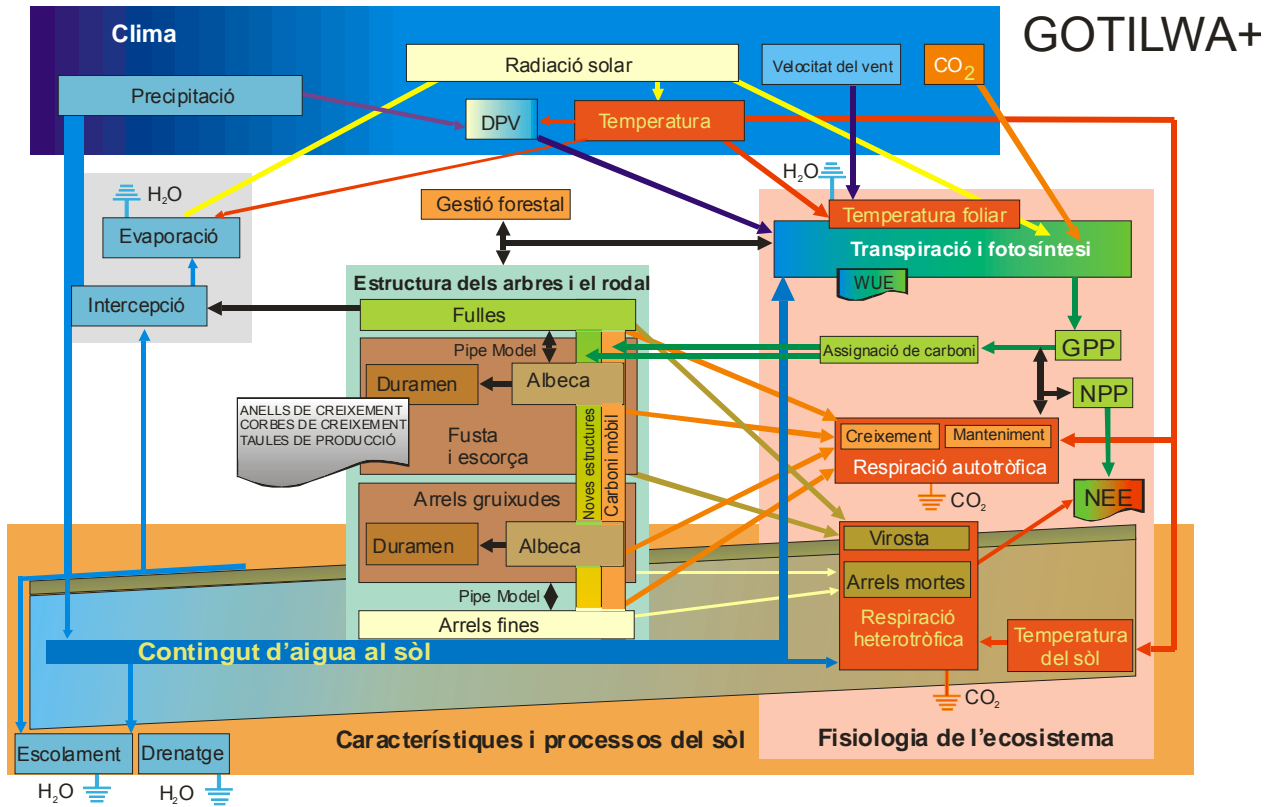
Així, en el model es considera l'anàlisi a dos nivells:

- L'arbre, que es divideix en dues fraccions: la part aèria (fulles, branques i tronc) i la part subterrània (arrels); on es consideren diverses variables per a cadascuna d'aquestes fraccions.
- El bosc és descrit com una població d'individus cadascun dels quals presenta una mida particular. La densitat de la població i la distribució dels peus en classes diamètriques són paràmetres utilitzats per definir l'estructura inicial de la població.

A partir de la densitat inicial (peus/hectàrea) i de la distribució diamètrica, el model pot simular el creixement i estructura forestal sota diferents condicions climàtiques integrant els processos ecofisiològics a nivell d'ecosistema (Gracia *et al.*, 2005). L'anàlisi del clima és indispensable ja que afecta els mecanismes fisiològics dels vegetals i determina els processos edàfics. El model utilitza els valors diaris de radiació, temperatura màxima i mínima, precipitació, velocitat del vent, dèficit de pressió del vapor d'aigua i concentració del CO₂ atmosfèric. En quant a les propietats del sòl, el model contempla la humitat edàfica, la matèria orgànica en descomposició, la virosta i la mortalitat radicular. Un cop definits tots aquests paràmetres, el model pot simular els principals fluxos hídrics: la precipitació, la precipitació que

arriba al sòl, la intercepció, la transpiració, l'escolament cortical, l'escolament superficial, l'emmagatzematge d'aigua al sòl i el drenatge (Figura 1.1).

Figura 10.1. Esquema conceptual del model forestal GOTILWA+. S'hi mostren els processos principals i les seves interrelacions.



Font: Gracia *et al.* (2005)

11. L'experiment de simulació a la vall de Santa Fe

L'objectiu bàsic de l'aplicació del model GOTILWA+ (Gracia *et al.*, 2005; <http://www.creaf.uab.es/gotilwa/>) és realitzar un exercici de simulació dels efectes del canvi d'usos i cobertes del sòl (1956-2006) sobre el cabal a la riera de Santa Fe i determinar possibles diferències d'escolament superficial al llarg del període estudiat. L'aplicació s'ha dut a terme amb la col·laboració dels doctors Eduard Pla, Carles Gracia i Jordi Vayreda.

Tal i com s'exposarà més endavant, els resultats de validació no s'han considerat satisfactoris, de manera que no s'observen diferències significatives entre els cabals simulats per als anys 1956 i 2006.

11.1. Dades d'entrada

Les dades d'entrada bàsiques a introduir al model es refereixen a l'estructura i ecofisiologia de la vegetació, a les condicions climàtiques i topogràfiques, així com als paràmetres relacionats amb els fluxos d'aigua i carboni al sòl. En algun cas, el model incorpora dades anuals, com la concentració de CO₂ atmosfèric, o bé genera estimacions d'altres variables, com el dèficit de pressió de vapor o l'evapotranspiració potencial, en cas de no disposar de dades mesurades.

L'estudi però presenta algunes limitacions originades per dades no extretes empíricament de la vall, sinó a partir de treballs preexistents. En aquest sentit, s'assumeix que la conca és impermeable, és a dir, que la infiltració és nul·la; el gruix del sòl s'estableix en funció de l'altitud (Piñol, 1990) i únicament s'ha considerat el faig (*Fagus sylvatica*) a l'hora de parametritzar el model en tractar-se d'una conca molt forestal i dominada bàsicament per aquesta espècie.

11.1.1. Estructura i ecofisiologia de la vegetació

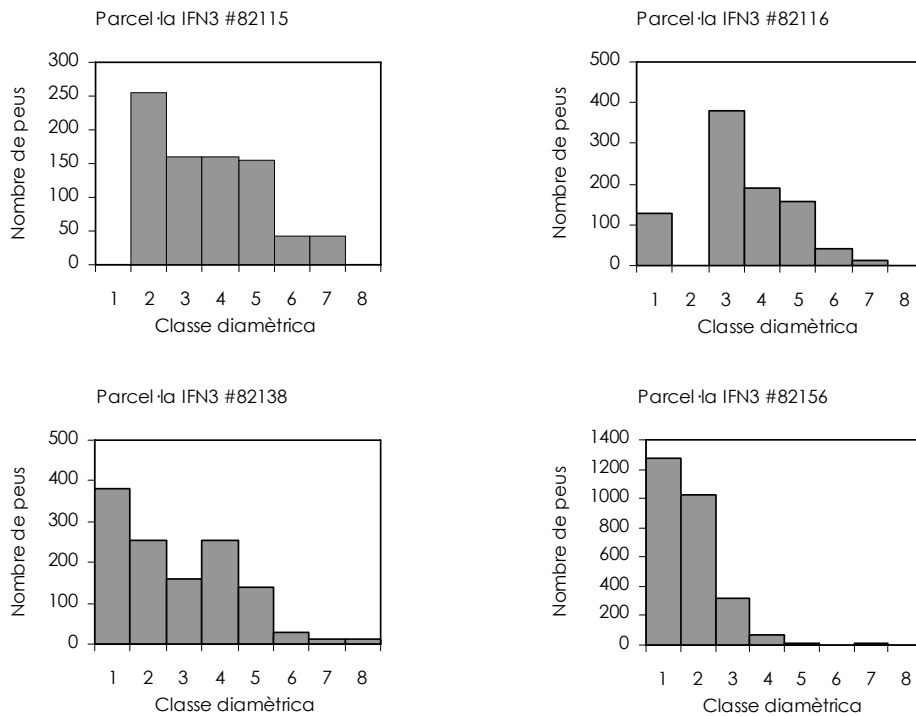
Les dades referents a la densitat de la fageda i la seva distribució en classes diamètriques provenen del Tercer Inventari Forestal Nacional (IFN3, 2000-2001), que proporcionen informació d'estructura i composició del bosc. A l'àrea d'estudi s'han localitzat quatre estacions de l'IFN3 (Taula 11.1 i Gràfica 9.2).

Taula 11.1. Parcel·les de l'IFN3 presents a l'àrea d'estudi.

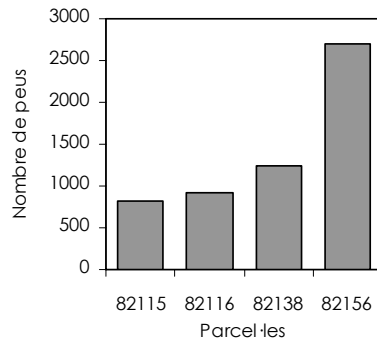
Codi parcel·la	Altitud	UTMX	UTMY
82115	1.346 m	454042	4625992
82116	1.239,8 m	455068	4626012
82138	1.177,1 m	455054	4624940
82156	1.396,8 m	455042	4624000

Font: IFN3 (2000-2001).

Gràfica 11.1. Els histogrames mostren la distribució per classes diamètriques a cada parcel·la inclosa a l'àrea d'estudi. La gràfica inferior mostra el nombre total de peus a cadascuna de les parcel·les considerades.



Classes diamètriques	1	2	3	4	5	6	7	8
DBH (cm)	< 7,5	7,5-12,5	12,5-17,5	17,5-22,5	22,5-27,5	27,5-32,5	32,5-37,5	37,5-42,5



Font: elaboració pròpia a partir de dades de l'IFN3 (2008).

La distribució en classes diamètriques permet determinar la maduresa de la població si no es disposa de dades referents a l'edat dels arbres. La primera parcel·la (82115) mostra la població més madura, ja que presenta un baix nombre de peus respecte la resta, una distribució força homogènia a les classes diamètriques mitjanes i un nombre elevat d'individus a les classes 7 i 8. Els peus més petits s'inclouen a la classe 2, per tant, la manca de classes diamètriques menors podria ser causat per un procés d'autoaclerida, que indica que es tracta d'un bosc que fa temps que no es gestiona.

La parcel·la 82116 és força similar tant amb el nombre de peus com amb la distribució de l'histograma, amb la diferència que presenta una regeneració més activa, amb un nombre elevat de peus joves.

Els histogrames corresponents a les dues parcel·les restants posen de manifest un canvi estructural respecte les anteriors. La parcel·la 82138 mostra una estructura del bosc més diversificada, amb individus presents a totes les classes diamètriques establertes, així com una elevada regeneració. La parcel·la 82156 és la que conté un nombre de peus més elevat i pràcticament el 85% dels peus s'inclouen a les dues primeres classes diamètriques, és a dir, no superen els 12,5 cm de diàmetre. Es mostra doncs un bosc molt jove amb molt pocs individus madurs i que ha estat sotmès a gestió recentment.

A partir d'aquí s'ha cercat informació ecofisiològica de l'espècie principal, en aquest cas, del faig. En aquest sentit, les dades de fotosíntesi i la conductància estomàtica provenen de mesures fetes per aquesta espècie en indrets de condicions similars. La Taula 11.2 recull els valors de referència que pren el model per al faig (*Fagus sylvatica*), l'espècie considerada dominant a les unitats de simulació establertes.

Taula 11.2. Paràmetres de fotosíntesi foliar i conductància estomàtica utilitzats en la parametrització de *Fagus sylvatica*.

