

“Proposta de millora de la gestió forestal basada
en l’òptima extracció de fusta i l’òptim
emmagatzematge de carboni, en un bosc del Pont
de Suert amb règim de tala selectiva”



Juny 2006

Agraïm especialment la col·laboració rebuda per part d'en Renan Goetz i Àngels Xabadia, del Departament d'Economia de la Universitat de Girona, així com també el seguiment del tutor docent, en Francesc Córdoba. Volem esmentar i agrair també la ajuda oferta en moments puntuals per Rosalia Trias, David Mur, Jaume Riuró, i en Jaume Llunell. A tots ells, gràcies.

Dr. Renan Ulrich Goetz, tutor tècnic:

Gonçal Pastor Vives

Enric Plensa Alberca

Xavier Serrat Sastre

Rubén Javier Mur Torrentó

PREÀMBUL

L'any 1992 es va celebrar a Rio de Janeiro la Cimera de la Terra, on es va decidir crear un instrument legal que lluités contra el canvi climàtic. Aquest compromís es va convertir en el que avui coneixem com a Protocol de Kyoto, signat al 1997 per un centenar de països de tot el món. El Protocol de Kyoto, entre moltes altres coses preveu la creació d'un mercat al voltant del CO₂, mitjançant el qual s'intenta disminuir l'emissió dels gasos d'efecte hivernacle.

El **Centre de la Propietat Forestal** a la vista d'aquest conjunt d'acords comunitaris i nacionals, decidiren encarregar a l'empresa **SALIX** un projecte per tal d'analitzar els efectes pràctics que els mateixos poden tenir sobre l'explotador fustaner privat i sobre la gestió dels boscos en general.

En aquest context s'emmarca el projecte de "**Proposta de millora de la gestió forestal basada en l'òptima extracció de fusta i l'òptim emmagatzematge de carboni, en un bosc del Pont de Suert amb règim de tala selectiva**", que SALIX ha elaborat l'any 2006.

En el projecte hi queden reflectits resultats palpables que, correctament aplicats i recolzats per les degudes institucions, poden resultar una eina efectiva per tal d'aconseguir gestionar un bosc de la manera més eficient i productiva possible per a l'explotador, alhora que respectuosa amb el medi ambient i amb el ciutadà; adequant-se a la nova situació política que ha modulats aquest gran escenari que és el dels boscos.

ÍNDEX:

1. Introducció.....	7
1.1. Justificació del projecte.....	7
1.2. Objectius.....	9
1.3. Localització àrea d'estudi.....	10
1.4. Perquè <i>Pinus sylvestris</i> ?.....	13
2. Antecedents.....	15
2.1. Multifuncionalitat dels boscos i la seva importància.....	15
2.2. La crisi de l'explotació fustaniera i la situació dels boscos catalans.....	15
2.3. Cap a on s'encamina la gestió dels boscos? Gestió sostenible.....	17
2.4. Els boscos com a embornals de carboni i destí dels productes fustaners.....	18
2.5. Protocol de Kyoto.....	19
3. Metodologia.....	21
4. Anàlisi del mercat del carboni.....	28
4.1. Introducció i concepte del Deute Ecològic.....	28
4.2. Funcionament del mercat del carboni.....	30
4.2.1. Mecanismes de flexibilitat.....	30
4.2.2. Embornals de carboni.....	31
4.3. Característiques de les RMU's.....	32
4.4. Formació de preus de les EUA's.....	32
4.5. Suport legal del mercat del carboni.....	33
4.6. Situació a Espanya.....	35
4.7. Com hauria de funcionar el futur intercanvi de RMU's?.....	36
5. Metodologia de l'anàlisi econòmic i Model Bioeconòmic.....	39
5.1. Objectius.....	39
5.2. Metodologia.....	39
5.3. Model bioeconòmic.....	41
5.4. Justificació del model econòmic i especificació de dades i funcions.....	45

5.5 Justificació ambiental de les equacions relacionades amb el carboni.....	49
6. Resultats.....	52
6.1. Taules.....	52
6.2. Gràfics.....	64
7. Centrals de Biomassa.....	67
7.1. Definició i funcionament.....	67
7.2. Avantatges i inconvenients.....	68
7.3. Conclusions.....	70
8. Custòdia del territori i drets de tala.....	72
8.1. Definició i orígens.....	72
8.2. Com funciona la custòdia del territori.....	73
8.3. Consideracions pràctiques per a la gestió privada.....	75
9. Gestió de la fusta morta i del sotabosc.....	77
9.1. Justificació.....	77
9.2. Conceptes de gestió de la fusta no comercialitzable i del sotabosc.....	77
9.3. Què fer amb la fusta no comercialitzable?.....	78
9.4. Què fer amb el sotabosc?.....	80
9.5. Consideracions finals.....	81
10. Localització espacial de les tales.....	83
10.1. Introducció i breus conceptes sobre silvicultura.....	83
10.2. L'elecció de les zones de tala.....	84
11. Discussió.....	87
11.1. Conclusions part analítica.....	87
11.2. Què s'aconsegueix amb la gestió òptima basada en la tala selectiva?...	90
11.3. Què pot aportar el present estudi als certificats forestals?.....	91
11.4. Què ens depara el futur?.....	93

12. Conclusions.....	96
Annex i.....	98
Annex ii.....	102
Referències Bibliogràfiques.....	103
Glossari.....	110

1.INTRODUCCIÓ

1.1 Justificació del projecte

En les últimes dècades s'han produït uns canvis molt importants en l'ús tradicional del bosc referents a l'extracció de fusta bàsicament. Això succeeix degut a l'aparició d'altres combustibles fòssils que fan que l'ús de la llenya que abans era imprescindible passi en segon terme en la majoria de les famílies, exceptuant casos puntuals. Així doncs, **s'ha evidenciat una pèrdua continuada de la rendibilitat dels productes tradicionals del bosc** tals com la fusta i la llenya, provocada per la contínua disminució del preu real de la fusta i per l'encariment de la mà d'obra.

A aquest fet se li ha d'afegir un altra problemàtica més preocupant: el canvi climàtic. Convé recordar que aquest fenomen és imminent i cada vegada els canvis i contrastos a nivell planetari s'intensificaran més. Per una banda l'augment de temperatura que es preveu i la possible disminució de les precipitacions en l'àmbit mediterrani suposaran en els propers anys un augment considerable de l'estrès hídric, que **obligarà a replantejar en certa manera els models de gestió forestal actuals.** Models que abans tenien únicament com a principal objectiu establir les pràctiques de gestió adequades per aconseguir una producció contínua de fusta i la preservació del bosc tot evitant plagues i incendis.

De mica en mica i des de fa pocs anys, s'està començant a produir la tendència mundial de considerar els **ecosistemes forestals com a embornals de carboni** (el CO₂ és el principal gas causant de l'efecte hivernacle). Això doncs respondria a la idea que un bosc si està sa i ben cuidat, quanta més quantitat de matèria orgànica tingui en forma de fusta entre d'altres formes d'emmagatzemament, i més hectàrees de terreny disposi, més quantitat de carboni acumularà actuant així com a embornal de carboni, ja que si aquest element està retingut en el sòl i en la matèria orgànica del bosc, es pot afirmar que no es trobarà dispers per l'atmosfera provocant l'efecte hivernacle.

A més, cada cop més freqüentment, la societat reclama a les administracions que vetllin per tal d'assolir una correcta preservació dels boscos i fer possible la

potenciació de la multifuncionalitat del bosc, tan a nivell social i ambiental com a nivell productiu. Aquest concepte sostenible dels boscos implica que aquest projecte ha d'esdevenir correctament justificable tant des d'un **punt de vista social** com des d'un **punt de vista de l'explotador privat**:

✚ **El punt de vista social** respon a la idea que els boscos tenen un gran component social que no convé menysprear. Deixant a part la capacitat productiva dels boscos, aquests disposen d'un gran **component ecològic** com podria ser la regulació i fixació del CO₂ i l'O₂, regulació hídrica en el seu sentit més ampli, conservació de l'enorme diversitat animal i vegetal que en ells hi troben refugi, controladors dels processos erosius en moments de pluges torrencials i altres situacions extremes, etc. Totes aquestes funcions són vitals per tal d'assegurar un bon equilibri natural en la terra i així doncs una bona qualitat de vida pels humans.

A més, aquest estudi pot resultar una eina eficaç per al *Centre de la Propietat Forestal*, sobretot si es té en compte l'aportació que fa d'una sèrie de conceptes per a la millor gestió dels boscos que depenen d'aquesta empresa pública.

Socialment els boscos tenen la seva importància, fet que justifica el projecte ja que aquest facilita mètodes de silvicultura sostenibles per produir i conservar els terrenys forestals i assessora en l'aplicació pràctica dels coneixements tècnics forestals i en la redacció dels instruments de planificació i ordenació forestals, a més d'informar sobre les més actualitzades normatives que regulen les gestions forestals.

✚ **El punt de vista privat** en canvi, intenta justificar aquest treball des d'una altra perspectiva. Hom sap que el negoci de l'explotació de fusta dels boscos per a la seva posterior venda ha passat a la història ja que la utilització de les energies alternatives han fet perdre l'interès en l'adquisició de fusta per part dels ciutadans. Així doncs, els preus han baixat en picat i actualment aporten més riquesa les activitats no fusteres com la caça, els bolets, la recollecció de fruits de temporada, etc. Això ha fet que molts explotadors forestals mantinguin aquesta activitat econòmica com a secundària o

suplementària a la seva principal font d'ingressos que de ben segur serà una altra.