Paràmetres	Símbol	Unitats	<i>F. sylvatica</i>
Fotosíntesi foliar			
Taxa màxima de carboxilació a 25°C	V _c max	μmols m ⁻² s ⁻¹	94.5
Energia d'activació de V _c max	E _a	J mol ⁻¹	82000
Pressió parcial intercel·lular de CO ₂	C	ppmv	226000
Taxa màxima d'oxigenació a 25°C	V _o max	μmols m ⁻² s ⁻¹	19.845
Energia d'activació de V _o max	E _a	J mol ⁻¹	82000
Pressió parcial intercel·lular d'O ₂	C	ppmv	226000
Taxa potencial de transport electrònic a 25°C	J max	μmols m ⁻² s ⁻¹	159.86
Energia d'activació de J max	E _a	J mol ⁻¹	37000
Paràmetre de curvatura de J max	E _d	J mol ⁻¹	220000
Paràmetre de la temp. de resposta de transport electrònic	S	J mol ⁻¹ K ⁻¹	710
Curvatura de resposta del transport electrònic a la irradiància	ψ	An/PPFD	0.7
Constant de Michaelis-Menten de Rubisco pel CO ₂ a 25°C	K _c	Pa	46
Energia d'activació de K _c max	E _a	J mol ⁻¹	59356
Constant de Michaelis-Menten de Rubisco per l'O ₂ a 25°C	K _o	Pa	33000
Energia d'activació de K _o max	E _a	J mol ⁻¹	36000
Taxa de respiració fosca a 25°C	R _d	μmols m ⁻² s ⁻¹	1.2
Factor de l'efecte temperatura a 25°C	Q ₁₀	--	2
Conductància estomàtica			
Conductància residual (cuticular)		μmols m ⁻² s ⁻¹	0.01
Constant de Leuning	g _l	--	9
Factor de resposta de g _s vers VPD	g _s DO	kPa	1.5
Contingut d'aigua al sòl al qual g _s =0	S _{gso}	m ³ m ⁻³	0.01
Contingut d'aigua al sòl al qual g _s =g _s max	S _{gsmax}	m ³ m ⁻³	0.1
Dimensió característica foliar	D	m	1.19
Paràmetre X (distribució el·lipsoïdal)	X	v h ⁻¹	1.176
Fulles segons distribució dels estomes			Hipoestomàtica
Tipus funcional			Caducifoli

Font: Gracia *et al.* (2007).

11.1.2. Usos i cobertes del sòl

A banda de l'anàlisi de l'estructura de la vegetació a nivell ecofisiològic, s'incorporen al model les dades obtingudes per als usos i cobertes del sòl entre els anys 1956 i 2006. Aquestes dades s'han obtingut a través del treball cartogràfic detallat al capítol anterior.

Per a l'aplicació del model, es simplificaran les dades tot agrupant-les en les sis categories bàsiques: bosc, conreus i pastures, matollars, sòl nu, aigües superficials i superfície construïda (Taula 11.3).

Taula 11.3. Recategorització dels usos i cobertes del sòl per a l'aplicació del model GOTILWA+.

Resum usos del sòl (%)	1956		2006		Balanç	
	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)
Bosc (fageda esclarissada + fageda densa + avetosa + vegetació de ribera + plantacions i zones ajardinades)	368,8	71,8	427,0	83,1	58,2	11,3
Conreus i pastures (conreus + prats i herbassars)	49,5	9,6	10,8	2,1	-38,7	-7,5
Matollars (landes i matollars)	72,7	14,2	58,8	11,4	-14,0	-2,7
Sòl nu (superfície rocosa, sòl nu i camins)	14,6	2,8	7,0	1,4	-7,6	-1,5
Aigües superficials (Embassaments i xarxa hídrica)	5,5	1,1	5,1	1,0	-0,4	-0,1
Superfície construïda (superfície construïda + carreteres secundàries)	2,8	0,5	5,2	1,0	2,5	0,5

Font: elaboració pròpia (2009)

11.1.3. Característiques del sòl

La informació sobre el contingut en matèria orgànica i el gruix del sòl permet descriure els fluxos hidrològics i de carboni alhora que determinen l'aigua emmagatzemada al sòl. La disponibilitat d'aigua útil per a la vegetació depèn en gran mesura de les característiques edàfiques, com la porositat o la capacitat de saturació.

La manca de disponibilitat de dades concretes de l'àrea d'estudi en referència al sòl suposen una de les limitacions en l'ús del model. A partir de bibliografia sobre la zona d'estudi, així com altres treballs complementaris, es poden assumir un seguit de supòsits per parametritzar correctament aquest aspecte.

La fondària del sòl es troba relacionada amb l'altitud i s'ha assumit a partir del treball de Piñol (1990) en què es relacionen les parts baixes amb fondàries més profundes i les parts més elevades amb sòls més primers. A partir d'aquesta constatació s'han establert dues categories a les quals s'ha assignat un gruix de sòl (Taula 11.4).

Taula 11.4. Gruix del sòl establert en funció de les dues categories altitudinals establertes.

Altitud	Gruix de sòl
> 1.300 m	0,60 m
< 1.300 m	0,80 m

Font: Piñol (1990).

La taxa d'infiltració que s'ha aplicat, és a dir, el drenatge promig de la conca que no es tradueix en escolament superficial, és del 0,12% de manera que es considera que la conca és força impermeable, ja que és bàsicament constituïda per materials granítics i sediments argilosos compactes.

En relació al contingut de matèria orgànica al sòl s'ha considerat un valor mitjà del 4% en pes sec de carboni orgànic al sòl (SOC) en l'horitzó mineral. La matèria orgànica a l'horitzó superficial corresponen a la virosta (horitzons L i F₁) s'ha documentat en 584 g/m² en zones planes (fageda de Morou) i de 410 g/m² en zones de pendent (fageda sota la cresta de les Agudes) (Riba, 1982).

11.1.4. Dades climàtiques

A partir dels valors diaris de temperatura màxima, temperatura mínima, precipitació, radiació solar i velocitat mitjana del vent, a més d'altres dades com la concentració atmosfèrica de CO₂ i el dèficit de pressió de vapor (Taula 11.5), el model obté dades horàries per tal de simular processos fisiològics com la fotosíntesi i l'evapotranspiració.

Taula 11.5. Variables climàtiques.

Variables	Símbol	Unitats
Radiació solar	Q	MJ/m ² /dia
Temperatura màxima diària	Max T	°C
Temperatura mínima diària	Min T	°C
Precipitació	P	mm/dia
Velocitat mitjana del vent	WS	m/s
Concentració atmosfèrica de CO ₂	CO ₂	ppm
Dèficit de pressió de vapor a l'alba	VPD	kPa

Font: Gracia *et al.* (2003)

La tradició d'emmagatzemar registres i obtenir sèries temporals de diferents processos naturals esdevé una eina de gran importància en l'estudi de les manifestacions del canvi global. Els registres poden ser de molt diversa naturalesa: des dels cicles biològics, com és el cas de les fenologies de les plantes —floració, caiguda de la fulla, brotada, etc.—, als factors abiòtics, com els fenòmens meteorològics.

Les dades meteorològiques s'han obtingut a partir de la consulta en quatre estacions: l'observatori del turó de l'Home, l'estació Joan Ragué de Gualba —ambdues de l'Institut Nacional de Meteorologia—, la de Tagamanent —del Servei Meteorològic de Catalunya— i la de Can Lleonart —del Parc Natural del Montseny—, si bé per tal de validar el model s'han emprat dades d'aquestes dues últimes estacions.

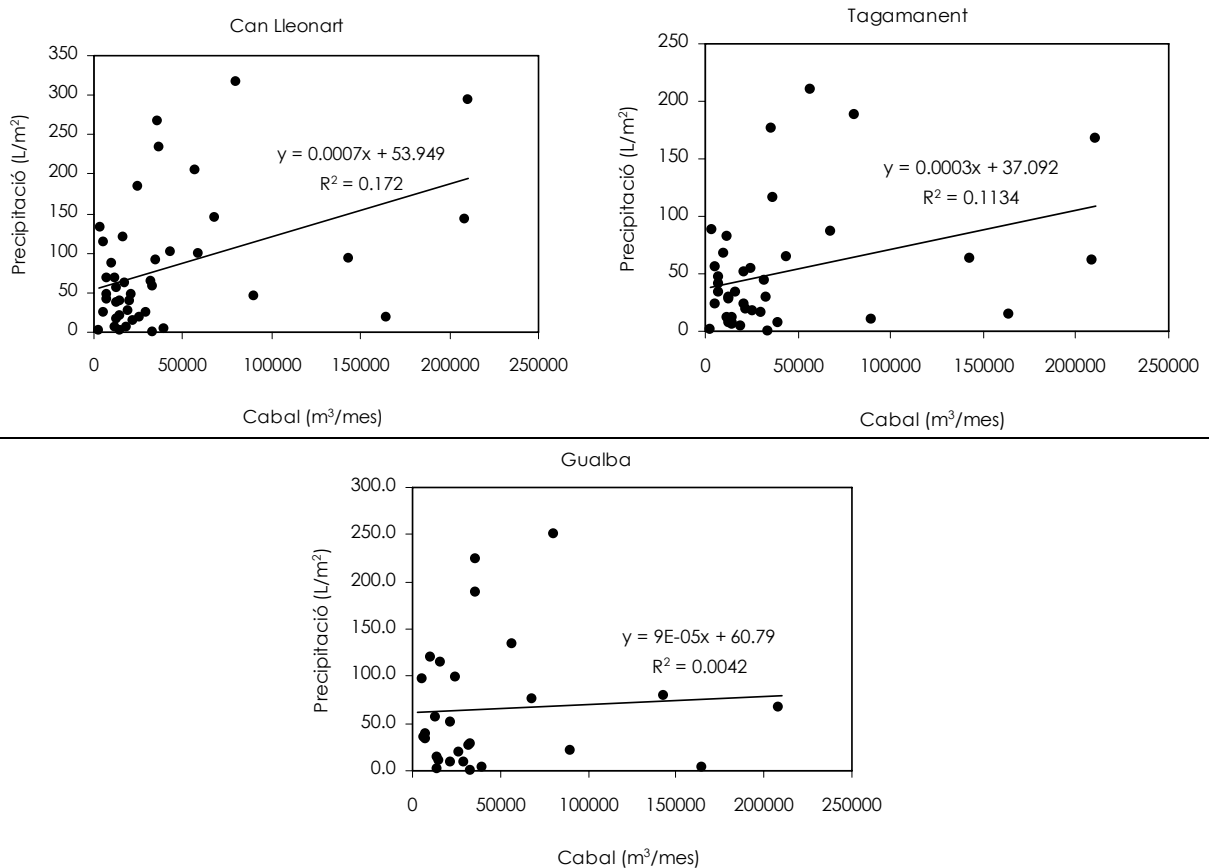
Dins els límits de la vall, la única estació amb disponibilitat de dades diàries és la de Can Lleonart, la informació de la qual ha estat aportada pel Parc Natural del Montseny. Aquesta estació proporciona dades diàries des de l'abril de 1992, de manera que fins l'actualitat hi ha disponible una sèrie de 16 anys en referència a la temperatura —màxima i mínima— i la precipitació. Les dades de radiació i velocitat del vent s'han obtingut de l'estació més propera a l'àrea d'estudi, que correspon a la de Tagamanent a través del Servei Meteorològic de Catalunya.

A partir d'una regressió lineal es determina que les dades de precipitació proporcionades per l'estació meteorològica de Can Lleonart són les que millor s'ajusten al cabal observat ($r^2 = 0.17$) (Gràfica 11.2),

passant a ser l'estació de referència que, a més, proporciona dades diàries i s'ubica dins els límits de l'àrea d'estudi, a pocs centenars de metres del punt d'aforament del cabal.

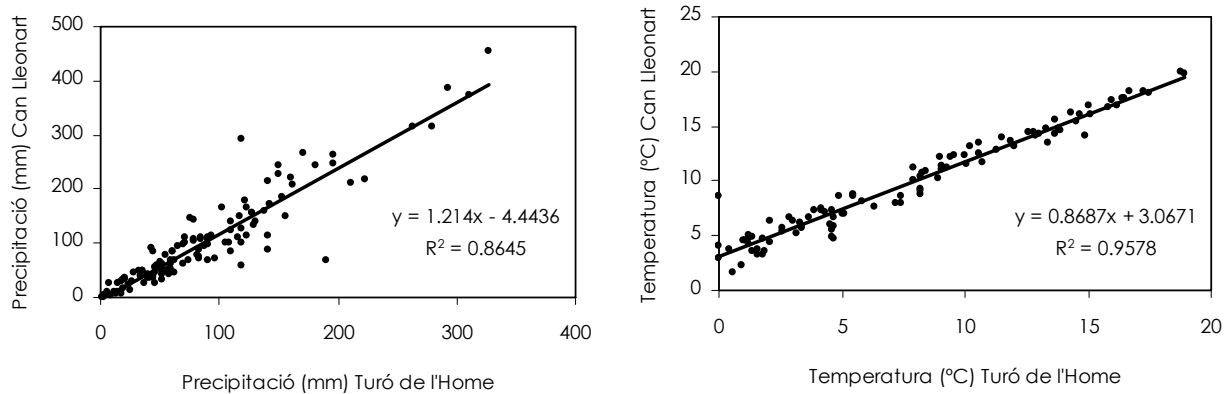
Les dades meteorològiques del turó de l'Home no poden correlacionar-se amb el cabal donat que les sèries temporals no són coincidents. Tanmateix, mantenen una elevada correspondència amb les dades de precipitació de l'estació de Can Lleonart per al període 1992-2004 ($r^2 = 0.87$) i de temperatura per al període 1992-2000 ($r^2 = 0.96$) (Gràfica 11.3).

Gràfica 11.2. Anàlisi per regressió lineal entre les dades de cabal i de precipitació a cada estació meteorològica.



Font: elaboració pròpia a partir de dades aportades pel Centre d'Estudis Avançats de Blanes (CEAB-CSIC) en el cas del cabal, pel Parc Natural del Montseny (Can Lleonart), per Jaume Salichs i Antoni Salichs (Gualba) i el Servei Meteorològic de Catalunya (Tagamanent) (2008).

Gràfica 11.3. Correlació entre les dades de precipitació total mensual i de temperatura mitjana mensual de l'estació de Can Leonart i de l'Observatori del Turó de l'Home.

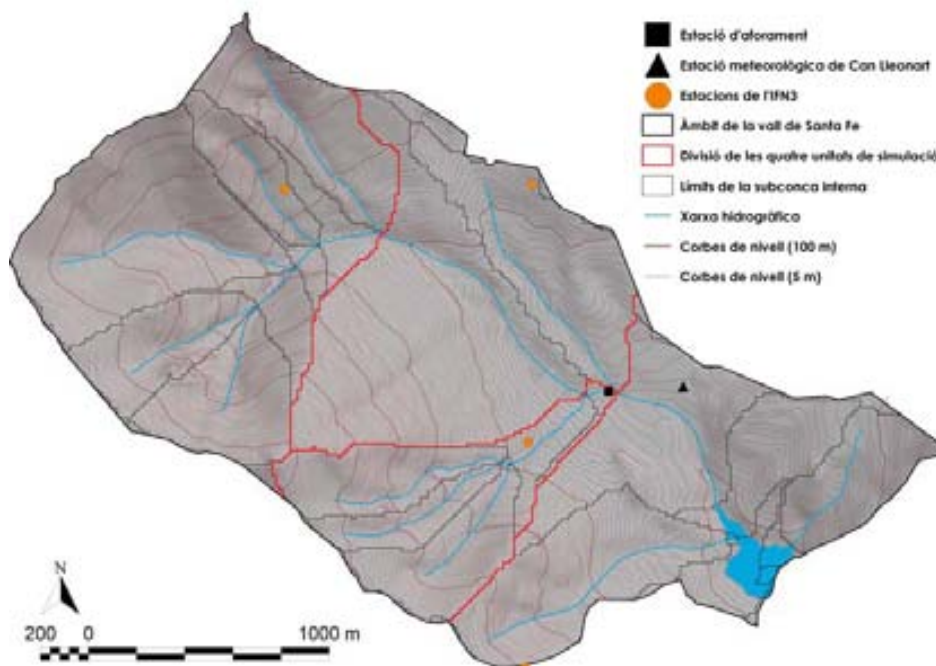


Font: elaboració pròpia a partir de dades aportades pel Parc Natural del Montseny (Can Leonart) i per l'Institut Nacional de Meteorologia (Observatori del turó de l'Home) (2008).

11.2. Unitats de simulació

A partir de les quatre estacions de l'Inventari Forestal Nacional (IFN3) ubicades dins els límits de l'àrea d'estudi i de la delimitació de les subconques internes definides per l'Agència Catalana de l'Aigua, s'estableixen diferents unitats de simulació que el model defineix com àrees homogènies (Figura 9.7). Es realitza una simulació per a cadascuna de les unitats establertes i, posteriorment s'agreguen les dades per al conjunt de la conca.

Figura 11.1. Unitats de simulació.



Font: elaboració pròpia a partir de dades de l'ICC (2008)

11.3. Resultats i discussió

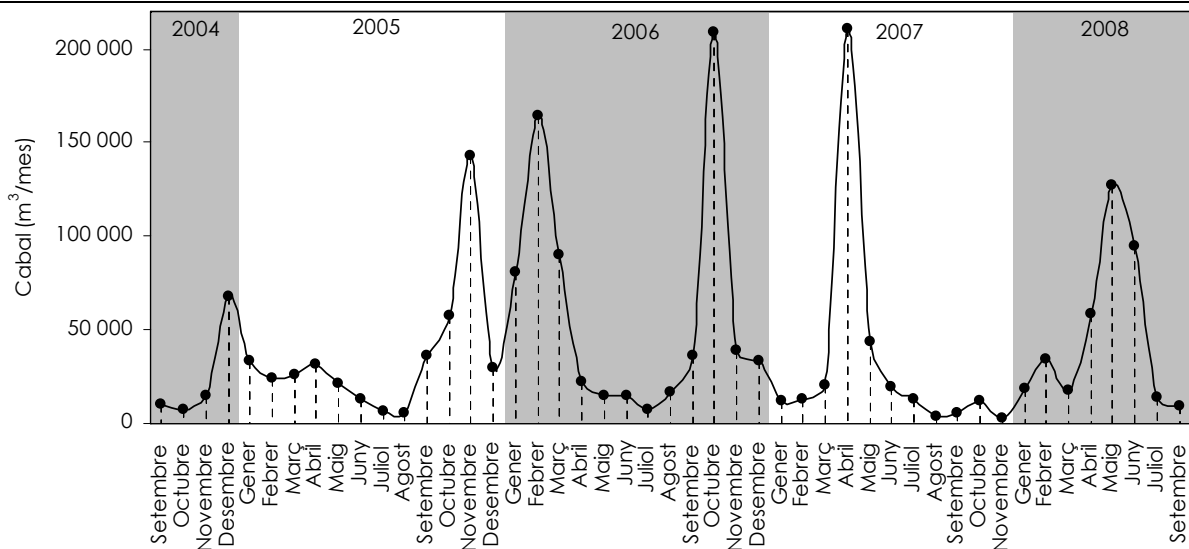
Un cop s'ha parametrizat el model s'ha dut a terme el procés de validació, consistent en la comparació del cabal simulat i del cabal mesurat a la riera de Santa Fe per al mateix període (2004-2007). La validació serà efectiva si els dos patrons s'ajusten d'una manera satisfactòria.

Les dades de cabal mesurat disponibles han estat aportades per investigadors del Centre d'Estudis Avançats de Blanes (CEAB-CSIC), on es duen a terme recerques en ecologia fluvial, com estudis sobre la influència dels usos del sòl en el funcionament de l'ecosistema aquàtic en conques mediterrànies (Argerich *et al.*, 2008 i Von Schiller *et al.*, 2008). Metodològicament, el cabal s'ha estimat a partir d'un balanç de masses usant la corba temporal de la conductivitat registrada al fons (Von Schiller *et al.*, 2008).

La riera de Santa Fe és de règim permanent, amb un cabal mitjà de 16,3L/s i s'ha obtingut a partir de mesures bimensuals al llarg del període 2004-2008 (Argerich *et al.*, 2008). Durant les èpoques d'avinguda, que tenen lloc sobretot durant la tardor, coincidint amb el període en què els caducifolis perden la fulla i per tant la taxa d'evapotranspiració és inferior, el cabal s'incrementa i fins i tot es pot arribar a duplicar, mostrant canvis abruptes al llarg de l'any (Argerich *et al.*, 2008 i Von Schiller *et al.*, 2008) (Gràfica 11.4).

Les dades de cabal obtingudes permeten documentar un patró anual, si bé no corresponen a dades estrictament reals ja que, com s'ha comentat anteriorment, no són dades contínues i per tant, es subestimen els pics màxims d'intensitat de cabal (Gràfica 11.4) i la correlació amb el règim de precipitació de l'estació de Can Lleonart és dèbil (Gràfica 11.2; $r^2 = 0,172$).

Gràfica 11.4. Cabal a la riera de Santa Fe.

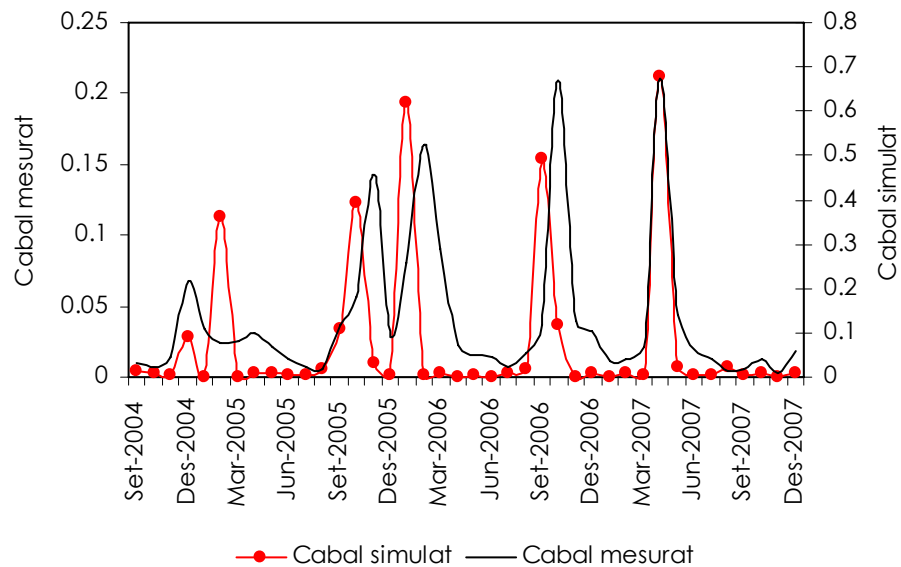


Font: elaboració pròpia a partir de dades aportades per CEAB-CSIC (2009).

Els resultats de validació mostren que la simulació sobreestima els pics màxims i que el patró del cabal mesurat mostra un nivell basal inferior respecte el simulat, alhora que subestima pics màxims puntuals en moments d'avingudes. S'obté una correspondència del 20% ($r^2=0,201$) (Gràfica 11.5).

Una anàlisi del promig mensual al llarg de la sèrie estudiada permet observar que els resultats simulats pel model ($0,078\text{hm}^3/\text{mes}$) sobreestimen les dades mesurades a la riera ($0,040\text{hm}^3/\text{mes}$). La correlació per l'anàlisi mensual mostra un ajust més elevat ($r^2 = 0,38$). Els mesos en què es dona un major desajustament coincideixen amb els episodis on les precipitacions es donen amb una major freqüència, un fet que reforça la necessitat d'obtenir registres d'aforament continus.

Gràfica 11.5. Resultats mensuals de la validació de GOTILWA+ per a la conca de Santa Fe, comparant el cabal simulat respecte el cabal mesurat. Es mostra en dos eixos per tal de valorar el patró.



Font: elaboració pròpia (2009)

Per tot l'exposat, la validació obtinguda no s'ha considerat satisfactòria. Tanmateix, s'ha realitzat la simulació del cabal considerant els usos i cobertes del sòl de 1956, i la comparativa d'aquest respecte el cabal actual no mostra diferències significatives.

No ha estat possible doncs, contrastar la hipòtesi de reducció de cabal superficial a la riera de Santa Fe en relació al canvi d'usos i cobertes del sòl entre 1956 i 2006 a través de l'aplicació del model GOTILWA+. Es consideren a continuació les principals limitacions:

- La principal dificultat a l'hora d'analitzar les aportacions hídriques, ha estat la manca de registres a partir d'estacions d'aforament continu al curs fluvial principal de l'àrea d'estudi. Aquest és un fet freqüent a les àrees de muntanya, on l'Administració no ha establert tants controls com en d'altres zones amb explotació d'aqüífers (Mas-Pla, 2005).
- Malgrat que l'increment de superfície forestal a l'àrea d'estudi és d'un 11,4%, la densificació de la fageda ha augmentat d'una manera més marcada (25,47%). El model no ha permès incorporar les diferències detectades en el canvi d'una fageda esclarissada —en el context d'un sector primari d'apropiació forestal actiu— envers la fageda densa, ja que ambdues tipologies s'han agrupat sota la categoria de bosc.

En una conca en la que s'hagi produït un augment de la coberta forestal és esperable que es doni un augment del consum d'aigua i, per tant, una disminució dels aportes en condicions climàtiques similars. D'altra banda, en conques petites, els canvis a nivell d'usos i cobertes del sòl tenen un major impacte sobre el drenatge i l'escorrentia superficial i per tant, en els cabals (d'Orgeval i Polcher, 2008). Si aquesta disminució no es detecta, pot deure's a un efecte de compensació —per exemple, per augment de la superfície urbanitzada—, a la insuficient qualitat o durada de les observacions, o bé a l'elevada variabilitat temporal de les condicions climàtiques, ja que hi ha molts factors que contribueixen al balanç hídric d'una conca al medi natural.

A nivell de propostes i per una continuïtat de la recerca, donada l'elevada correlació dels valors coneguts de cabal entre la riera de Santa Fe i la conca de la Llavina ($r^2=0.85$) —conca aforada de la capçalera de la Tordera situada a la vessant oposada de Santa Fe respecte la carena del turó de l'Home - Les Agudes— i tenint en compte la diferència de magnitud d'ambdós cabals, es podria aplicar aquesta sèrie de valors coneguts i continus a nivell diari per tal de testar una nova validació del model.