Si es té en consideració que de tota la superfície boscosa de Catalunya gairebé un 81% és de propietat privada, essent la resta de domini públic, hom pot copsar que una gestió que es correspongui amb uns guanys econòmics i una millora del medi pot ser de gran interès per part de la majoria dels propietaris dels boscos catalans.

Aquests i altres motius posen de manifest la utilitat del projecte, que intenta **optimitzar les possibilitats econòmiques de cada explotació forestal**, fent ús d'un model bioeconòmic que s'especifica en el *capítol 5*. Tanmateix, la informació que es desprèn sobre **l'emergent mercat del carboni**, el qual pot esdevenir una peça clau associada a l'explotació forestal, ha de resultar una informació important per a l'explotador privat.

Així doncs, aquest estudi pretén **servir com a referència per aquells que** tenen la potestat de fer canvis en la gestió actual dels boscos, per tal que el dia de demà aquests siguin autosuficients i a més se'n pugui fer una explotació sostenible i respectuosa amb el medi ambient.

1.2 Objectius

Seguidament es presenten els objectius que es pretenen assolir en aquest projecte, de manera sintètica:

- ✚ **Determinar la tala i plantació òptima des del punt de vista privat d'una explotació fustanera i d'emmagatzemament de Carboni** d'un bosc de *Pinus sylvestris* amb règim de tala selectiva del Pont de Suert.

- ✚ **Informar i orientar a l'explotador privat del funcionament de l'emergent mercat del Carboni.**

- ✚ **Proposar pràctiques útils per la gestió sostenible mitjançant conceptes no tractats en el model bioeconòmic o relacionats amb l'emmagatzematge de carboni.** Relacionar aquestes pràctiques amb els requisits establerts pels segells de qualitat europeus i catalans.

1.3 Localització de l' àrea d'estudi

El model bioeconòmic utilitzat pot optimitzar qualsevol distribució diamètrica forestal, pel que s'ha decidit exemplificar els resultats de tala i plantació òptima en 4 parcel·les del Pont de Suert amb 4 distribucions diamètriques diferents (veure Annex i). **L'estudi s'emmarca, doncs, dins del municipi del Pont de Suert** (Figura 1).

El Pont de Suert és la capital de l'Alta Ribagorça (Lleida). L'Alta Ribagorça és una comarca de nova creació (1988), que comprèn tres municipis: el Pont de Suert, la Vall de Boí i Vilaller. Limita al nord amb la Vall d'Aran, al sud-est amb el Pallars Sobirà (comarca amb la que comparteix el Parc Nacional d'Aigüestortes i l'Estany de Sant Maurici), a l'est i sud amb el Pallars Jussà i, a l'oest, amb l'Aragó.

Al municipi hi viuen uns 2.200 habitants aproximadament, i està situat a 841 metres d'alçada, a la riba del riu Noguera Ribagorçana, on conflueixen la Vall de Barravés amb les de Boí i Castanesa, en una cruïlla de comunicacions que des de temps molt llunyans va donar lloc al pont que dóna nom a la població.

El Pont de Suert té els seus límits meridionals cap a les solitàries cingleres de la serra de Sant Gervàs, al Prepirineu, i cap al nord arriba fins al Corronco de Durro i al cim del Cap dels Vedats d'Ertà, en plena serralada pirinenca, i està proper també a altres grans valls, com la de Benasc i la d'Isàvena.

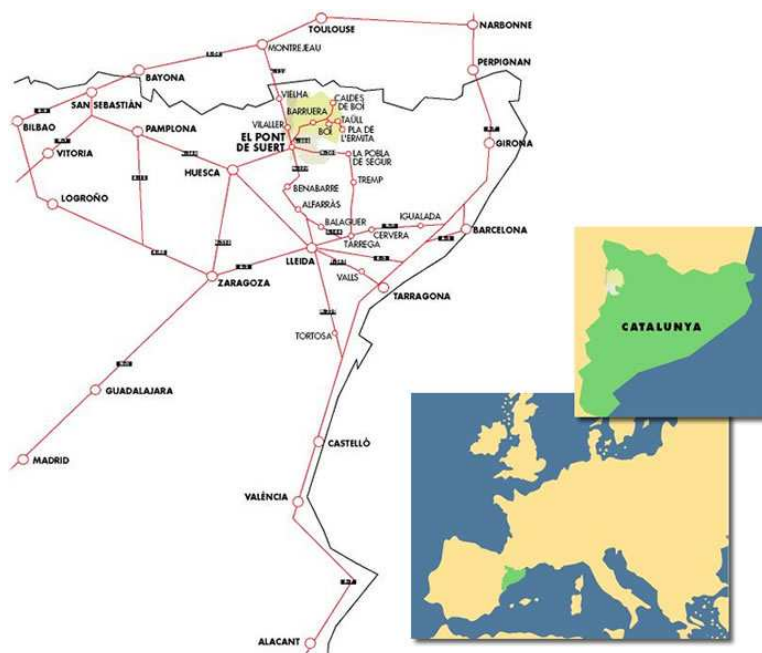


Fig. 1: Localització geogràfica del Pont de Suert

En quant a vegetació, el municipi disposa de molta varietat. A les zones baixes hi predomina el bosc de roure martinenc amb boix, a les fondalades hi ha freixenedes i avellanoses, i a partir dels 1600 m. es fa el pi negre i alguns avets entre d'altres, tot i que l'explotació forestal ha deixat pas a mates de nerets, ginebrons i bàlecs. Per damunt dels 2300 metres hi ha una vegetació alpina molt rica. **El pi roig el trobarem en cotes a partir dels 135 metres i arribant a altituds de 2082 metres.** Pel que fa a la fauna de la zona, es troba representada la típica dels Pirineus com poden ser isards, muflons, llops, cérvols, etc.

El clima és fred i rigorós a l'hivern amb intenses nevades i freqüents precipitacions, i més aviat temperat a l'estiu, la qual cosa ha provocat una especial adaptació a aquestes condicions per part dels seus habitants en quant a tipus de construccions bàsicament, conformant un paisatge molt característic.

Les condicions climàtiques són factors que limiten les espècies vegetals, i en concret les forestals, de cada territori. D'aquesta manera cada zona climàtica està associada a un conjunt d'espècies. **En el cas de *Pinus sylvestris*, es pot observar que la distribució al Catalunya es veu relacionada a zones de climes freds, com els Pirineus i el Pont de Suert (Figura 2).**

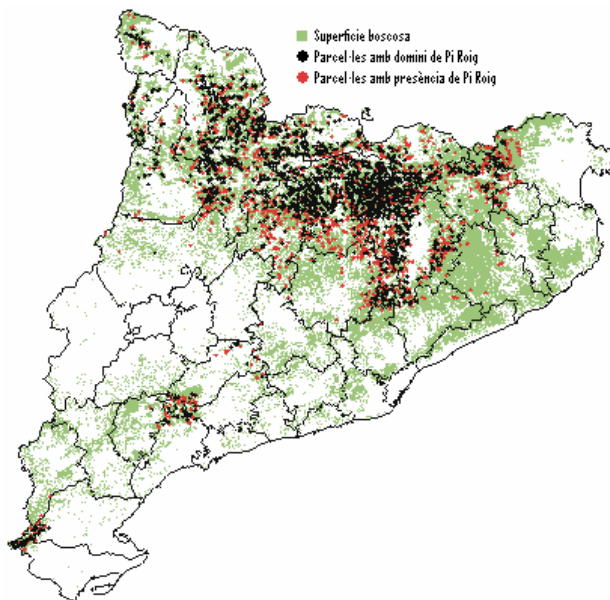


Fig. 2: Parcel·les amb presència o domini de *Pinus sylvestris* a Catalunya

En els darrers 50 anys hi ha hagut un elevat grau d'abandonament de terres agrícoles. Aquestes terres esdevenen colonitzades per espècies, successivament

més complexes fins a esdevenir boscos, en els que, en funció del clima i les característiques ambientals, predominaran unes espècies o altres.

En les Figures 3 i 4 es pot observar la complementació entre la superfície agrícola i la forestal a Catalunya, l'any 1996:

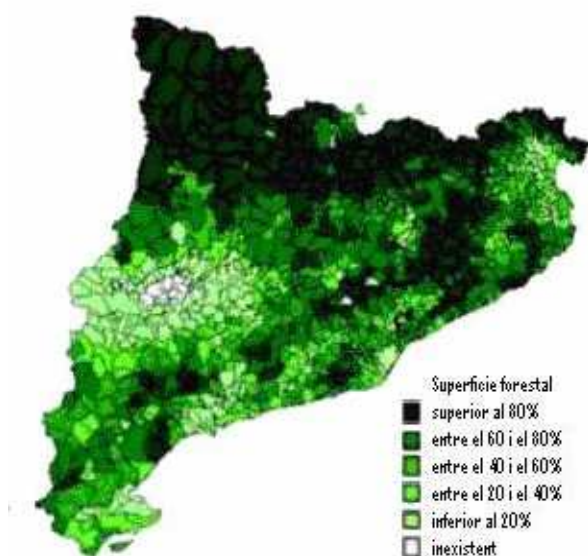


Fig. 3: Superfície forestal a Catalunya

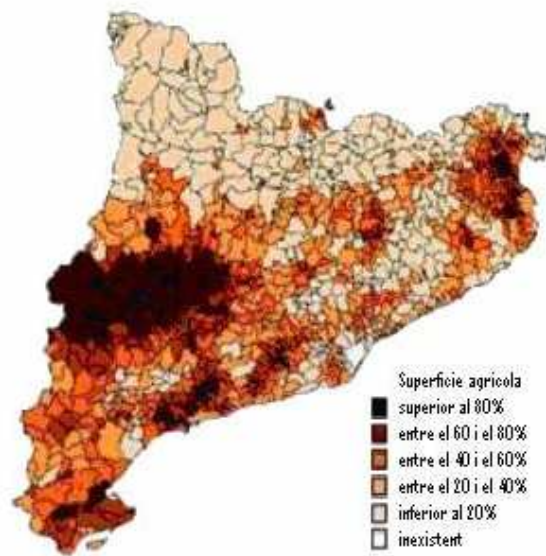


Fig. 4: Superfície agrícola a Catalunya

Per acabar d'il·lustrar gràficament la distribució del pi roig en les contrades del municipi, es mostra el mapa de la Figura 5, on es relaciona la pluviometria amb la distribució de diferents coníferes a Catalunya:

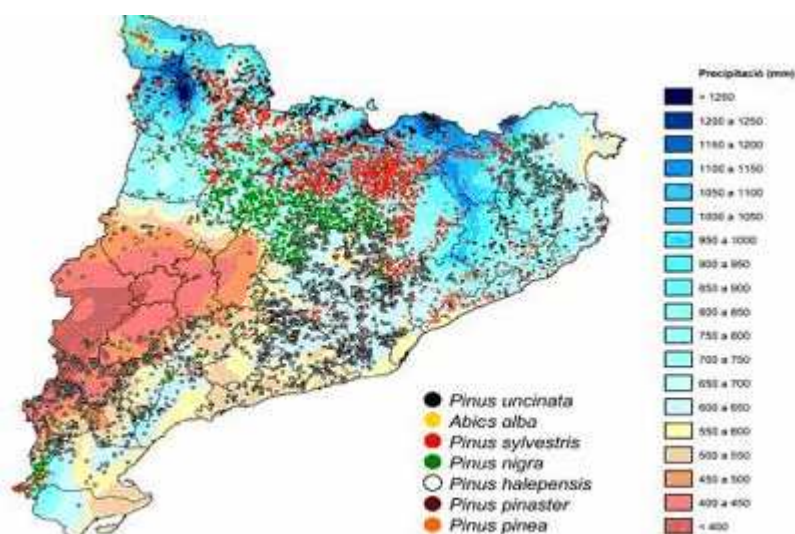


Fig. 5: Distribució de coníferes segons pluviometria

1.4 Perquè Pinus sylvestris?

Les característiques d'aquesta espècie són ben conegudes: *Pinus sylvestris* o pi roig és un arbre molt alt (pot arribar fins als 40 metres) i amb gran quantitat de ramificacions tant a la part visible de l'arbre, és a dir, la que està en contacte amb l'aire, com en la part subterrània. Les branques dels dos terços inferiors del tronc gaudeixen d'autoesporga, es a dir, es poden de manera natural, el que pot abaratir costos de manteniment en plantacions d'aquesta espècie.

Aquesta espècie no és exigent pel que fa a la tipologia edàfica ja que, si bé prefereix formacions arenoses, profundes i fresques, també viu en calizes, fins i tot en terrenys amb presència de guix. Principalment es troba en cambisòls tant d'origen silícic com bàsic (sòls amb un horitzó càmbic o d'alteració), encara que pot sobreviure també en terrenys torbosos i molt humits. El tipus de sòl acabarà d'acotar la presència o no d'aquesta espècie en un àrea determinada.

Les dades de la Taula 1 i les conclusions que se'n deriven poden donar idea de la importància estratègica que ha tingut escollir *Pinus sylvestris* per aquest estudi, i que seguidament s'exposen per punts:

Taula 1: Existències i superfície per espècie a Catalunya

	Existències			% d'existències			Superfície Regenerat	
	Peus (milions)	VAE (m³)	Carboni (t)	Peus	VAE	Carboni	(ha)	(ha)
<i>Quercus ilex</i>	373,12	9.136.284	5.469.924	26,86	8,79	15,01	449.244	44.905
<i>Pinus sylvestris</i>	223,77	26.262.735	8.100.598	16,11	26,27	22,23	353.777	1.875
<i>Pinus halepensis</i>	181,55	14.477.318	5.116.773	13,07	13,93	14,04	312.407	934
<i>Pinus nigra</i>	160,86	12.208.950	3.944.604	11,58	11,74	10,82	233.081	501
<i>Quercus humilis</i>	72,26	3.913.334	1.646.887	5,20	3,76	4,52	199.505	20.024
<i>Pinus uncinata</i>	61,12	8.426.346	2.569.206	4,40	8,11	7,05	87.696	226
<i>Quercus suber</i>	39,16	3.306.435	1.044.447	2,82	3,18	2,87	116.118	243
<i>Fagus sylvatica</i>	36,14	5.189.403	1.985.949	2,60	4,99	5,45	61.149	2.464
<i>Arbutus unedo</i>	31,44	332.312	233.947	2,26	0,32	0,64	59.503	219
<i>Quercus cerrroides</i>	27,77	1.062.336	491.341	2,00	1,02	1,35	89.259	11.636
<i>Castanea sativa</i>	20,58	1.376.324	482.502	1,48	1,32	1,32	27.858	641
<i>Pinus pinea</i>	19,24	3.511.616	1.299.296	1,38	3,38	3,57	107.927	548
<i>Abies alba</i>	14,71	4.575.302	1.375.882	1,06	4,40	3,78	26.775	2.059
<i>Pinus pinaster</i>	12,61	1.353.794	380.023	0,91	1,30	1,04	34.512	580
<i>Quercus petraea</i>	12,45	1.294.636	518.474	0,90	1,25	1,42	28.451	1.958
<i>Quercus faginea</i>	11,76	330.664	164.356	0,85	0,32	0,45	41.761	5.858
<i>Betula pendula</i>	11,59	534.128	180.803	0,83	0,51	0,50	35.019	785
Resta d'espècies	79,25	5.754.747	1.437.505	5,70	6,41	3,94	—	—
Total bosc	1.389,38	103.044.664	36.442.318	100	100	100	—	—

- ✚ ***Pinus sylvestris* és la segona espècie més abundant a Catalunya després del *Quercus ilex* que disposa de 373'12 milions de peus, enfront dels 223'77 milions del pi roig. És la primera espècie més abundant dintre les coníferes.**

- ✚ **El pi roig és l'arbre que més tones de Carboni acumula seguit per *Quercus ilex* i *Pinus halepensis*.**

- ✚ **S'observa que l'espècie estudiada disposa del segon lloc en ocupació del territori català.**

- ✚ **La superfície que ocupa el regenerat del pi roig en boscos d'altres espècies és relativament baixa en comparació a altres espècies. Aquesta dada reflexa l'especificitat del pi roig en les zones geogràfiques, i implica la quasi exclusivitat de l'espècie en boscos de pi roig, simplificant l'aplicació del model.**

2.ANTECEDENTS

2.1 Multifuncionalitat dels boscos i la seva importància:

La importància dels boscos a Catalunya es fa ben palesa quan es consideren les superfícies que ocupen. Actualment el **38% del territori de Catalunya és superfície forestal arbrada**. Això equival a dir que els boscos ocupen 1,2 milions d'hectàrees, o el que és el mateix, hi ha una hectàrea de bosc per cada 5 habitants. Aquest percentatge és lleugerament superior al de la mitjana europea o a la dels EEUU, i s'ha mantingut globalment estable en els últims 25 anys, ja que la pèrdua de més de 200.000 hectàrees de massa forestal arbrada a conseqüència dels incendis ha estat compensada per la regeneració natural soferta en prats, matollars i camps abandonats de moltes comarques històricament agrícoles. De tota aquesta superfície, gairebé un 81% és propietat privada, i la resta és bosc públic.

La seva importància és evident també en tant que són font d'una gran varietat de productes tals com fusta, bolets, suro, etc. L'explotació forestal actualment mou un volum de 42 milions d'euros anuals, dels que entre un 20 i un 25% aproximadament provenen d'explotacions estrictament fustaneres.

Però els boscos proporcionen també serveis ambientals molt importants com protecció contra inundacions, devessalls de neu, esfondraments, erosió i escorrentia. També desenvolupen funcions de fixació del sòl i d'**emmagatzemament de carboni**. A més tenen un valor paisatgístic, d'amenitat i d'inspiració indubtables.

2.2 La crisi de l'explotació fustanera actual i situació dels boscos catalans

Tot i això, l'explotació dels terrenys arbrats més comuna ha estat l'extracció de fusta. En aquest sentit s'han d'evidenciar problemàtiques que en les últimes dècades s'han produït en l'ús tradicional dels bosc. Una de les més conegudes, sobretot per part dels propietaris, és la pèrdua continuada de la rendibilitat dels productes tradicionals del bosc com la fusta i la llenya, provocada per la contínua **disminució del preu real de la fusta** i per l'**encariment de la mà d'obra**.

L'evolució negativa dels preus de la fusta al llarg dels últims anys permet intuir la precària situació en la que actualment es troba aquest sector en el nostre país.

Aquests han disminuït fins a un 50% en la última dècada, és a dir, al voltant d'un 5% anual. Els productes forestals que han augmentat de preu, en canvi, són la tòfona, els pinyons, els bolets..., és a dir productes no relacionats amb la fusta.

Aquest fet ha repercutit en els beneficis que s'obtenen de les explotacions fustaneres: si es divideixen els ingressos entre el nombre de finques majors de 25 hectàrees (aquelles que es consideren productives), s'obté un valor de 5.000 € per finca i any de mitjana. Ara bé, si es consideren totes les finques forestals privades, aquesta mitjana es redueix a 900 € per finca i any, pel que es pot deduir que **la majoria de finques amb boscos no tenen activitat fustanera.**

Uns altres motius també importants que poden ajudar a explicar la situació del mercat de la fusta són la **poca productivitat dels boscos mediterranis**, amb un llarg període d'estrès hídric, i la **poca superfície boscosa productiva**: segons els criteris de gestió forestal tant sols els boscos amb un pendent inferior al 60%, i que assoleixen un recobriment de capçades superior al 70%, són aptes per a l'aprofitament fustaner comercial. Només un 35% dels boscos de Catalunya (480.000 ha) compleixen aquests requisits.