Tanmateix, la instal·lació d'una estació automàtica d'aforament continu a la riera de Santa Fe resultaria d'un elevat interès, donats els diversos estudis realitzats en aquesta àrea des de la perspectiva de diferents disciplines i el potencial per determinar canvis en els cabals superficials sota l'escenari del canvi global, incloent el canvi climàtic. L'increment en la temperatura mitjana anual detectada a l'àrea d'estudi, d'1.2 a 1.4°C al llarg de la segona meitat del segle XX (Peñuelas i Boada, 2003), pot esdevenir una important força inductora biofísica de cara a condicionar canvis en la vegetació i la dinàmica de les cobertes del sòl. El desencadenant, i allò que els experts coincideixen a assenyalar com a notori dintre dels processos de canvi climàtic, és l'augment de les condicions d'aridesa. Aquest fet condiciona un augment de l'evapotranspiració i, en conseqüència, de les condicions de sequera (Peñuelas *et al.*, 2005).

L'objectiu de l'aplicació del model GOTILWA+ és mostrar com, a escala local, el canvi de cobertes del sòl associat al despoblament rural, juntament amb un augment de les condicions d'aridesa a conseqüència del canvi climàtic, repercuteix en el cicle hidrològic, posant de manifest la interrelació entre els factors socioeconòmics i els factors biofísics. Malgrat la validació no ha estat satisfactòria, s'exposen les limitacions detectades per tal de possibilitar un futur experiment en aquest sentit.



Conclusions

12. Conclusions

Les conclusions es presenten ordenades en funció dels objectius establerts en la presentació:

- Objectiu 1: descriure i analitzar els processos de canvi socioecològic produïts a la vall de Santa Fe a través de la història ambiental.

La visió integradora de les Ciències Ambientals aporta una metodologia basada en la interdisciplinarietat per dur a terme l'anàlisi socioecològica de la transformació del paisatge a l'àrea d'estudi. L'anàlisi de la història ambiental permet valorar l'evolució del coneixement i la percepció del medi natural i de les relacions d'aquest amb la societat; una evolució conjunta de la qual el paisatge n'és la resultant.

El nou enfocament conceptual de la història ambiental inclou altres formes de coneixement respecte la formació acadèmica, es tracta del coneixement popular i tradicional, inclòs com una part fonamental del mètode d'anàlisi. D'una banda, les fonts orals han permès obtenir registres inèdits d'interès per calcular l'extracció efectiva de faig a la vall de Santa Fe i el consum de butà; el grau de freqüentació a la vall; la documentació de canvis fenològics en varietats agrícoles al llarg de la última dècada, expressió de l'augment de la temperatura mitjana anual corroborada al massís; així com recollir l'últim testimoni directe de l'activitat nevatera; o documentar cites faunístiques d'espècies ja extingides al massís, destacant la possible darrera cita del llop al Montseny, entorn el 1908. D'altra banda, el testimoni dels informants revela diferents percepcions de l'entorn i detalls de la vida quotidiana, des dels remeis populars a les creences d'origen fetitxista. A través de les fonts orals consultades s'ha abastat un període de temps comprès entre principis del segle XX fins els inicis del segle XXI.

La troballa dels documents històrics entorn el negoci de la neu de la família Ramis de Sant Celoni ha possibilitat la documentació d'aquesta indústria tan rellevant al Montseny. Entre els segles XVI i XIX, i en el context del fenomen climàtic de la petita glaciació, l'establiment de la indústria de la neu a la vall de Santa Fe es convertí en un recurs significatiu i molt rentable que permetia complementar les activitats l'economia tradicional de muntanya. Lluny de ser un comerç local, es tractava d'un negoci organitzat a tots els nivells: des de la contractació de l'arrendament i als mètodes d'empouament, fins al transport i la distribució per al proveïment de la neu, establint quatre rutes principals per abastir zones de la muntanya i el Baix Montseny, altres zones del Vallès, de la costa i del Barcelonès.

A la vall de Santa Fe es localitzen pous de neu i congestes amb una capacitat total de 4.000 càrregues per temporada —aproximadament, unes 500 tones de neu—, valorades en 8.400 lliures, considerant el preu mitjà avaluat. La neu i el glaç van esdevenir imprescindibles en usos terapèutics, per a la conservació d'aliments i com a elements gastronòmics, assolint elevats nivells de consum fins a la fi d'aquesta indústria, que a l'àrea d'estudi es situa entorn el 1915.

En relació als sistemes forestals, el segle XX es caracteritza per una primera etapa de dependència dels recursos primaris, essent la dècada de 1940 especialment intensa en relació a l'apropiació. En aquesta etapa, el principal punt d'inflexió que marca un canvi important en la història ambiental de l'àrea d'estudi va ser la construcció de la carretera l'any 1916, unint la vall de Santa Fe amb Sant Celoni i el ferrocarril.

Aquest fet permet incrementar l'exportació de productes forestals a partir de l'augment de l'eficiència extractiva, que serà fins a 44 vegades major amb el pas de la tracció animal a la tracció mecànica. En aquesta època, a la vall de Santa Fe s'hi havien instal·lat fins a tres serradores. El faig és l'arbre per excel·lència en obtenció de fusta i llenya a la vall de Santa Fe. En relació a l'abet, la seva apropiació va començar a ser regulada als anys 1925-1930 amb la finalitat de conservar l'abetosa pel seu interès biogeogràfic. L'interès per la conservació de la coberta forestal es torna a posar de manifest l'any 1945 quan un enginyer forestal del Patronat del Montseny denuncia el perjudici en la fageda per part de la instal·lació de les milícies universitàries.

A partir de la primera dècada del segle XX, a banda de la construcció de la carretera d'accés a la vall, es duu a terme una altra obra de gran envergadura per a l'aprofitament hidroelèctric. El potencial de les aigües de la riera de Santa Fe i de Gualba s'interpretà en aquells moments des d'una visió de producció i abastament d'energia elèctrica.

A partir dels anys 1960 s'enceta una segona etapa en què es produeix un progressiu abandonament de les activitats primàries a causa d'un enfonsament en l'economia forestal i l'agricultura de muntanya, amb la consegüent desaparició d'activitats i oficis preindustrials. Entre 1940 i 1991, al municipi de Fogars de Montclús es produeix un despoblament amb un descens del 73% de la població. Només entre els anys 1981 i 2001, la reducció de la població ocupada en el sector primari és del 31%. L'inventari de masos per aquest municipi evidencia l'abandonament del sector primari amb un descens del 85% dels masos dedicats a aquest sector entre 1959 i 2001.

L'anàlisi de les autoritzacions de tala en el període 1941-1994 mostra una davallada en l'apropiació del faig, que es pronuncia al llarg de la segona meitat de la sèrie, entre 1962 i 1994. Les dades aportades per un gestor forestal han permès realitzar una comparativa entre les autoritzacions de tala i l'extracció efectiva, estimant un grau d'escamoteig del 53,75%. És a dir, les autoritzacions de tala únicament representen el 46,25% de l'extracció real de faig. Aquesta dada posa en evidència que la pressió humana sobre els sistemes forestals és molt superior a l'esperable segons les dades registrades, alhora que esdevé un paràmetre a tenir en consideració en estudis de resiliència, estructura o creixement del bosc.

D'altra banda, la pràctica multiseccular de la producció de carbó a Santa Fe pateix una davallada d'aproximadament el 89% al llarg de les tres dècades compreses en el període 1940-1969.

La principal clau del canvi en el procés de davallada de l'apropiació forestal i del carboneig, que desembocarà en l'abandonament de les activitats primàries i un progressiu despoblament rural, es troba en la substitució dels dendrocombustibles pels combustibles fòssils, essent significatiu el cas del butà. La distribució del butà s'inicia al Baix Montseny l'any 1965, augmentant el consum de manera creixent fins que s'estabilitza als anys 1980. El coeficient de correlació entre el butà distribuït al Baix Montseny i l'apropiació forestal calculada per la vall de Santa Fe en el període 1965-1994 mostra una relació inversament proporcional entre ambdós factors (Pearson= -0,54, **p<0.01), és a dir, l'increment en el consum de butà coincideix de manera significativa amb una davallada de l'apropiació forestal.

Des de finals del segle XIX i en el context del fenomen de l'excursionisme, Santa Fe esdevé popular, sobretot entre la burgesia urbana emergent. La millora en l'accessibilitat —a més del paper que jugà en l'augment de la capacitat extractiva dels recursos forestals— va facilitar la consolidació de la vall com a

destinació turística. Més recentment, Santa Fe és l'indret més visitat del Montseny i destaca en matèria d'educació ambiental i d'ús lúdic per a la societat urbana.

A partir de les dades de freqüentació, s'observa un creixent nombre de visitants a la vall de Santa Fe a la dècada dels anys 1970; un turisme atret pel reclam entorn la creació de les figures de protecció del parc als anys 1977 i 1978 i la posada en marxa de l'Escola de Natura de Can Lleonart, també el 1978. De manera clau, tant en el camp de la ciència com de l'educació ambiental, es fa patent el caràcter pioner del massís del Montseny i la seva significança com a espai experimental i d'aprenentatge.

El procés de terciarització dels sectors productius a partir de la crisi de la pagesia montsenyenca ha comportat l'abandonament dels masos o bé la reconversió de les activitats primàries cap a als usos terciaris, atribuint-los la categoria de segones residències o de dedicació al sector serveis. En aquest sentit, l'estructura socioeconòmica del municipi de Fogars de Montclús reflexa els canvis produïts al massís del Montseny a les últimes dècades. A partir del 1991 i fins el 2007 la població s'incrementa en un 81,4%, una dada que s'explica a partir de l'anàlisi de l'evolució dels sectors econòmics, que posa de manifest un increment del 54% en el sector terciari entre el 1981 i el 2001.

La fotografia repetida ofereix la possibilitat d'obtenir el testimoni visual del canvi del paisatge i de la societat rural en diferents moments en el temps a través de l'anàlisi diacrònica. La valoració qualitativa de la transformació del paisatge s'ha aplicat a través de 33 sèries fotogràfiques de diferents aspectes de la vall i les zones culminals. Entre les sèries fotogràfiques, es mostren 37 fotografies anteriors al 1950, la més antiga de les quals és anterior al 1904 i correspon al mas del Camps.

Aquesta tècnica documenta els canvis succeïts al llarg del període estudiat. La majoria d'imatges mostren clarament el procés d'aforestació que ha tingut lloc a la zona d'estudi, així com els processos de canvi en relació als sectors productius, observant el canvi d'una activitat agrosilvoramadera a l'abandonament o la reconversió de masos. El procés d'abandonament de les pràctiques rurals tradicionals, accentuat en els últims 50 anys, ha estat el principal vector inductor de la dinàmica del paisatge envers un territori més forestal. Els prats i les terrasses agrícoles mostren un mateix procés: la colonització pel bosc. La vegetació ha mostrat una remarcable capacitat de resiliència; les zones forestals, malgrat les pressions, són capaces d'ocupar de nou l'espai espontàniament, un cop alliberades de la pressió humana.

Queden també documentats els canvis en els elements arquitectònics, avenços tecnològics, el procés de colmatació de l'Estanyol i diverses seqüències de la construcció de la carretera de la Costeu. Entre les sèries corresponents a les zones culminals, destaca el fenomen del desplaçament altitudinal del faig des de les vessants envers la carena del turó de l'Home - Les Agudes.

L'aplicació de la metodologia de l'anàlisi diacrònica no és estàtica, sinó que la nova fotografia estableix el vincle amb un moment del passat i esdevé un punt de continuïtat en una possible sèrie fotogràfica per a futures observacions i registres.

- Objectiu 2: quantificar, a través de l'anàlisi cartogràfica, el canvi d'usos i cobertes del sòl en el període 1956-2006 com una de les manifestacions del canvi global a l'àrea d'estudi.

En la línia de l'anàlisi interdisciplinària, ha resultat essencial la consulta de diverses fonts cartogràfiques per a l'elaboració dels mapes d'usos i cobertes de 1956 i 2006, partint dels cadastres de riquesa rústica de Fogars de Montclús de 1959 i 2001 i el mapa de vegetació del Montseny, complementats pels mapes elaborats a mitjans del segle XX per Salvador Llobet i Oriol de Bolòs.

La fageda esdevé la coberta dominant tan el 1956 com el 2006, amb un increment de superfície i de densitat respecte el 1956. La densificació de la fageda s'evidencia a partir de canvis en la composició florística. En aquest sentit, al llarg dels últims anys, s'ha produït la mort de diversos exemplars destacables (3-5m d'alçada) de ginebró (*Juniperus communis*) per efecte de l'ombra projectada per les capçades del faig. L'eliminació d'aquests arbustos de caràcter heliòfil indicaria un procés de tancament del bosc.

En conjunt, les cobertes forestals han tingut un increment a la vall de l'11,34%, mentre que els espais oberts s'han reduït en un 10,25%. L'abandonament dels conreus tradicionals —xifrat en un 69% respecte el 1956— i de l'apropiació forestal, han tingut com a conseqüència el procés de pas de les cobertes cap a estadis més avançats en la successió. El 9,1% dels conreus presents el 1956, s'han reconverit cap a conreus arbrats, és a dir, s'ha produït una substitució per coníferes més rendibles econòmicament que el conreu tradicional vinculat al mas, un fet que representa el canvi de l'agricultura a la silvicultura.

En un període de gairebé quatre dècades, la superfície de l'avetosa ha incrementat lleugerament i la taca és més densa. Tanmateix, els últims anys i a causa de la sequera s'ha produït la mort d'avets centenaris. En aquest sentit, s'observa que la taca principal d'avetosa tendiria a augmentar la seva densitat, mentre que els avets isolats estan patint un procés de regressió.

L'abandonament del sector primari i el marcat procés de terciarització ocorregut a la vall de Santa Fe al llarg del període 1956-2006, juntament amb els canvis observats en el clima per un increment en la temperatura mitjana anual, han desembocat en una profunda transformació del paisatge, a nivell tan de composició com d'estructura, caracteritzada per l'aforestació de les cobertes. Aquesta dinàmica ha tingut repercussions sobre la biodiversitat amb la pèrdua d'hàbitats i espècies, com les mollereres i prats torbosos d'esfagnes (*Sphagnum* sp.) amb dròsera (*Drosera rotundifolia*).

- Objectiu 3: avaluar la transformació del paisatge a nivell de composició i configuració mitjançant el càlcul d'índexs paisatgístics.

A nivell de classes, destaca la fageda densa com a coberta dominant, mentre que les landes i matollars i els prats i herbassars han reduït la seva àrea mitjana i han incrementat el seu grau d'aïllament. S'evidencia el procés d'aforestació enfront el tancament i la pèrdua dels espais oberts. L'avetosa mostra un procés de fragmentació que es dona en les tessel·les més allunyades de la taca principal, reforçant la hipòtesi que els avets isolats estan patint un procés de regressió.

En relació al paisatge, no s'observa una fragmentació sinó que les cobertes s'han agregat mostrant una pèrdua d'heterogeneïtat i els espais oberts han incrementat el seu grau d'aïllament. La principal conseqüència d'aquesta dinàmica en el paisatge és la pèrdua d'ambients de vora i de mosaic paisatgístic.

- Objectiu 4: avaluar les implicacions funcionals del procés d'aforestació en els recursos hídrics a nivell local a través de l'aplicació del model GOTILWA+.

L'objectiu de l'aplicació del model GOTILWA+ és mostrar com, a escala local, el canvi de cobertes del sòl associat al despoblament rural, juntament amb un augment de les condicions d'aridesa a conseqüència del canvi climàtic, repercuteix en el cicle hidrològic, posant de manifest la interrelació entre els factors socioeconòmics i els factors biofísics.

Els resultats de validació de l'experiment a la vall de Santa Fe mostren que la simulació sobreestima els pics màxims i que el patró del cabal mesurat mostra un nivell basal inferior respecte el simulat, alhora que subestima pics màxims puntuals en moments d'avingudes. S'obté una baixa correspondència ($r^2=0.201$), de manera que la validació obtinguda no es considera satisfactòria. El major desajustament coincideix amb els episodis on les precipitacions són més freqüents, un fet que reforça la necessitat d'obtenir registres d'aforament continus.

Les principals limitacions han estat la manca de registres d'aforament continus i la impossibilitat de diferenciar les dues tipologies de fageda —densa i esclarissada— en la parametrització del model. En aquest sentit, no ha estat possible contrastar la hipòtesi de reducció de cabal superficial a la riera de Santa Fe en relació al canvi d'usos i cobertes del sòl entre 1956 i 2006 a través de l'aplicació del model GOTILWA+.

Tanmateix, tal i com s'exposa en els antecedents, en una conca en la que s'hagi produït un augment de la coberta forestal és esperable que es doni un augment del consum d'aigua i, per tant, una disminució dels aports en condicions climàtiques similars.

Per una continuïtat en la recerca, es proposa aplicar la sèrie de valors coneguts i continus de la conca de la Llavina, propera a l'àrea d'estudi, per tal de testar una nova validació del model. Així mateix, la instal·lació d'una estació automàtica d'aforament continu a la riera de Santa Fe resultaria d'un elevat interès, donats els diversos estudis realitzats en aquesta àrea des de la perspectiva de diferents disciplines i el potencial per determinar canvis en els cabals superficials sota l'escenari del canvi global.

Bibliografia

- Abril, J.M. (2009): *Josep Alfaras Prat i l'arribada de l'electricitat a Sant Celoni el 1909*. Sant Celoni.
- Albesa, C. (1996): *Postals del Montseny, 2*. Barcelona: Publicacions de l'Abadia de Montserrat.
- Alsina, C.; Gaspar, F.; i Marquet, L. (1990): *Pesos, mides i mesures dels Països Catalans*. Barcelona: Curial.
- Amigó, R. (2002): *El tràfic amb el fred al Camp de Tarragona (segles XVI-XIX)*. Barcelona: Publicacions de l'Abadia de Montserrat.
- Anònim (1937): Un document interessant, a *Butlletí de l'Agrupació Excursionista de Badalona*, 34:2-6.
- Antúnez, R.; Baylina, M.; León, E.; Aurora, M. i Quiroga, V. (2003) Risc de les activitats esportives al medi natural del Parc Natural del Montseny, a *Diagnosi Ambiental al Parc Natural del Montseny*. Monografies 36:147-152. Barcelona: Diputació de Barcelona.
- Aranda y Antón, G. (2003): Relaciones documentales de los bosques y los montes marítimos peninsulares en los archivos históricos españoles durante el siglo XVIII y comienzo del XIX, a *Ecología*, 17:359-379.
- Argerich, A.; Martí, E.; Sabater, F.; Ribot M.; Von Schiller, D. i Riera, J.L. (2008): Combined effects of leaf litter inputs and a flood on nutrient retention in a Mediterranean mountain stream during fall, a *Limnology and Oceanography*, 53(2):631-641.
- Arús, J. (2002): *L'Observatori del turó de l'Home: anècdotes i realitats*. A: <http://www.geocities.com/jarugpv/turo.pdf>
- Àvila, A. (1988): *Balanç d'aigua i nutrients en una conca d'alzinar al Montseny*. Tesi Doctoral. Bellaterra: Universitat Autònoma de Barcelona.
- Badia, A.; Boada, M.; Estany, G.; Maneja, R. i Otero, I. (2006): *Diagnosi dels usos del sòl i qualitat ambiental de la Costa del Tet - Mont-rodon (Sant Llorenç del Munt)*. Ajuntament de Matadepera i Institut de Ciència i Tecnologia Ambientals de la Universitat Autònoma de Barcelona. Informe inèdit.
- Badia, J.M.; López, J.; Montagut, C. i Solanes, R. (2003): Diagnosi ambiental del turisme al Parc Natural del Montseny. El sector de la restauració, a *Diagnosi Ambiental al Parc Natural del Montseny*. Monografies 36:169-171. Barcelona: Diputació de Barcelona.
- Barberà, J. (1996): *Excursionistes recordats*. Barcelona: Publicacions de l'Abadia de Montserrat.
- Barriendos, M. (2005): Variabilidad climática y riesgos climáticos en la perspectiva histórica. El caso de Catalunya en los siglos XVIII-XIX, a *Revista de Historia Moderna*, 23:11-34.
- Bartolomé, J.; Boada, M.; Saurí, D.; Sánchez, S. i Plaixats, J. (2008): Conifer dispersion on subalpine pastures in Northeastern Spain: characteristics and implications for rangeland management, a *Rangeland Ecology Management*, 61:218-225.
- Bartolomé, J.; Plaixats, J.; Fanlo, R. i Boada, M. (2005): Conservation of isolated Atlantic heathlands in the Mediterranean region: effects of land-use changes in the Montseny biosphere reserve (Spain), a *Biological Conservation*, 122:81-88.
- Bartolomé, J.; Milán, M.J. i Plaixats, J. (2002): Caracterització estructural de les explotacions de ramaderia extensiva al Parc Natural del Montseny, a *V Trobada d'Estudiosos del Montseny*. Monografies 33:145-150. Barcelona.
- Bartolomé, J.; Milán, M.J. i Plaixats, J. (2000): Ramaderia i sostenibilitat al Parc Natural del Montseny, a *Actes del IV Congrés de l'ICEA*. Tarragona. Pp. 279-284.
- Batalla, R.; Garcia, C. i Sala, M. (1992): Disminución de la escorrentía superficial a causa de cambios en los usos del suelo: el caso de la riera de Llémena durante el siglo XX, a *Estudios de geomorfología en España*, 203-209.

- Bauer, E. (1991): *Los montes de España en la historia*. Madrid: Servicio de Publicaciones Agrarias y Fundación Conde del Valle de Salazar.
- Bertrand, C.; i Bertrand, G. (2002): *Une géographie traversière. L'environnement à travers territoires et temporalités*. París: Arguments.
- Blondel, A. i Sully Jaulmes, L. (1994): *Un siècle passe*. Paris: Edicions Carré. ISBN: 2-908393-08-5.
- Bocco, G. (2003): Carl Troll y la ecología del paisaje, a *Gaceta ecológica*, 68: 69-70. México: Instituto Nacional de Ecología.
- Boada, M.; Sánchez, S.; Pujantell, J.; Varga, D. (2010): Manifestaciones del cambio global: indicadores socioecológicos en la Reserva de la Biosfera del Montseny, a Araya, P. i Clüsener-Godt, M. (eds.): *Reservas de la Biosfera. Su contribución a la provisión de servicios de los ecosistemas*. UNESCO. 161-178. ISBN: 978-956-332-417-4.
- Boada, M. i Maneja, R. (coords.)(2005): *El patrimoni socioambiental del campus de l'Autònoma*. Institut de Ciència i Tecnologia Ambientals (ICTA). Cerdanyola del Vallès: Universitat Autònoma de Barcelona.
- Boada, M. (2002): *El Montseny. Cinquanta anys d'evolució dels paisatge*. Barcelona: Publicacions de l'Abadia de Montserrat.
- Boada, M. i Saurí, D. (2002): *El canvi global*. Barcelona: Editorial Rubes.
- Boada, M. (2001): *Manifestacions del canvi ambiental global al Montseny*. Tesi Doctoral. Bellaterra: Universitat Autònoma de Barcelona.
- Boada, M.; i Rivera, M. (2000): L'origen dels espais naturals protegits, a *Medi ambient: tecnologia i cultura*, 27:5-13.
- Boada M. i Zahonero, A. (1998): *Medi ambient. Una crisi civilitzadora*. Barcelona: Edicions de la Magrana.
- Boada, M. (1997): La descoberta del periglacialisme al Montseny. Una aportació "viva" de Salvador Llobet al coneixement de la geografia ambiental del massís, a *Documents d'Anàlisi Geogràfica*, 30:139-148.
- Boada, M. i Liz, J. (1996): El fenomen de metropolització al massís del Montseny. El cas del turisme escolar, a *Monografies del Montseny*, 11:139-155 Viladrau: Amics del Montseny.
- Boada, M. (1995): *Rafael Puig i Valls, 1845-1920. Precursor de l'educació ambiental i dels espais naturals protegits*. Barcelona: Generalitat de Catalunya. Departament de Medi Ambient.
- Boada, M. i Gordi, J. (1993): L'evolució del paisatge vegetal des de l'antiquitat fins al s. XVIII, al Vallès Oriental, a *Notes de Geografia Física*, 7:77-89.
- Boada, M. i Puche, C. (1992): Alguns aspectes del faig, *Fagus sylvatica*, en el massís del Montseny, a *Monografies del Montseny*, 7: 111-133.
- Boada, M. i Rosell, C. (1990): Bibliografia del Montseny, a *Aixa*, 3. Arbúcies: Museu Etnològic del Montseny La Gabella.
- Boixareu (1973): *Diario de los viajes hechos en Cataluña*. Barcelona: Curial.
- Bolòs, O. (1983): *La vegetació del Montseny*. Barcelona: Diputació de Barcelona. Servei de Parcs Naturals.
- Bolòs, M. (1992): El Dr. Salvador Llobet pioner a Catalunya en la cartografia de la vegetació, a *Treballs de la Societat Catalana de Geografia*, 32:13-16.
- Botequilha Leitão, A.; Miller, J.; Ahern, J.; i McGarigal, K. (2006): *Measuring landscapes. A planner's handbook*. Washington: Island Press.
- Breton, F. (1992): El territori del mas al Montseny, a *Aixa*, 5:29-64. Arbúcies: La Gabella.