La situació actual dels boscos catalans és, també, preocupant. Del 81% de la superfície arbrada privada només un 20,7% disposaven d'un Pla Tècnic de Gestió i Millora Forestal (PTGMF en endavant) a finals del 2003. No es preveu tampoc que tots els boscos arribin a tenir un PTGMF, ni a curt ni a mitjà termini, ja que les reduïdes dimensions de les finques boscoses privades de Catalunya (unes 20 ha/finca en mitjana) ho converteixen en un impossible.

En quant al 19% aproximat dels terrenys forestals de propietat pública, o de propietat privada amb consorcis i convenis, cal destacar que la majoria abasten grans extensions de terreny, més de 100 hectàrees de mitjana, i que estan catalogats com boscos d'utilitat pública pel que, en molts casos, l'aprofitament fustaner ha passat a un segon terme.

En aquests casos la gestió és inexistent, el que provoca que els boscos públics emmalalteixin de tenir una densitat d'arbres de mides petites massa alta. Les conseqüències són que els arbres més grans no assoleixin majors dimensions per falta d'espai i de nutrients, i que la gran densitat de peus comporti greus perills d'incendis. Aquesta situació es fruit d'una **manca de gestió forestal.**

Així doncs tenim uns boscos amb estrès hídric i de minerals, situats en zones inclinades on la retenció d'aigua es menor, en zones poc accessibles i els arbres dels quals són de mida petita. Per tant els boscos són poc rendibles i la seva gestió és difícil i insuficient. En aquest marc ja **és notòria la importància que pot arribar a tenir la gestió estratègica dels boscos** i l'explotació dels mateixos, ja que pot ajudar a reconvertir la situació actual.

És evident, doncs, el perillós que pot resultar la creença platònica de l'equilibri del món natural, segons la qual la natura, per ella mateixa és perfecta, de manera que qualsevol canvi induït per l'home la degrada, però es refà espontàniament si l'home deixa d'intervenir, i per tant la millor gestió és no fer res.

2.3 Cap a on s'encamina la gestió dels boscos? Gestió sostenible

Aquestes problemàtiques de l'explotació fustanera es produeixen en un moment en que han convergit altres factors també molt importants que exigeixen una orientació adequada en la forma de gestionar els boscos.

Per una banda l'augment de temperatura previst i la possible disminució de les precipitacions en l'àmbit mediterrani suposaran un augment considerable en l'estrès hídric que obligarà en certa manera a replantejar els models de gestió actuals. D'altra banda, s'està produint un progressiu canvi en la sensibilitat envers el medi ambient, que genera una demanda d'un bosc "diferent" i per tant una gestió reorientada a usos com el turístic, naturalista, recreatiu i educatiu.

Així doncs la gestió forestal actual hauria d'anar encaminada cap a un context multifuncional i sostenible. Aquests conceptes no són pas nous, i menys en l'àmbit forestal. La silvicultura és la ciència que s'encarrega de tractar els boscos i encaminar-los cap a certes estructures per treure rendibilitat. Però també ha tingut com a objectius prioritaris la persistència i la millora de les masses forestals, i per tant ja contenia el nucli del concepte de sostenibilitat. Aquest fet és precisament el que ha de motivar l'anàlisi de tots aquests factors que han convergit en les últimes dècades, i una posterior però immediata adaptació als mateixos per seguir essent coherents amb els seus principis.

Cal dir que avui en dia ja es practica un tipus de gestió encarada cap a la sostenibilitat. Tècniques i tractaments específics de millora del bosc com les estassades, selecció de tanys, o les aclarides que serveixen per ajustar la densitat del bosc a les dimensions dels arbres que hi estan creixent, van encaminades tant a una millora de la productivitat com a la seva correcta conservació. També s'observa una tendència cap a boscos irregulars, amb masses d'arbres de diferents edats, on la gestió és molt més difícil, però que mantenen una major constància de les característiques del bosc i tenen molt menys impacte ecològic.

La silvicultura preventiva també es un dels mètodes de gestió sostenible de boscos que s'està portant actualment a terme, sobretot per prevenir incendis de grans dimensions. És molt comú fer franges de protecció on el foc es propaga més lentament, és menys intens i la flama no es tant alta, doncs s'ha podat tota la zona deixant només la part superior dels arbres. En aquest sentit també s'intenta tenir el sotabosc estassat. També hi ha altres mesures per apaivagar el foc en cas d'incendi, com reestructurar el paisatge de manera que hi hagi una alternança d'arbredes i pastures.

Una mesura de gestió important en el sector forestal és la venda de fusta certificada. **Al 1993 va néixer el Consell d'Administració Forestal, que va crear el segell de qualitat FSC (Forest Stewardship Council).** En aquest consell es troben representades ONG's amb la funció de protegir i gestionar bé els boscos. El seu objectiu és aconseguir un aprofitament forestal ecològicament apropiat i viable a través de l'establiment de principis i criteris de certificació forestal. Al 1998 les empreses del sector del nostre país van signar el consell d'administració forestal per tal de que es comercialitzés només fusta procedent de boscos sostenibles.

Una iniciativa similar també a nivell global és la del Consell PEFC (Pan-European Forest Council), fundat el 1999, i que promou la gestió sostenible a través de certificacions o segells de qualitat anomenats GFS (Gestió Forestal Sostenible).

2.4 Els boscos com a embornals de carboni i destí dels productes fustaners

Així doncs, per una part tenim l'**afebliment del mercat de la fusta per causes macroeconòmiques**, per una altra la incipient **demanda d'un bosc apte per aprofitaments socials** i finalment la **problemàtica derivada del canvi climàtic**.

Aquest últim factor esdevé fonamental per dues raons: primerament i com ja s'ha explicat abans, per les conseqüències que tindrà a nivell global i més concretament sobre els territoris forestals, i segonament perquè aquest fenomen ha d'esdevenir catalitzador del procés d'un canvi necessari en la gestió forestal.

És per això que quan actualment es parla de gestió forestal cal tractar-la en el context de la multifuncionalitat abans esmentat i en la sostenibilitat, basada en l'equilibri entre les múltiples activitats i serveis que se'n deriven. Això hauria de suposar l'evolució d'una silvicultura que tradicionalment ja tenia conceptes incipients de sostenibilitat i multifuncionalitat.

En aquest sentit, des de fa molt pocs anys s'està produint la tendència mundial de considerar els ecosistemes forestals com a embornals de CO₂, principal gas causant de l'efecte hivernacle. Es un fet que els boscos on els arbres creixen activament fixen grans quantitats de carboni, que retiren de l'atmosfera. La plantació seria una mesura acceptable per compensar les emissions de carboni procedents de nombroses activitats industrials, com també ho seria un **canvi de gestió amb finalitats d'augmentar l'estoc de carboni emmagatzemat**.

Malauradament l'emmagatzemament de carboni pels boscos és d'un 5%, xifra molt menor que les emissions causades per l'home. Encara que només considerem Europa, on el paper dels boscos és cada cop més important en el seu paper d'embornals de carboni, s'estima que la crema de combustibles fòssils contribueix amb 8.070 milions de tones anuals de carboni, xifra que representa al voltant del 25% de carboni contingut en els arbres i fullaraca del sòl dels boscos europeus.

Així doncs la importància dels boscos com a embornals de carboni pot ser relativa en tant que no són l'única solució a tots els problemes ambientals abans anomenats, però poden tenir un paper destacat que sigui el punt d'inflexió d'un canvi de gestió que respon a necessitats socials i privades.

2.5 Protocol de Kyoto

Els acords internacionals actualment en vigor que vetllen pel que es coneix com desenvolupament sostenible han tingut la seva gènesi en la Cimera de la Terra celebrada a Rio de Janeiro l'any 1992. En aquesta cimera, a més d'establir-se els