- Calvo-Iglesias, M.S.; Crescente-Maseda, R. i Fra-Paleo, U. (2006): Exploring farmer's knowledge as a source of information on past and present cultural landscapes. A case study from NW Spain, a *Landscape and Urban Planning*, 78:334-343.
- Campeny, R.; Miralles, E.; Fernández, M. i Fontanillas, M. (2007): *Pla d'ús públic del Parc Natural del Montseny*. Diputació de Barcelona. Diputació de Girona.
- Campillo, S.; Carulla, J.; Fitó, M.; Renté, D. i Tripiana, À. (2003): L'educació ambiental al Parc Natural del Montseny, a *Diagnosi Ambiental al Parc Natural del Montseny*. Monografies 36:159-167. Barcelona: Diputació de Barcelona.
- Cantarell, C.; Ribas, P.; Terrades, M.E. (1992): Els pous de gel al Vallès Oriental, a *Lauro*, 4:3-6.
- Capel, H. (1997): El comercio de la nieve y del hielo, a *Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales*, 16. Barcelona: Universitat de Barcelona.
- Capel, H. (1970): Una actividad desaparecida de las montañas mediterráneas: el comercio de la nieve, a *Revista de Geografía*, vol. IV núm. 1:5-42. Barcelona: Universidad de Barcelona.
- Capra, F. (1997): Alfabetisme ecològic: una educació per al nou mil·lenni, a *Medi Ambient Tecnologia i Cultura*, 19:21-25. Barcelona: Generalitat de Catalunya. Departament de Medi Ambient.
- Cardona, M. (1992): 1909. Esports de neu al Montseny, a *Monografies del Montseny*, 7:99-109. Viladrau: Amics del Montseny.
- Carson, R. (1994): *Silent spring*. Boston: Houghton Mifflin.
- Casas, C. (1992): Una notícia històrica: Sphagnum papillosum a Santa Fe de Montseny, a *Orsis*, 7:155-157.
- Centre Excursionista de Catalunya: <http://www.cec-centre.org/>
- Cervera, T.; Farriol, R.; Muñoz, A. i Rabascall, X. (eds.) (2004): *Manual de redacció de plans tècnics de gestió i millora forestal (PTGMF) i plans simples de gestió forestal (PSGF). Instruccions de redacció i l'inventari forestal*. Barcelona: Generalitat de Catalunya. Departament de Medi Ambient i Habitatge. Centre de la Propietat Forestal.
- Cohen, M.; Varga, D.; Vila, J.; i Barrassaud, E. (2010): A multi-scale and multi-disciplinary approach to monitor landscape dynamics: a study case in the Catalan pre-Pyrenees (Spain), a *The Geographical Journal*. En premsa.
- Coll, M. (1992): *Història 2. Textos i estudis de cultura catalana*. Barcelona: Publicacions de l'Abadia de Montserrat.
- Collell, J. i Escudé, C. (1998): *Riells i Viabrea*. Quaderns de la Revista de Girona, 74. Sèrie Monografies locals, 43. Girona: Diputació de Girona. Caixa d'Estalvis Provincial.
- Cristóbal, J.; Pons, X. i Ninyerola, M. (2005): La monitorització de l'evapotranspiració real diària mitjançant la teledetecció i els sistemes d'informació geogràfica: el cas del Parc Natural del Montseny, a *VI Trobada d'Estudiosos del Montseny. Monografies*, 41: 163-168. Barcelona: Diputació de Barcelona.
- Commoner, B. (1990): *Making peace with the planet*. Nova York: Pantheon.
- Delgado, M. J. (2006): *Análisis de series hidrológicas y climáticas para su aplicación en el estudio de los efectos del cambio de uso del suelo sobre el balance hídrico en la cabecera del Llobregat*. Treball de recerca del Programa de Doctorat en Ciències Ambientals. Gallart, F.; Llorens, P. (Dir.). Barcelona: Universitat Autònoma de Barcelona. Institut de Ciències de la Terra "Jaume Almera" (CSIC).
- Departament de Medi Ambient (1995): *El pla d'Espais d'Interès Natural a Catalunya*. 426 pp. Barcelona: Generalitat de Catalunya. Departament de Medi Ambient.
- Diputació de Barcelona (2008): *Pla especial de protecció del medi natural i del paisatge del Parc del Montseny*. Oficina Tècnica de Planificació i Anàlisi Territorial. Àrea d'Espais Naturals.

Diputació de Barcelona (2007): *Memòria del Pla especial de protecció del medi físic i del paisatge del Parc Montseny*. Oficina Tècnica de Planificació i Anàlisi Territorial. Àrea d'Espais Naturals.

Diputació de Barcelona (2006): *Inventari del patrimoni construït del Parc Natural del Montseny*. Oficina de Planificació i Anàlisi Territorial. Àrea d'Espais Naturals.

Diputació de Barcelona (2006): *Memòria 2005. Parc Natural del Montseny*. Barcelona: Diputació de Barcelona. Servei de Parcs Naturals.

Diputació de Barcelona (2005): *Memòria 2004. Parc Natural del Montseny*. Barcelona: Diputació de Barcelona. Servei de Parcs Naturals.

Diputació de Barcelona (2004): *Memòria 2003. Parc Natural del Montseny*. Barcelona: Diputació de Barcelona. Servei de Parcs Naturals.

Diputació de Barcelona (2003): *Memòria 2002. Parc Natural del Montseny*. Barcelona: Diputació de Barcelona. Servei de Parcs Naturals.

Diputació de Barcelona. Servei de Parcs Naturals. Parc Natural del Montseny:
<http://www.diba.es/parcsn/parcs/index.asp?Parc=3>

d'Orgeval, T. i Polcher, J. (2008): Impacts of precipitation events and land-use changes on West African river discharges during the years 1951-2000, a *Climate Dynamics*, 31(2-3):249-262.

Ehrlich, P.R. i Ehrlich, A.H. (1993): *La explosión demográfica: el principal problema ecológico*. Barcelona. Salvat.

Estivill, L. (1944): *Montseny*. Colección de la montaña y el mar. Barcelona: Velloso Editor.

Estrada, F.; Font, G.; Mateu, J.; Pujades, S.; Roigé, X. i Tura, J. (2005): Ara és una altra vida: un estudi sobre les transformacions i les continuïtats als masos del Montseny, a *VI Trobada d'Estudiosos del Montseny*. Monografies 41:191-195. Diputació de Barcelona.

Farina, A. (2010): *Ecology, cognition and landscape. Linking natural and social systems*. Springer.

Farina, A. (2006): *Principles and methods in landscape ecology. Towards a science of the landscape*. Segona edició. Londres: Springer.

Fernàndez, M.; Martín, A.; Mayo, S. i Villa, S. (2003): Impactes en les àrees d'hiperfreqüentació del Parc Natural del Montseny, a *Diagnosi ambiental del Montseny. Monografies*, 36:153-158. Barcelona: Diputació de Barcelona.

Fernàndez, M.; Martín, A.; Mayo, S. i Villa, S. (2003): *Diagnosi ambiental del Parc Natural del Montseny. Impactes en les àrees d'hiperfreqüentació*. Boada, M. i Rieradevall, J. (Dir.). Treball de final carrera. Universitat Autònoma de Barcelona.

Fernández, F. (2000): *Introducción a la fotointerpretación*. Barcelona: Ariel Geografía.

Figueras, N. i Messeguer, M. (1996): L'Observatori meteorològic del Turó de l'home, a *Monografies del Montseny*, 11:107-114. Viladrau: Amics del Montseny.

Fisher, A. *et al.* (1998): Satellite data for monitoring, understanding and modelling of ecosystem functioning, a B. Walker, W. Seteffen (eds.): *Global change and terrestrial ecosystems*, 2:566-591. Cambridge: Cambridge University Press.

Folke, C.; Colding, J. i Berkes, F. (2003): Synthesis: building resilience and adaptative capacity in social-ecological systems, a Berkes, F.; Colding, J. i Folke, C. (Eds.): *Navigating Social-Ecological Systems*. Cambridge: Cambridge University Press.

Font, G.; Mateu, J.; Pujadas, S. i Tura, J. (2004): El comerç de la neu del Montseny en època moderna, a *Monografies del Montseny*, 19: 133-156.

- Font, G.; Mateu, J.; Pujadas, S. i Tura, J. (2004): El transport de la neu del Montseny i del glaç del Vallès a Barcelona el segle XVIII, a *VI Trobada d'Estudiosos del Montseny. Monografies*, 41:197-200. Barcelona: Diputació de Barcelona.
- Font, G.; Mateu, J. i Pujadas, S. (2002): *Torderades i eixuts. Els usos tradicionals de l'aigua al Montseny*. Barcelona: Departament de Cultura. Generalitat de Catalunya.
- Font, G.; Mateu, J.; i Pujadas, S. (2002): El mas al Montseny. Mil anys d'interrelació entre l'home i el medi, a *V Trobada d'Estudiosos del Montseny. Monografies*, 33: 127-131.
- Fontserè, E. (1950): *Una visió meteorològica del turó de l'Home (Montseny)*. Barcelona: Gustavo Gili.
- Fontserè, E. (1933): Les estacions meteorològiques de muntanya fundades per la Generalitat amb motiu de l'any polar 1932-1933, a *Societat Catalana de Ciències Físiques, Químiques i Matemàtiques. Memòries*, 1(5):277-307. Barcelona: Institut d'Estudis Catalans.
- Franquet i Bernis, J.M. (1995): *Estructura de la propietat agrària. Aplicació a la Regió Catalana de l'Ebre*. Tesi Doctoral. Barcelona: Universitat de Barcelona.
- Funtowicz, S. i Ravetz, J. (2000): *La ciencia posnormal. Ciencia con la gente*. Barcelona: Icaria.
- Gallardo, A. (1933): El glaç natural. Indústria rural que desapareix, a *Butlletí del Centre Excursionista de Catalunya Club Alpi Català*, 455:137-142.
- Gallart, F. i Llorens, P. (2004): Observations on land cover changes and water resources in the headwaters of the Ebro catchment, Iberian Peninsula, a *Physics and Chemistry of the Earth*, 29:769-773.
- Gallart, F. i Llorens, P. (2003): Catchment Management under Environmental Change: Impact of Land Cover Change on Water Resources, a *Water International*, vol. 28, 3:334-340.
- Gallart, F. (2001): La estimación de los recursos hídricos en el Plan Hidrológico Nacional: insuficiencias del método empleado ante los cambios de uso y cubierta en las cabeceras de las cuencas, a P. Arrojo (Coord.): *El Plan Hidrológico Nacional a debate*. Bilbao: Fundación Nueva Cultura del Agua.
- Garrabou, R. (coord.); Giralt, E. (dir.) (2006): *Història agrària dels països catalans. Volum IV. Segles XIX-XX*. Universitats dels Països Catalans. Fundació catalana per a la recerca i la innovació.
- Glacken, C. J. (1996): *Huellas en la playa de Rodas. Naturaleza y cultura en el pensamiento occidental desde la Antigüedad hasta finales del siglo XVIII*. Barcelona: Serbal.
- Gómez, F.J.; Boada, M. i Sánchez, S. (2008): Análisis de los procesos de cambio global: el caso del robledal de Ridaura (Parque natural del Montseny. Barcelona), a *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 47:125-141.
- Gómez, F.J. (2005): *Manifestaciones del cambio ambiental global. El caso del robledal de Ridaura (Parc Natural del Montseny, Catalunya, NE España)*. Memòria d'investigació del Programa de Doctorat en Ciències Ambientals. Bellaterra: Universitat Autònoma de Barcelona.
- González de Molina, M. (1993): *Historia y medio ambiente*. Madrid: Ediciones de la Universidad Complutense.
- Gordi, J.; Boada, M.; Pintó, J.; i Vilar, L. (1993): Aproximació a l'evolució del paisatge vegetal a les comarques de la Selva i del Vallès, a *Estudi General*, 13:61-79.
- GOTILWA+: <http://www.creaf.uab.es/gotilwa/>
- Gracia, C.; Pla, E.; Sabaté, S. i Vayreda, J. (2007): *Aplicació del model GOTILWA+ a la conca pilot de la capçalera de la Tordera. Anàlisi de l'evolució de cabals base de rius i rieres a partir de les reserves d'aigua al sòl estimades per a les hipòtesis de canvi climàtic previst*. Bellaterra: Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals. Informe inèdit.
- Gracia, C.; Pla E.; Sánchez A. i Sabaté, S. (2005): GOTILWA+: un modelo de crecimiento forestal basado en procesos ecofisiológicos, a *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*, 18:21-28.

Gracia, C.; Sabaté, S. i Sánchez, A. (2003): *GOTILWA+, an integrated model of forest growth*. Model documentation and user's guide a <http://www.creaf.uab.es/gotilwa+/download.htm>.

Gracia, C.; Sabaté, S. i Sánchez, A. (2002): El cambio climático y la reducción de la reserva de agua en el bosque mediterráneo, a *Ecosistemas*, (11)2 (<http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?id=300>).

Gracia, C.; Sabaté, S.; López, B. i Sánchez, A. (2001): Presente y futuro del bosque mediterráneo: balance de carbono, gestión forestal y cambio global, a Zamora, R. i Pugnaire, F. (eds.): *Ecosistemas mediterráneos. Análisis Funcional*, 351-372. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Asociación Española de Ecología Terrestre.

Guha, R. i Martinez-Alier, J. (1997): *Varieties of Environmentalism*. London: Earthscan.

Gutiérrez, C. (1996): *El carboneig. L'exemple del Montseny*. Barcelona: Altafulla.

Harvey, D. (1996): *Justice, nature and the geography of difference*. Oxford: Blackwell.