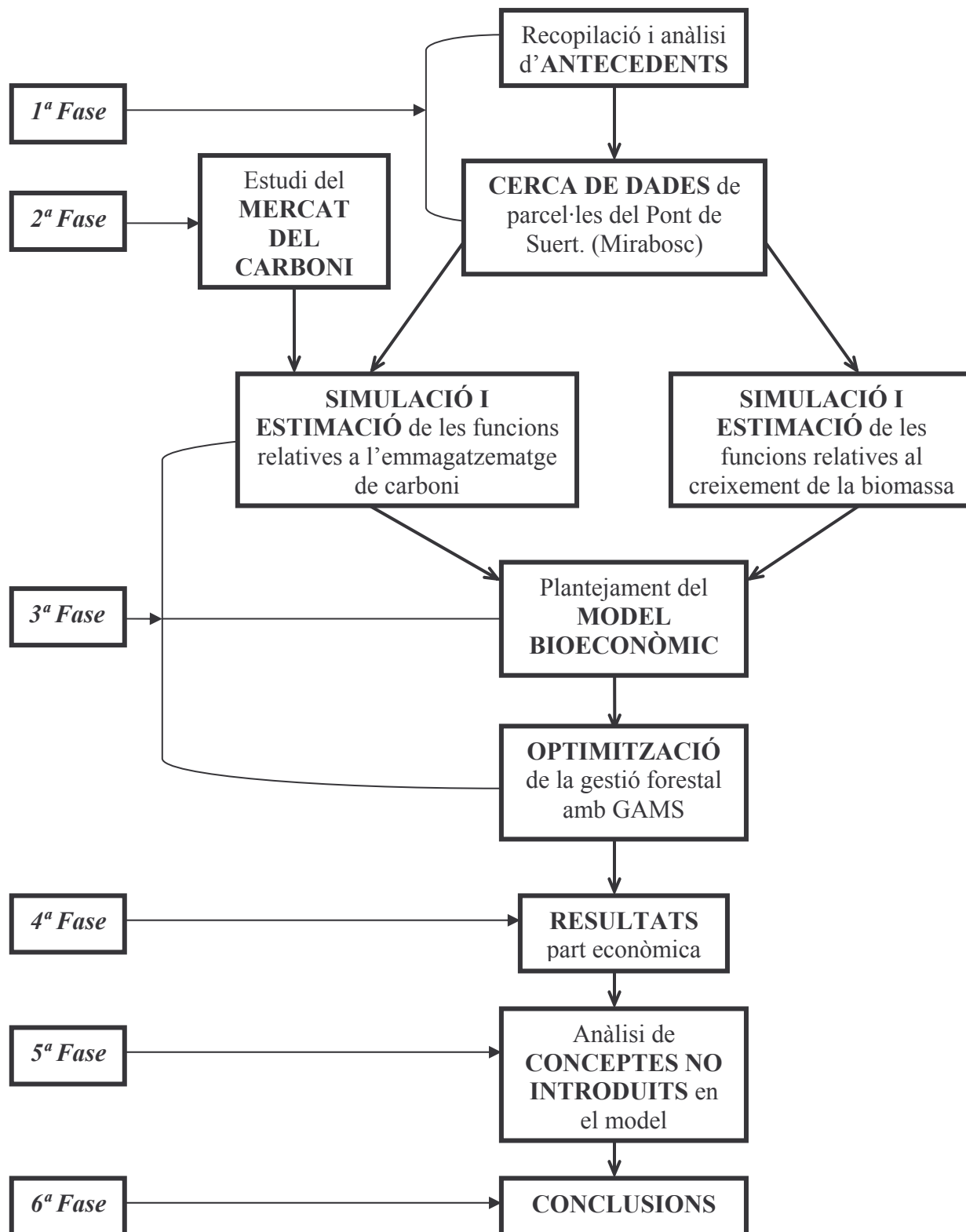
acords per buscar la sostenibilitat de sistemes naturals, es va decidir crear un organisme dependent de les Nacions Unides dedicat a vigilar el canvi climàtic i a aconseguir una estabilització pel que fa a emissions de gasos hivernacle. Aquest organisme, la UNFCCC (United Nation Framework Convention on Climatic Change) va promoure la celebració a Kyoto d'una reunió amb l'assistència de més de 150 països que van negociar i aprovar el que es coneix com a Protocol de Kyoto (PK en endavant), on **hi consta el compromís de reduir un 5% les emissions de gasos d'efecte hivernacle (GEH) respecte l'any 1990.**

Els països desenvolupats poden participar en aquest protocol a través del recentment instaurat **mercat del carboni**, el mecanisme financer que es basa en crear certificats per la reducció de les seves emissions al desenvolupar projectes amb baixos nivells d'emissió de CO₂, i del qual es parla amb més profunditat en el següent capítol.

La compraventa de valors a nivell interestatal pot oferir oportunitats tant en ingressos com en preservació del medi ambient . Tot i això, a nivell local **la desconeixença del que pot aportar aquest mercat encara és notòria**, el que podria suposar un alentiment del ja esmentat necessari canvi de model de gestió forestal.

3. METODOLOGIA

Seguidament es presenta l'esquema metodològic utilitzat:



Representat en l'esquema metodològic, l'estudi s'ha desenvolupat en 6 fases, especificades a continuació:

En la *primera fase s'ha efectuat una recopilació d'informació amb la finalitat de realitzar un anàlisi dels antecedents*. Principalment la informació recollida ha fet referència al mercat de carboni i a la gestió sostenible de boscos, però també a conceptes importants en el món de la gestió forestal que no s'han pogut tenir en compte en el model bioeconòmic especificat en el capítol 6 del present document.

L'objectiu de l'estudi que es presenta persegueix aplicar tots aquests coneixements i els que se n'extreguin de l'anàlisi econòmic en la gestió d'una explotació forestal concreta. Per aquest motiu s'ha iniciat la **cerca de dades diamètriques d'una explotació forestal de *Pinus sylvestris* del Pont de Suert**. La cerca de la finca ha estat realitzada mitjançant la base de dades Mirabosc on s'exposa la informació obtinguda en l'Inventari Ecològic i Forestal de Catalunya (IEFC en endavant). Aquest és un inventari forestal realitzat pel CREA F entre els anys 1988 i 1998 per tal de conèixer l'estat dels boscos de Catalunya. Apart de les dades típiques d'aquests tipus d'inventaris també inclou d'altres de caire ecològic com poden ser biomassa i la producció aèria de l'escorça, fusta, branques i fulles de cada parcel·la inventariada. Aquestes dades estan disponibles tant mitjançant la base de dades Mirabosc com mitjançant publicacions en paper i digitals.

Paral·lelament a aquesta feina s'ha realitzat la *segona fase, l'anàlisi del mercat del carboni*. El mercat del carboni en general és un tema complex que està encara poc desenvolupat, pel que hi ha encara molts buits sobre el seu funcionament en el futur.

En aquest projecte s'assumirà que qualsevol bosc ha de poder, en un futur, capitalitzar l'emmagatzemament de carboni i treure'n rendiment al mercat internacional. Així mateix, també es faran diferents estudis de sensibilitat amb els diversos preus que podria adquirir aquest nou input.

Les dades obtingudes en la base de dades s'han utilitzat per exemplificar en quatre parcel·les de bosc real els resultats que es poden extreure de l'anàlisi econòmic. Aquests en resulten de la *tercera fase metodològica, el treball empíric*:

El treball empíric consta d'una primera part de **simulació amb el programa de simulació biofísica GOTILWA** (Growth Of Trees Is Limited by water), el funcionament del qual està esquematitzat en la Figura 6. Aquest programa simula el creixement i la mortalitat de les parcel·les de *Pinus sylvestris* distribuïdes diamètricament. En temps continu reproduïx l'evolució de desenes de dades de processos biofísics que hi tenen lloc. Entre aquests es troben la producció fotosintètica, la respiració, intercanvi de gasos a la fulla, creixement de les diferents parts de l'arbre... També permet saber com el clima pot interferir en el cicle de vida d'un individu, característiques intrínseques de l'arbre,...

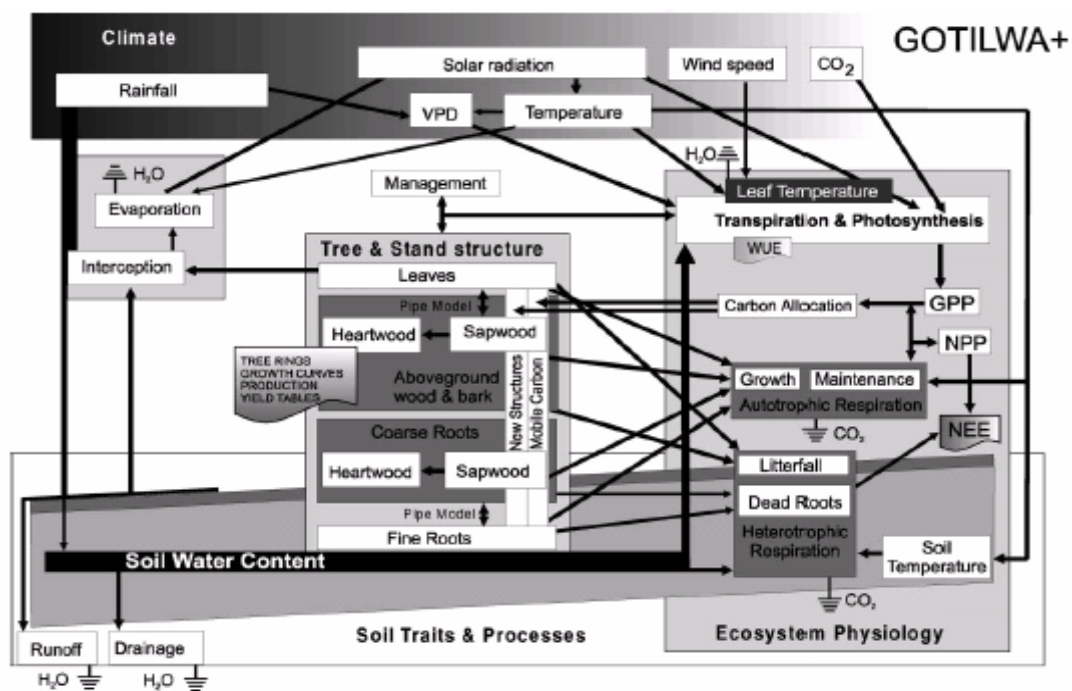


Fig. 6: Esquema funcionament programa simulació biofísica GOTILWA

Les simulacions serveixen per estimar els paràmetres d'una equació que descriu el creixement del bosc. Aquesta equació és la que està subjecte a la segona part del treball empíric, que és el procés d'**optimització de les equacions plantejades per al model bioeconòmic mitjançant el programa GAMS (General Algebraic Modeling System)**. S'ha utilitzat l'eina (Conopt2 solver) que incorpora el programa per tal de trobar la gestió òptima. D'aquesta manera s'han exemplificat la gestió de la distribució real del bosc del Pont de Suert trobada a partir de IEFC.