Hemeroteca de la Vanguardia: <http://www.lavanguardia.es/hemeroteca/>

Iglésies, J. (2002): Pere Gil S.I. (1551-1622) i la seva Geografia de Catalunya. Seguit de la transcripció del Libre primer de la historia Cathalana en lo qual se tracta de Historia o descripció natural, ço es de cosas naturals de Cathaluña. Barcelona: Societat Catalana de Geografia.

Institut Cartogràfic de Catalunya: www.icc.es/

Institut d'Estadística de Catalunya: www.idescat.net

IPCC (2007): Quart informe del Grup Intergovernamental d'Experts sobre el Canvi Climàtic a <http://www.ipcc.ch>

Kramer, K.; Leinonen, I.; Bartelink, H.H.; Berbigier, P.; Borghetti, M.; Bernhofer, Ch; Cienciala, E.; Dolman, A.J.; Froer, O.; Gracia, C.A.; Granier, A.; Grünwald, T.; Hari, P.; Jans, W.; Kellomäki, S.; Loustau, D.; Magnani, F.; Markkanen, T.; Matteucci, G.; Mohren, G.M.J.; Moors, E.; Nissinen, A.; Peltola, H.; Sabaté, S.; Sanchez, A.; Sontag, M.; Valentini, R. i Vesala, T. (2002): Evaluation of six process-based forest growth models using eddy-covariance measurements of CO₂ and H₂O fluxes at six forest sites in Europe, a *Global Change Biology*, 8:213-230.

Lambin, E.F.; Baulies, X.; Bockstael, N.; Fischer, G.; Krug, T.; Leemans, R.; Moran, E.F.; Rindfuss, R.R; Sato, Y.; Skole, D.; Turner II, B.L. i Vogel C.; Nunes, C. i Augé, I. (Eds.) (1999): *Land-Use and Land-Cover Change (LUCC) Implementation Strategy. A core project of the International Geosphere-Biosphere Programme and the International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change*. Estocolm-Bonn: IGBP-IHDP.

Latour, B. (1993): *We Have Never Been Modern*. Londres: Harvester Wheatsheaf.

Lepart, J.; Dervieux, A. i Debussche, M. (1996): Photographie diachronique et changement des paysages. Un siècle de dynamique naturelle de la forêt a Saint-Bauzille-de-Putois, vallée de l'Hérault, a *Forêt méditerranéenne*, XVII-2:63-80.

Llobet, S. (1947): *El medio y la vida en el Montseny. Estudio Geográfico*. Barcelona: CSIC. Instituto J. S. Elcano. Estación de Estudios Pirenaicos.

Llorens, P. (2003): La evaluación y modelización del balance hidrológico a escala de cuenca, a *Ecosistemas*, XII-1.

Llorens, J.M.; Mataró, M. i Rueda, J.M. (1982): *Estudi del poblament al segle XI a Sant Feliu de Buixalleu, Arbúcies, Breda i Riells*. Barcelona: Generalitat de Catalunya.

López i Cortijo (1992): Els pous de neu i de glaç del Montseny, a *Monografies del Montseny*, 7:61-98. Viladrau: Amics del Montseny.

López i Cortijo, J. i Bombí, A. (1991): Les fonts de la vall de Santa Fe, a *Monografies del Montseny*, 6:159-187. Viladrau: Amics del Montseny.

- Lozano, S. i Reixach, J. (2001): *Bases per una Agenda 21 supralocal al Parc Natural del Montseny*. Projecte de fi de carrera de Ciències Ambientals. Bellaterra: Universitat Autònoma de Barcelona.
- Madoz, P. (1845): *Diccionario geográfico-estadístico-histórico de España*.
- Maneja, R. (2006): *Interpretación de las percepciones socioambientales infantiles y adolescentes. Propuesta de implementación a escala local y regional. La Huacana, Michoacán, México*. Memòria d'investigació del Programa de Doctorat en Ciències Ambientals. Universitat Autònoma de Barcelona.
- Maneja, R.; Barba, J.; Juanto, I.; i Miquel, S. (2002): *Diagnosi ambiental del Parc Natural del Montseny. Canvi Ambiental Global*. Boada, M. i Rieradevall, J. (Dir.). Treball de final de carrera de la Llicenciatura en Ciències Ambientals. Bellaterra: Universitat Autònoma de Barcelona.
- Martín Vide, J. (2009): El cambio climático, una nueva realidad socioambiental, a Barriocanal, C.; Varga, D.; i Vila, J. (2009): *Canvi ambiental global. Una perspectiva multiescalar*. Quaderns de Medi Ambient, 1. Girona: Documenta Universitaria.
- Mas-Pla, J. (2005): Recursos hídrics, dinàmica hidrològica i canvi climàtic, a Llebot, J.E. (Ed.): *Informe sobre el canvi climàtic a Catalunya*. Barcelona: Institut d'Estudis Catalans. Consell Assessor per al Desenvolupament Sostenible.
- Massó, A. (1879): Una excursió al Montseny a l'hivern, a *Memòries Associació Catalana d'Excursions Científiques*, III:300-329.
- Matamala, N. (2004): La utilidad del catastro como fuente para estudiar la evolución del paisaje en los últimos cincuenta años: estudio de dos municipios de la provincia de Lleida, a *CT: Catastro*, 52:147-162.
- Matamala, N. (2003): Els canvis en l'ús del territori de muntanya durant el segle XX i llur reflex en el paisatge. Memòria de recerca. Bellaterra: Universitat Autònoma de Barcelona. Departament de Geografia.
- Mateu, J.; Rueda, J.M.; Tura, J. (1999): L'ocupació humana al sector nord-oriental del Montseny durant la prehistòria i el món antic. Darreres aportacions, a *Monografies 27*: 243-248. Barcelona: Diputació de Barcelona.
- McGarigal, K. i Marks, B. J. (1995): *FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure*. Corvallis, Oregon: Oregon State University Forest Science Department.
- Métailié, J.P. (2007): Henri Gaussen a Andorra, a Escorihuela, I. (2007): *Henri Gaussen 1891-1981*, 13:24. Andorra la Vella: Govern d'Andorra.
- Métailié, J.P.; i Paegelow, M. (2004): Land abandonment and the spreading of the forest in the Eastern french Pyrenées in the nineteenth to twentieth centuries, a S. Mazzoleni; G. Di Pasquale; M. Mulligan; P. Di Martino; i F. Rego (eds.): *Recent dynamics of the mediterranean vegetation and landscape*. Wiley.
- Métailié, J.P. (Dir.) (1988): *Les paysages d'Ariege d'un siècle a l'autre. Inventaire des sources photographiques et pré-selection de sites d'observation diachronique pour un observatoire photographique des dynamiques paysagères*. Geode. Université Toulouse-Le Mirail. Document inédit.
- Métailié, J.P. (1986): Photographie et histoire du paysage: un exemple dans les Pyrénées luchonnaises, a *Revue Géographique des Pyrénées et du sud-ouest*, 57-2:179-208. Toulouse.
- Meyer, W.B. i Turner, B.L. (1994): *Changes in land use and land cover: a global perspective*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Micó, F. (1576): *Alivio de los sedientos, en el qual se trata la necesidad que tenemos de beber frio, y refrescado con nieve, y las condiciones que para esto son menester, y quales cuerpos lo pueden libremente suportar*. Barcelona: casa Diego Galvan.
- Monod, J. (1989): *El azar y la necesidad*. Barcelona: Tusquets.
- Montagut, E. i Oro, I. (1992): Els protagonistes de la recerca naturalista al Montseny al segle XIX i primera meitat del segle XX, a *Monografies del Montseny*, 7:136-148. Viladrau: Amics del Montseny.

- Montaner, M.C. i Casassas, A.M. (1991): L'obra cartogràfica del Dr. Salvador Llobet i l'editorial Alpina, a *Treballs de la Societat Catalana de Geografia*, 30:135-153.
- Morin, E. (1984): *Ciencia con consciencia*. Barcelona: Anthropos.
- Muñoz, J.; i Serrano, A. (1979): La configuración del sector eléctrico y el negocio de la construcción de centrales nucleares, a *Cuadernos de Ruedo Ibérico*, 63-66:127-267.
- Nadal, J.; Pèlach, A.; Soriano, J.M.; Molina, D.; Cunill, R.; i Bal, M.C. (2009): Mètodes per a l'estudi transdisciplinari del paisatge d'àrees de muntanya, a *Documents d'Anàlisi Geogràfica*, 55:147-170.
- Naredo, J.M. (1992): El oscurantismo territorial de las especialidades científicas, a González, A.J. i González de Molina, M. (Eds.): *La tierra. Mitos, ritos y realidades*. Anthropos, 109-144.
- Nuet i Badia, J. (1970): Els pous de neu del Montseny, a *Muntanya. Butlletí del Centre Excursionista de Catalunya*, 650:75-86.
- Otero, I. (2010): *The rural-urban socioecological transformation of Mediterranean mountain areas under global change. Local studies in Olzinelles and Matadepera (Barcelona Metropolitan Region)*. Tesi Doctoral. Bellaterra: Universitat Autònoma de Barcelona.
- Otero, I. (2006): *Manifestacions dels canvis globals a la vall d'Olzinelles (Montnegre). Anàlisi socioecològica dels canvis en els usos i les cobertes del sòl (1751-2006)*. Memòria d'investigació del Programa de Doctorat en Ciències Ambientals. Universitat Autònoma de Barcelona.
- Osona, A. (1879): *Excursió a la muntanya de Monseny per un propietari de la vila de Breda*. Primera edició.
- Panareda, J.M.; Salvà, M.; Nuet, J. (2003): *Mapa de vegetació del Parc Natural del Montseny. Cartografia de l'ús del sòl i de la vegetació a escala 1:5000*. Barcelona: Diputació de Barcelona.
- Panareda, J.M. (2002): Canvis en el paisatge del Montseny el darrer mig segle, a *Ponències. Anuari del Centre d'Estudis de Granollers*, 11-45.
- Panareda, J.M. (1981): *El Montseny. Visió geogràfica*. Descoberta, 2. Vic: Eumo Editorial.
- Panareda, J.M.; Rosell, A.; i Nuet, J. (1981): Una mullera amb esfagnes al Montseny, a *Butlletí de la Institució Catalana d'Història Natural*, 46 (secció de botànica):147-154.
- Paluzie, L. (1990): *Los Espacios naturales protegibles : su conservación, regulación legal e incidencia en la ordenación del territorio*. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya.
- Pardo, A. i Ruiz, M.A. (2002): *SPSS 11. Guía para el análisis de datos*. Madrid: McGraw-Hill.
- Peñuelas, J.; Filella, I.; Sabaté, S. i Gràcia, C. (2005): Sistemes naturals: ecosistemes terrestres, a Llebot, J.E. (Ed.): *Informe sobre el canvi climàtic a Catalunya*. Barcelona: Institut d'Estudis Catalans.
- Peñuelas, J. i Boada, M. (2003): A global change-induced biome shift in the Montseny mountains (NE Spain), a *Global Change Biology*, 9:131-140.
- Pié, G.; Sánchez, S.; Boada, M. (2009): Caracterització de noves poblacions de falguera reial (*Osmunda regalis*) al Montseny (Catalunya) i proposta d'ús d'aquesta espècie com a indicador de sistemes fluvials, a *Acta Botanica Barcinonensis*, 52:115-124.
- Pié, G.; Vilar, L.; Sánchez, S. (2010): Estudis corològics de plantes vasculars al Montseny, a *VII Trobada d'Estudiosos del Montseny*, Barcelona: Diputació de Barcelona. Servei de Parcs Naturals.
- Pino, J. i Rodà, F. (1999): L'ecologia del paisatge: un nou marc de treball per a la ciència de la conservació, a *Butlletí de la Institució Catalana d'Història Natural*, 67:5-20.
- Pintó, J. (2010): Les unitats de paisatge, a Pintó, J. (ed.): *Eines i instruments per a les polítiques de paisatge*. Diversitas, 65. Girona: Universitat de Girona.