Els resultats numèrics que s'han obtingut amb GAMS i el seu tractament informàtic conformen la *quarta fase*. Aquests **s'interpreten com a exemple d'una gestió necessària en els boscos catalans, multifuncional i sostenible**, doncs es té com a base la tala selectiva de fusta i la producció de carboni orgànic. També es poden interpretar com una primera avaluació de la capacitat dels bosc mediterrani per emmagatzemar carboni i així veure quin paper pot arribar assolir el nostre territori en els compromisos de reducció d'emissions. De la mateixa manera es pot observar quina es la viabilitat econòmica al nostre país de l'activitat de gestionar aquest tipus de recursos.

Els resultats numèrics determinen el nombre d'arbres òptim que s'hauran de talar i el nombre d'arbres que caldrà plantar per cada període de 10 anys. També donen informació del nombre de peus que hi ha d'haver en cada període i el seu diàmetre. D'igual mode la solució determina les variables econòmiques (venta de fusta, els costos de tala i plantació...)

En la *cinquena fase* del projecte s'ha volgut donar importància a una sèrie de **conceptes que poden tenir un efecte o relació directa amb l'emmagatzemament de carboni en els boscos**, o si més no una certa importància de cara a un canvi en la gestió de l'explotador privat i de l'administració, però que no s'han tingut en compte en el model bioeconòmic. Així doncs, aquests conceptes han estat escollits per la seva incidència cabdal en la gestió de la fusta, però sobretot en la nova gestió del CO₂, ja que poden afectar a la seva retenció i alliberació de manera molt important. Segons la seva implantació i la seva manera de gestionar-los es poden donar resultats molt diferents. S'ha volgut fer un recull d'aquests conceptes per tal de conèixer-los en profunditat i poder-ne fer un anàlisi. D'aquesta manera podem utilitzar-los o remetre'ls en gestions futures. Havent analitzat tots ells podem ser crítics en les accions de gestió que s'estan o es volen portar a terme en un futur. Aquests conceptes són:

Centrals de biomassa:

Les centrals de biomassa són una de les fonts d'energia amb més projecció dels últims anys, i també de les que presenten millors expectatives de futur. El govern espanyol preveu que l'energia provinent d'aquest sistema, serà la que

més creixerà en els propers anys. Avui, és un dels sistemes d'obtenció d'energia que té més fama, tant quant a rendibilitat, com quant a respecte pel medi ambient. La hipòtesi del balanç zero en la seva producció fa que molts països desenvolupats les vulguin implantar per a assolir els respectius objectius signats al PK.

La gran promoció que en fan les institucions, i la gran repercussió que podria tenir sobre els nostres boscos, fa necessari dedicar un capítol apart per al seu anàlisi en detall.

S'ha pretès fer un anàlisi de les centrals de biomassa d'una manera objectiva. Especificant els pros i els contres de la implantació d'aquest tipus de mecanismes en la gestió del CO₂.

Aquest anàlisi s'ha fet a partir de la cerca de diferents informacions de llibres, articles científics, documents cercats a Internet i informacions d'associacions i departaments especialitzats en el tema relacionats amb institucions públiques.

Custòdia del territori i drets de tala:

La Xarxa de Custòdia del Territori es va constituir formalment el Març del 2003. Des d'aleshores moltes associacions s'hi han adherit per dur a terme projectes de custòdia del territori a les nostres contrades. Un acord de custòdia és un pacte verbal o escrit entre una entitat de custòdia i la propietat privada d'una finca amb valors de conservació.

Mitjançant els drets de tala una entitat de custòdia, o una associació pot adquirir l'exercici d'aquests, mitjançant una compensació econòmica a la propietat. En un arrendament d'aquestes característiques el grau d'implicació de la propietat en aquests tipus d'activitats protectores es mesura en el preu que es pacti per l'arrendament.

A part de l'arrendament dels drets de tala, la custòdia del territori ofereix altres possibilitats. Com per exemple la constitució d'un usdefruit parcial, o les servituds personals. A Catalunya es sol treballar força amb l'usdefruit de boscos. Aquest concepte dóna la possibilitat de poder gestionar una finca d'una

manera diferent i amplia les possibilitats de poder tenir un embornal de carboni més extens sense haver de comprar la finca en la seva totalitat.

En aquest capítol, es farà un anàlisi de les diferents opcions que la custòdia del territori pot arribar a oferir a l'explotador forestal. Es farà especial èmfasi en l'adquisició de drets de tala, donat que, tradicionalment, ha estat l'activitat principal dels nostres boscos. El coneixement i aprofundiment d'aquest concepte ha estat fruit de la cerca d'informació en llibres i webs especialitzades en el tema; així com dades proporcionades per especialistes.

Gestió de sotabosc i de la fusta morta:

La gestió del sotabosc és un factor que podria resultar molt determinant de cares a relacionar la gestió dels boscos amb la gestió de les emissions de CO₂. Al sotabosc s'hi fixa molt de CO₂ i això, des del punt de vista privat, pot tenir conseqüències positives en l'emmagatzemament de carboni.

Pel que fa a la fusta que no és apte per a la comercialització, el volum que pot representar, sovint és un problema pels propietaris forestals que no saben de què fer-ne. La majoria de les vegades els propietaris deixen aquesta fusta apilonada al mateix bosc o deixen que els troncs inútils passin al procés natural de putrefacció. Una bona gestió d'aquest tipus de fusta podria retardar el cicle del carboni, així com oferir la possibilitat d'obtenir algun benefici en el mercat internacional del carboni.

En aquest projecte s'ha pretès establir unes normes de gestió i un anàlisi de com pot influir la gestió del sotabosc i de la fusta morta en la retenció de CO₂ i com una mala gestió d'aquest pot provocar la transformació d'un embornal de carboni en una font de carboni a partir d'un incendi provocat per l'acumulació de biomassa. Així doncs, aquest capítol consta d'una anàlisi de les diferents formes de gestionar un sotabosc, i d'una conclusió coherent amb la possibilitat d'obtenir un rendiment afegit al tradicional de la fusta que pretén ser útil per l'explotador privat.

Aquest apartat s'ha anat treballant i conformant a partir d'informacions que s'han trobat en documents especialitzats així com amb l'ajuda de tècnics especialitzats en el tema tractat.

Localització espacial de les tals:

Els resultats de les anàlisis econòmiques, diuen quants arbres de cada diàmetre s'hauran de talar per hectàrea a cada període, però el que no contempla el model utilitzat, és la localització concreta de cada arbre que cal talar. És per aquest motiu que en el present projecte s'ha fet un estudi de les diferents estratègies de tala que s'utilitzen avui dia en la gestió de boscos. D'altra banda s'ha volgut analitzar també quines són més viables, en funció dels diferents objectius als que pot respondre una estratègia de tala (prevenció d'incendis, explotació,...) Les informacions s'han extret bàsicament de bibliografia silvícola i de gestió de boscos mediterranis. I la interpretació i l'anàlisi ha estat realitzada a partir d'aquesta bibliografia i d'interpretacions pròpies.

La sisena fase ha consistit en **exposar unes conclusions coherents** a partir de tota la sèrie de dades i informacions que s'han anat recopilant al llarg dels diferents capítols del projecte. En aquestes conclusions s'ha adoptat una actitud crítica amb les gestions que s'estan portant a terme actualment i així poder donar una altra visió i aportar noves idees en la gestió forestal. D'aquesta manera s'ha intentat traslladar les conclusions que s'han trobat amb el projecte a un nivell més divulgatiu; fent una contribució a la gestió que ja existeix sobre aquest tema, i que actualment ja està en funcionament com els certificats FSC i PEFC. **Les conclusions trobades haurien de permetre ampliar certs aspectes d'aquests certificats i fins hi tot donar-los-hi més rellevància..**

4. ANÀLISI DEL MERCAT DEL CARBONI

4.1 Introducció i concepte del Deute Ecològic

Les emissions de gasos d'efecte hivernacle com ara el diòxid de carboni (CO₂), el metà (CH₄) o l'òxid nitrós (N₂O) indueixen a un augment de la temperatura mitjana del planeta, al canvi climàtic. L'actual sistema de lluita contra el canvi climàtic a nivell internacional es basa, com ja s'ha dit, en el PK, emparat per les Nacions Unides el 1997. Aquest document estipula que cal reduir les emissions dels diferents gasos d'efecte hivernacle (bàsicament diòxid de carboni) en els països industrialitzats de cara a l'any 2012, prenent les emissions del 1990 com a any referencial, i que **la reducció s'assolirà gràcies a la creació d'un mercat en torn als GEH.**

Aquesta separació explícita entre països industrialitzats i països en vies de desenvolupament **prové del concepte de Deute Ecològic**, àmpliament debatut en les trobades internacionals. Aquest es refereix a la hipotètica multa que haurien de pagar els països industrialitzats als no industrialitzats pel fet d'haver utilitzat excessivament els embornals de carboni mundials (sòl, oceans, vegetació i atmosfera) que són propietat de tots els habitants del planeta per igual. Aquest fet fa recaure la responsabilitat del canvi climàtic en els països industrialitzats, el que posteriorment **s'ha plasmat en el PK com a països Annex I, que es comprometen a reduir les seves emissions, i països No Annex I, que no adquireixen cap tipus de compromís.**

El Deute Ecològic es fa evident si es realitza la següent estimació: l'any 1990 (any de referència al PK), l'emissió mundial de CO₂ va ser de 6 Giga tones de Carboni (1 Giga tona = 1.000 milions de tones). Fent un simple càlcul s'obté que les emissions per càpita el mateix any van ser de 1,13 tones de carboni de mitjana al món. Les emissions per càpita reals del mateix any dels Estats Units, però, van ser de 5,38 tones de carboni. Les de la resta de països desenvolupats van ser de 2,45 tones de carboni (2 tC per a l'estat espanyol), mentre que les de Índia foren 0,22 tC, les de Xina 0,55 tC, i les de la resta del món en desenvolupament 0,56 tC.

Així doncs, observant aquestes dades es pot observar que hi ha una utilització molt diferenciada dels reservoris terrestres entre països rics i països en desenvolupament, el que ha acabat transformant-se en el punt de partida dels mecanismes establerts pel PK i les Convencions Marc (CP en endavant) per assolir els compromisos de reducció, com es veurà en els següents apartats.

Tot i això, la variabilitat existent entre els països que van ratificar el PK en quant als compromisos de reducció que es van acordar, no només és deguda a aquest càlcul, sinó que s'han tingut en compte altres aspectes també influents, com pot ser la capacitat potencial de reducció de GEH.

Així doncs, **a la Unió Europea** (UE en endavant) **se li exigeix una reducció del 8% respecte l'any 1990**, als EEUU del 7%, i a Canadà i Japó del 6%. A Austràlia en canvi se li autoritza un increment del +8% i a Espanya del +15%. Als països no inclosos en l'Annex I del PK no se'ls imposa cap objectiu de reducció, com ja s'ha comentat.

D'aquesta manera **s'imposa una restricció a les emissions, s'incentiva la reducció mitjançant un mercat d'unitats de reducció, i es penalitza amb multes el no acompliment dels objectius ratificats**: la Comissió Europea ha previst sancionar els països que sobrepassin els límits d'emissió amb una multa que equival a aproximadament a dues vegades 'el preu de mercat'.

La restricció proposada i ratificada del PK es pot considerar més o menys adient per assolir un objectiu molt més ampli com és mitigar els efectes del canvi climàtic. En aquest sentit hi ha veus crítiques pel que fa a la poca ambició del PK i a la insuficiència del mateix, però es cert que no deixa de ser un pas endavant al que li poden seguir altres passos en la mateixa direcció, per tal d'intentar que el sistema climàtic es mantingui en equilibri al llarg del temps.

Finalment avui en dia aquest mercat del carboni està agafant forma en el primer període de compromís 2005/07, i està operatiu a nivell mundial en tant que existeix ja avui en dia un volum important d'intercanvi de drets d'emissió entre empreses i països, que suposen un negoci de milions d'euros. De cara al període 2008/12 aquest mercat ja s'ha d'haver consolidat i ja s'hauria d'haver regulat el paper que poden aportar empreses d'explotació forestal en particular, i els boscos en general, paper que avui en dia encara no està regulat tot i les directrius del PK en aquest sentit.

4.2 Funcionament del mercat del carboni

El protocol de Kyoto y les successives convencions Marco sobre el canvi climàtic defineixen els mecanismes pels quals els països firmants han d'assolir els objectius de reducció als que s'han compromès: **els mecanismes de flexibilitat i els embornals de carboni**.

4.2.1 Mecanismes de Flexibilitat:

Mecanismes d'aplicació conjunta:

Permet la inversió d'un país Annex 1 a un altre país Annex 1 en projectes de reducció d'emissions o de fixació de carboni. El país receptor es descompta les *unitats de reducció d'emissions (ERU's)* del projecte, que adquireix el país inversor.

Mecanismes de desenvolupament net:

Es regeix pels mateixos principis que el mecanisme anterior amb l'excepció de que el país receptor ha de ser un país no inclòs en l'Annex 1. El país inversor obtindrà *reduccions certificades d'emissions (CER's)*. Els CER's es comercialitzen mitjançant contractes mercantils a llarg termini a preus considerablement menors que els preus de mercat, el que incentiva iniciatives d'aquest tipus.

Comerç de drets d'emissió:

Permet als països de l'Annex 1 adquirir crèdits d'altres països de l'Annex 1 per assolir de forma eficient des del punt de vista econòmic els compromisos adquirits a Kyoto. Sota aquest règim **els països poden comerciar amb diferents tipus d'unitats** comptables reconegudes. Un dels tipus d'unitats més emprades actualment són les *unitats de quantitat atribuïda (AAU's)*, que constitueixen les unitats que els Estats membres expedeixen en els seus Registres nacionals i corresponen als nivells d'emissió determinats pel PK. D'aquesta manera s'aconsegueix que només es pugui comprar drets d'emissions equivalents al nivell d'emissió restrictiu imposat pel PK a cada país.

4.2.2 Embornals de carboni:

S'entén com a embornal de carboni al sistema o procés que capta un gas o gasos de l'atmosfera. Es van incloure, al igual que els mecanismes de flexibilitat, per facilitar el compliment dels compromisos de reducció d'emissions. Els països de l'Annex I del PK podran **descomptar-se de les seves emissions les absorcions a conseqüència d'aquestes activitats**. Estan regulats mitjançant l'article 3.3 i 3.4 del PK:

✚ **Art.3.3:** Els canvis en estocs de carboni verificables procedents d'activitats de forestació, reforestació i desforestació, podran ser usades per complir els compromisos si compleixen els següents requisits:

- Canvis verificables
- Activitats directament induïdes per l'home
- A partir de 1990

✚ **Art.3.4:** Els canvis en estocs de carboni verificables procedents de les **activitats addicionals de gestió forestal**, gestió de terres agrícoles, gestió de pastures i restabliment de la vegetació, podran ser usades per complir els compromisos si compleixen les mateixes característiques que l'article 3.3:

En la CP celebrada a Marrakech el 2001 (decisió 11/cop.7) va quedar establert el límit individualitzat per a Espanya d'absorció de carboni provinent de gestions forestals:

0,67 Mt de C/any

Els projectes embornals de carboni han de provenir d'àrees identificables i han d'aportar informació demostrant que no són font d'emissions netes de gasos d'efecte hivernacle. Les unitats procedents dels projectes embornal domèstics són les unitats d'adsorció (**RMU's** en endavant). Una RMU es assimilable a una tona de CO₂ equivalent retirada de l'atmosfera per activitats d'ús de la terra, canvi d'ús de la terra i silvicultura.

4.3 Característiques de les RMU's:

- ✚ Cada dret o unitat equival a una tona de CO₂ equivalent.
- ✚ Cada país decideix quan generar els crèdits (anualment o al final del període de compromís)
- ✚ Tractament individualitzat diferent al de la resta d'unitats.
- ✚ Si provenen de projectes d'implementació conjunta es transformaran en ERU's al passar al registre del país inversor.
- ✚ Es poden vendre i comprar (queda definit a l'article 17 del PK).
- ✚ No es poden emmagatzemar per successius períodes de compromís.
- ✚ Es poden cancel·lar si:
 - Els embornals es converteixen en font
 - No es van complir els compromisos del període anterior
 - S'han creat de manera il·lícita o bé per altres motius.

4.4 Formació de preus de les EUA's:

Les *unitats de dret europees (EUA's)* són les quotes convertides de les unitats de quantitat atribuïda (AAUs). Aquestes són les **unitats que actualment ja es comercialitzen en el mercat internacional i que en els últims 15 mesos han augmentat el seu valor un 225%**, com es pot observar en el gràfic de la Figura 7.

Aquest preu és oscil·lant però uniforme en tots els mercats europeus. Totes les unitats aconseguïdes en mecanismes de flexibilitat o per emmagatzemament de carboni en boscos embornal s'intercanvien mitjançant aquesta unitat.



Fig. 7: Gràfic de l'evolució del preu dels EUA's durant l'any 2005 i 2006

La formació de preus dels EUA's obeeix a les mateixes regles d'oferta i demanda que qualsevol altre mercat. L'oferta ve determinada per la quantitat total assignada dins de tots els Plans d'Assignació Nacionals de la UE. Aquesta quantitat està prefixada a priori pels Estats Membres. No obstant, al ser quantitats establertes pels organismes competents de cada país, l'oferta està subjecte a un considerable risc regulatori que pot reflexar-se en moviments en els preus del CO₂. A més, es poden incorporar més crèdits Kyoto, ampliant així l'oferta d'unitats i certificats en el mercat.

La demanda per les EUA's és equivalent a les emissions reals de CO₂ de totes les empreses participants en l'esquema. Aquesta demanda està influïda per una sèrie de factors, dels quals es destaquen:

- ✚ Demanda per als productes fabricats pels sectors afectats pel comerç d'emissions, que en molts casos està relacionat amb el creixement econòmic europeu.
- ✚ Preus en altres mercats, destacant la importància dels moviments en els mercats energètics (combustibles i electricitat), ja que en combinació amb els preus de CO₂, determinen la viabilitat de canviar cap a combustibles més o menys intensius en les seves emissions de CO₂.
- ✚ Factors exògens, per exemple, la pluviositat o les temperatures estiuenques, que afecten sobretot a la demanda elèctrica o a la disponibilitat d'energies renovables per a la generació elèctrica.

4.5 Suport legal del Mercat de Carboni

El marc legal que legisla la política de reducció d'emissions i el mercat del carboni, es fonamenta en el mateix principi de subsidiarietat que moltes altres polítiques de caire social o ambiental, és a dir, a partir d'un conveni internacional es desenvolupa una norma d'àmbit europeu, que marca les línies a seguir pels països de la Comunitat Europea, i que posteriorment es desenvolupa mitjançant normes estatals i en algun cas, locals.

A continuació es detallen les lleis i decrets que s'han anat aprovant en diferents àmbits, tot seguint l'ordre que dicta el principi abans esmentat.