- Piñol, J. (1990): *Hidrologia i biogeoquímica de conques forestades de les Muntanyes de Prades*. Tesi Doctoral. Barcelona: Universitat de Barcelona.
- Pladevall, A. (1994): Els pous de glaç i de neu a Catalunya, a *Espais: Revista del Departament de Política Territorial i Obres Públiques*, 38:4-51.
- Pladevall, A. (1992): El negoci de la neu i del gel, a *La Sitja del Llop*, 3:4.
- Pladevall, A. (1990): El Montseny a l'època medieval: dominis i jurisdiccions, a *Revista de Girona*, 141: 70-77.
- Pladevall, A. (1990): Santa Fe del Montseny, a *Monografies del Montseny*, 5:129-144.
- Pont, C. (1996): *Identification et analyse des dynamiques paysagères dans la vallée du Gave de Pau (Hautes Pyrénées). Méthodologie pour la mise en place d'un suivi photographique des paysages*. Treball de recerca. Métaillé, J.P. (Dir.). Toulouse: UFR Géographie et Aménagement. Institut Daniel Faucher. Université Toulouse Le Mirail.
- Pont, C. (1996): *Atlas photographique des paysages de la vallée du Gave de Pau*. Treball de recerca. Métaillé, J.P. (Dir.). Toulouse: UFR Géographie et Aménagement. Institut Daniel Faucher. Université Toulouse Le Mirail.
- Portals, J. (2002): Aprofitament hidroelèctric de les aigües de la Tordera per a usos industrials. Els projectes presentats per Domènec Sert i per Ramon Tàpies l'any 1900, a *Monografies del Montseny*, 17: 193-209.
- Rabadà, D. (1997): El bosc i l'aigua al Camp de Tarragona, a *La Resclosa*, 1:7-18.
- Reglà, J. (1966): *El bandolerisme català del barroc*. Barcelona: Edicions 62.
- Riba, M. (1982): *Aspectes dels cicles biogeoquímics en les fagedes del Montseny: contingut en matèria orgànica i dinàmica dels cations a la virosta*. Tesi de llicenciatura. Bellaterra: Universitat Autònoma de Barcelona.
- Ribas, J. (2005): *Estudi Socioeconòmic del Parc Natural del Montseny*. Departament d'Economia i Empresa. Universitat Pompeu Fabra. A: <http://www.diba.es/parcsn/parcs/fitxers/pdf/p03d183.pdf>
- Rodà, F. (1983): *Biogeoquímica de les aigües de pluja i drenatge en alguns ecosistemes forestals del Montseny*. Tesi Doctoral. Bellaterra: Universitat Autònoma de Barcelona.
- Rogers, G.F.; Malde, H.E. i Turner, R.M. (1984): *Bibliography of repeat photography for evaluating landscape change*. Salt Lake City: University of Utah Press.
- Roigé, X.; i Estrada, F. (2009): *El mas al Montseny: la memòria oral*. Temes d'Etnologia de Catalunya, 16.
- Roma, F. (2009): *Algunes dades sobre el glaç a Vic durant l'edat moderna*. <http://www.francescroma.net/web/glasvic.pdf>.
- Roma, F. (2006): *L'excursionisme a Catalunya 1876-1939*. A: <http://www.geocities.com/francescroma/social.pdf>
- Roma, F. (2000): *La construcció medial de la muntanya a Catalunya (segles XV-XX). Una mirada al paisatge des de la geografia cultural*. Tesi Doctoral. Bellaterra: Universitat Autònoma de Barcelona.
- Rueda, J.M.; Tura, J. (2002): Ocupació humana i transformacions del paisatge del Montseny, a *Ponències. Anuari de Centre d'Estudis de Granollers*: 95-117.
- Running, S.W. (1998): A blueprint for improved global change monitoring of the terrestrial biosphere, a *The Earth Observer*, 10:8-13.
- Sabaté, S.; Gracia, C.A.; Pla, E.; Sánchez, A. i Vayreda, J. (2004): Aplicación del modelo GOTILWA+ para el análisis de los efectos del cambio climático y la gestión forestal en el balance de carbono y agua en los bosques, a *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*, 18:13-20.

- Sala, M. (1986): Estudio y medición de la escorrentía superficial y la erosión en las vertientes de Santa Fe del Montseny, a *Jornades sobre bases ecològiques per la gestió ambiental*, 107-110. Barcelona: Diputació de Barcelona. Servei de Parcs Naturals.
- Sánchez, S. i Boada, M. (2010): L'apropiació forestal al Montseny: aproximació a l'extracció de faig (*Fagus sylvatica*) durant el període 1986-1994, a *VII Trobada d'Estudiosos del Montseny*. Barcelona: Diputació de Barcelona. Servei de Parcs Naturals.
- Sánchez, S. i Pié, G. (2008): Anàlisi de la diversitat i la qualitat de la vegetació de ribera a la Tordera i a la riera d'Arbúcies, a Boada, Marfí; Mayo, Sílvia i Maneja, Roser (coords.): *Els sistemes socioecològics de la conca de la Tordera*. Barcelona: Institució Catalana d'Història natural. 345-374. ISBN: 978-84-7283983-0.
- Sánchez, S. (2005): *La vegetació de ribera com a bioindicador per al monitoratge de conques fluvials. El cas de la conca de la Tordera*. Memòria d'investigació del Programa de Doctorat en Ciències Ambientals. Bellaterra: Universitat Autònoma de Barcelona.
- Sánchez, S. i Boada, M. (2007): Analysis of the quality of the riparian forest as a bioindicator in mediterranean river basins monitoring, a Bunce, R.G.H.; Jongman, R.H.G.; Hojas, L.; Weel, S. (Eds.) (2007): *25 years Landscape Ecology: Scientific Principles in Practice*. Proceedings of the 7th IALE World Congress 8-12 July Wageningen, The Netherlands, IALE Publication series 4. Part 1:527.
- Savé, R. (1986): *Ecofisiologia de les relacions hídriques de l'alzinar del Montseny*. Tesi Doctoral. Bellaterra: Universitat Autònoma de Barcelona.
- Serra i Rosselló, J. (1962): La companyia de la neu a Sant Celoni, a *Montaña. Centre Excursionista de Catalunya*, 82:228-232.
- Serra, A. (2006): *Anàlisi de les cobertes forestals i la seva dinàmica (1954-2003) al Parc Natural de l'Alt Pirineu*. Treball de recerca. Universitat Autònoma de Barcelona.
- Servei Meteorològic de Catalunya: http://www.gencat.net/servmet/smc/c_histo.htm
- Solé, L. (2006): Producció de gel a les economies pageses. El pou de glaç de Vilanna, a *Estudis d'Història Agrària*, 19:49-68.
- Soler, J. (2002): El Pla Director del turó de l'Home: un projecte de restauració de paisatge, a *V Trobades d'Estudiosos del Montseny*. Monografies, 33: 179-184. Barcelona: Diputació de Barcelona.
- Soriano, J.M. (1994): El procés de despoblament a les comarques de la Cerdanya i l'Alt Urgell, a *Documents d'Anàlisi Geogràfica*, 25:141-163.
- Stefanescu, C.; Peñuelas, J. i Filella, I. (2003): Effects of climatic change on the phenology of butterflies in the northwest Mediterranean Basin, a *Global Change Biology*, 9:1494-1506.
- Stern, P.C.; Young, O.R. i Druckman, D. (Eds.) (1992): *Global environmental change: Understanding the human dimensions*. Washington: National Academy Press.
- Terradas, I. (1987): *El cavaller de Vidrà. De l'ordre i el desordre conservadors a la muntanya catalana*. Barcelona: Publicacions de l'Abadia de Montserrat.
- Terradas, J. (Coord.)(1985): *Introducció a l'ecologia del faig*. Barcelona: Diputació de Barcelona. Servei de Parcs Naturals.
- Terradas, J. i Miralles, J. (Eds.) (1986): *El patrimoni biològic del Montseny. Catàlegs de flora i fauna, 1*. Barcelona: Diputació de Barcelona.
- Toledo, V. (2004): *La memoria tradicional: la importancia agro-ecológica de los saberes locales*, a *L'Ecologiste*, 14:30-34.
- Toledo, V. (1998): Estudiar lo rural desde una perspectiva interdisciplinaria: el enfoque ecológico-sociológico, a Valdívila, E. (Eds.): *Memorias del V Congreso Latinoamericano de Sociología Rural*. México: UACH.

- Toledo, V. (Ed.) (1996): Diálogo de saberes, a *Etnoecológica*, III:4-5. México: Centro de Ecología, UNAM.
- Troll, C. (1963): Über Landschafts-Sukzession, a *Arbeiten zur Rheinischen Landeskunde*, 19. Article traduït a *Gaceta ecológica*, 68:71-84. México: Instituto Nacional de Ecología.
- Troll, C. (1950): Die geographische Landschaft und ihre Erforschung, a *Studium Generale*, 3:163-181.
- Turner, R.M.; Webb, R.H.; Bowers, J.E. i Hastings, J.R. (2003): *The Changing Mile Revisited: an ecological study of vegetation change with time in the lower mile of an arid and semiarid region*. Tucson: The University of Arizona Press.
- Turner, B.L.; Gómez, A.; González, F. i Di Castri, F. (1995): *Global land use change. A perspective from the Columbian Ecounter*. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- Turner, B.L. et al. (1990): *The Earth as transformed by human action*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Turner, M.G. (1989): Landscape ecology: the effect of pattern on process, a *Annual Review of Ecological Systems*, 20:171-197. http://www.all-acronyms.com/ANNU+REV+ECOL+SYST/Annual_Review_of_Ecological_Systems/998035
- Urteaga, L. (1987): *La tierra esquilada. Las ideas sobre la conservación de la naturaleza en la cultura española del siglo XVIII*. Madrid: Serbal. CSIC.
- Valladares, F.; Matesanz, S.; Godoy, O.; Gimeno, T.; i Granda, E. (2009): Impactos del cambio climático en los ecosistemas mediterráneos, a Barriocanal, C.; Varga, D.; i Vila, J. (2009): *Canvi ambiental global. Una perspectiva multiescalar*. Quaderns de Medi Ambient, 1. Girona: Documenta Universitària.
- Varga, D. (2007): *Paisatge i abandonament agrari a la muntanya mediterrània: una aproximació al cas de les valls d'Hortmoier i Sant Aniol (Alta Garrotxa) des de l'ecologia del paisatge*. Tesi Doctoral. Girona: Universitat de Girona. Institut de Medi Ambient.
- Veblen, T.T. i Lorenz, D.C. (1991): *The Colorado Front Range. A Century of Ecological Change*. Salt Lake City: Utah University Press.
- Vila, J.; Varga, D.; Llausàs, A.; i Ribas, A. (2006): Conceptos y métodos fundamentales en ecología del paisaje (landscape ecology). Una interpretación desde la geografía, a *Documents d'Anàlisi Geogràfica*, 48:151-166.
- Vilar, L. (2004): *Interpretació del medi físic i natural del Parc Natural del Montseny. Flora i vegetació*. A <http://www.diba.es/parcsn/parcs/fitxers/pdf/p03d190.pdf>
- Vitousek, P.M. (1997): Introduced species: a significant component of human-caused global change, a *New Zealand Journal of Ecology*, 21(1):1-16.
- Vitousek, P.M.; Mooney, H.A.; Lubchenco, J. i Melillo, J.M. (1997): Human domination of Earth's ecosystems, a *Science*, Vol. 277, N. 5325: 494-499.
- Vitousek, P.M. (1994): Beyond Global Warming: Ecology and Global Change, a *Ecology*, 75(7):1862-1876.
- Von Schiller, D.; Martí, E.; Riera, J.L.; Ribot, M.; Marks, J.C. i Sabater, F. (2008): Influence of land use on stream ecosystem function in a Mediterranean catchment, a *Freshwater Biology*. Article acceptat.
- Von Schiller, D.; Martí, E.; Riera, J.L.; Ribot, M.; Argerich, A.; Fonollà, P. i Sabater, F. (2008): Inter-annual, Annual, and Seasonal Variation of P and N Retention in a Perennial and an Intermittent Stream, a *Ecosystems*, 11(5):670-687.
- Wagner, M.M. i Gobster, P.H. (2007): Interpreting landscape change: measured biophysical change and surrounding social context, a *Landscape and Urban Planning*, 81(1):67-80.
- Wissmar, R.C.; Timm, R.K. i Logsdon, M.G. (2004): Effects of Changing Forest and Impervious Land Covers on Discharge Characteristics of Watersheds, a *Environmental Management*, 34(1):91-98.

Zamora, J.E. (1996): *El carboneig al Montseny*. Col·lecció Techne, 9. Barcelona: Associació d'Enginyers Industrials de Catalunya.

Zamora, F. de (1973): *Diario de los viajes hechos en Catalunya*. Barcelona: Curial.

Descripció de les imatges de presentació dels blocs (d'esquerra a dreta):

Introducció:

Hotel i Estanyol de Santa Fe als anys 1920

Turó de l'Home

Fulla de roure de fulla gran (*Quercus petraea*)

Marc conceptual:

Mas en ruïnes del Maçaners

Trèvola roja (*Trifolium incarnatum*)

Llibretes de Pere Casals amb les anotacions de la freqüentació a Santa Fe

Història ambiental:

Presa de l'Estanyol amb excursionistes, als anys 1920

Faig i forca a la fageda de Morou

Comptes de la neu de l'arxiu històric de la família Ramis de Sant Celoni

Anàlisi cartogràfica:

Llegenda del mapa de vegetació del Montseny de Bolòs, de 1960

Imatge parcial del mapa de vegetació del Montseny de Llobet, de 1947

Imatge parcial del mapa d'usos i cobertes del sòl de la vall de Santa Fe de 1956

Efectes del canvi d'usos i cobertes del sòl en els cabals superficials:

Viola d'aigua (*Pinguicula vulgaris*) de la localitat de Matagalls

Faig (*Fagus sylvatica*)

Riera de Santa Fe

Conclusions:

Ramat al turó Gros

Les Agudes i un prat de tulipes (*Tulipa sylvestris*)

Herba de Sant Segimon (*Saxifraga vayredana*)