La Directiva 2003/87/CE del Parlament Europeu i del Consell (13 Octubre 2003), mitjançant la qual s'estableix un règim pel comerç de drets d'emissió de gasos d'efecte hivernacle i amb la que es modifica la Directiva 96/61/CE, constitueix dins el Programa Europeu de Canvi Climàtic, la iniciativa més rellevant de la UE, per tal d'aconseguir que la Comunitat i els seus Estats membres puguin acomplir el compromís de reducció d'emissions de gasos d'efecte hivernacle, que assumiren al ratificar el PK en la CP del 30 de maig de 2002.

El 27 d'agost de 2004 es publica en el BOE el **Reial Decret Llei 5/2004**, que regula el comerç de les emissions de gasos d'efecte hivernacle. Aquest s'aprova urgentment en el moment de l'aplicació de la Directiva del Sistema Europeu de Comerç d'Emissions (SECE en endavant), per complir amb l'exigència que les instal·lacions sotmeses al Reial Decret comptin amb l'autorització d'emissió l'1 de gener de 2005, i que l'oficina espanyola del Registre Estatal d'Emissions i Fonts Contaminants estigui operatiu l'1 d'octubre de 2004. Si una empresa s'excedeix de les emissions que tenia assignades haurà d'abonar la multa de 40 € per tona d'excés. Aquest valor pot ascendir fins a 100 € en el període de compromís del PK (2008-2012). A més, el Decret preveu multes de fins a 2 milions d'euros i clausura de la instal·lació fins a 2 anys per les infraccions qualificades com a molt greus, com per exemple ho seria exercir l'activitat sense l'autorització d'emissions, no presentar l'informe anual o falsificar les dades. Si el benefici obtingut per la comissió de la infracció fos superior a l'import de la multa, es procedirà a augmentar la mateixa fins al doble del benefici obtingut.

El 21 de gener del 2005 s'aprova definitivament per reial decret 60/2005, el **Pla Nacional d'Assignació** (PNA en endavant) pel primer període triennal 2005-2007. La seva aprovació és imprescindible per evitar que es produeixin situacions que puguin resultar contràries al Dret comunitari de la competència.

Assigna de forma individual els drets d'emissió per les instal·lacions següents:

-  Activitats de generació d'electricitat (inclosa la cogeneració).

- ✚ Refinament de petroli.
- ✚ Producció i transformació de metalls ferrosos, ciment, cal, vidre, ceràmica, pasta de paper, paper i cartró.

En aquest primer PNA, les unitats s'assignen de forma gratuïta. Els següents Plans seran quinquennals i es preveu que en el PNA corresponent al període 2008-2012, el 10% de les unitats assignades ja no siguin gratuïtes.

La llei 1/2005, de 9 de març, amb la que es regula el règim del comerç de drets d'emissió de gasos d'efecte hivernacle a Espanya, té per objectiu transposar la citada directiva 2003/87/CE, i es justifica en la urgent necessitat d'atendre als següents requeriments:

- ✚ Acomplir el que s'estableix en la Directiva en qüestió, que entre d'altres coses exigeix que totes les instal·lacions sotmeses al seu àmbit d'aplicació comptin amb una autorització d'emissió de gasos d'efecte hivernacle l'1 de Gener del 2005, i que el Registre Nacional de drets d'emissió estigui operatiu l'1 d'octubre del 2004.
- ✚ Que les empreses coneguin amb temps suficient les obligacions a les que quedaran subjectes i les inversions necessàries per tal d'afrontar-les.
- ✚ Que els agents econòmics nacionals participin en el mercat de drets d'emissió internacional en condicions d'igualtat, acompassant la seva implantació a Espanya a la de la resta de països de la UE.

4.6 Situació a Espanya

Les empreses esmentades anteriorment ja porten temps preparant-se pel canvi de Kyoto. A més de negociar amb el govern per tal d'obtenir la major proporció possible de la quota de drets d'emissió en el PNA corresponent a Espanya, s'han bolcat en la utilització dels "mecanismes flexibles" definits en el PK.

Tot i això, Espanya es troba molt lluny d'assolir els objectius establerts pel PK. De fet es situa a la cua d'Europa en quant a compliment dels compromisos establerts sobre emissions. Les últimes dades situen les emissions espanyoles en un 45% més que al 1990, superant doncs el triple imposat per Kyoto. Més del 50% d'aquestes emissions corresponen al transport (increment d'un 5% anual) i al sector residencial, els quals no estan coberts per la Directiva. El PNA aprovat pel govern espanyol reconeix que, al 2002 les emissions totals d'Espanya van arribar a les 399,7 milions de tones, xifra que suposa un augment de quasi un 40% respecte el 1990. També es pot comptabilitzar com un excés percentual de 25 punts respecte el compromís adquirit a Kyoto.

Espanya doncs, apareix com a contribuent net al SECE estimant que adquirirà aproximadament la quarta part dels drets d'emissió que es comercialitzin. Pel període 2008-2012, el PNA preveu adquirir crèdits per valor de 20 milions de Tm/any. El 2005, la Tm es cotitzava a 7 o 8 dòlars i a aquest preu, Espanya hauria d'adquirir drets per valor de 160 milions d'euros l'any. Per la cotització pot, segons estudis de la Comissió, elevar-se fins els 35 €/Tm en funció de la demanda. A aquest preu, el cost a finançar mitjançant l'adquisició de crèdits podria arribar als 700 milions d'euros l'any.

4.7 Com hauria de funcionar el futur intercanvi de RMU's?

Com ja s'ha explicat, la producció d'unitats d'adsorció encara no està regulada, i no es preveu que sigui fins el proper període de compromís 2008-2012 que aquest tipus d'unitats puguin entrar en el mercat. Quin serà exactament el funcionament dels boscos com a embornals de carboni, com a instrument transversal en si mateix que ajudi a assolir els compromisos adoptats en si mateix, és encara una incògnita per tothom. **Les directrius que marca el PK són massa generals** i en les successives CP encara no s'ha plantejat el tema.

Cal recordar que la capacitat d'emmagatzemament de carboni dels boscos que queda estipulada en el PK pot ser utilitzada també mitjançant mecanismes de flexibilitat, és a dir, que es poden implementar projectes a països tercers que es basin en aquest fenomen.

Aquesta via d'obtenció de RMU's ja està del tot regulada: el país inversor obtindrà RMU's, que seran bescanviats per CER's o ERU's, al preu que el contracte amb el país receptor disposi. Aquests certificats es podran vendre al preu de mercat.

Els dubtes més importants sorgeixen quan s'estudia la possibilitat que un propietari forestal canviï la seva gestió per fixar carboni i obtenir RMU's, a fi de contribuir a que el seu propi país assoleixi els compromisos establerts. **Quins boscos se'n podran beneficiar? I sota quina regulació?** Són preguntes que encara no tenen resposta.

Les especulacions respecte el preu són evidents: **totes les unitats que avui en dia estan disponibles i que es vulguin comprar o vendre en el mercat de la UE, ho fan amb un únic preu.** Totes les unitats en aquest mercat reben el nom de EUA's, i en el cas de les RMU's no hauria de ser diferent.

El que encara no queda del tot clar és com s'haurien de regular les empreses que es dediquen a l'explotació forestal que vulguin implementar les unitats d'adsorció en el seus inputs productius.

Les característiques dels boscos que poden entrar en aquest mercat estan més o menys definides en el PK però, podria participar-hi qualsevol bosc, o caldria incloure els boscos en un futur PNA? Aquest fet implicaria tenir un major control de l'estat sobre el mercat del carboni, així com un menor potencial de moviment de diners.

Com a prova pilot per al període 2008-2012, una opció vàlida fora aquesta inclusió dels boscos en el PNA que ha de sortir per als anys esmentats. Això permetria incorporar aquestes vendes en un mercat ja regulat. Les explotacions forestals estarien tractades sota els mateixos barems que les empreses emissores de carboni, amb l'única diferència que les empreses emissores cobrarien per tona de carboni no emès, mentre que els propietaris forestals cobrarien per tona de carboni fixat al bosc.

Per als propers períodes a partir del 2012 caldria estudiar la possibilitat d'establir una regulació específica per als boscos-embornal, així com la possibilitat d'obrir la participació en aquest mercat a qualsevol massa forestal.

Per realitzar el nostre estudi, ens hem vist en l'obligació de triar una de les hipòtesis abans plantejades. Per la seva simplicitat, tant a nivell d'anàlisi com d'implantació, creiem que el més coherent és treballar amb la hipòtesis que **qualsevol bosc pot obtenir RMU's i vendre-les al mercat internacional, al preu que aquest dictamini**. Així doncs, en el nostre estudi farem una anàlisi de sensibilitat amb els diferents preus entre els que podria oscil·lar la venda d'EUA's.

5.METODOLOGIA DE L'ANÀLISI ECONÒMICA I MODEL BIOECONOMIC

5.1 Objectius

El propòsit de l'anàlisi econòmica és determinar el règim de tala selectiva òptim d'un bosc distribuït diamètricament, és a dir, d'un bosc on es tenen en compte els diferents diàmetres dels arbres. Això és la tala selectiva que maximitza els beneficis d'una explotació forestal que té com a inputs la producció de fusta de *Pinus sylvestris* (pi roig) i la producció de RMU's per emmagatzemament de carboni.

Aquest benefici es busca sobre un horitzó infinit, és a dir, suposant que l'explotació forestal no finalitza mai. Això és degut a que buscar el màxim benefici en un temps finit significa talar tots els arbres quan l'explotació finalitza, ja que posteriorment no hi ha l'oportunitat de produir res.

Per assolir aquest objectiu i obtenir una solució numèrica es treballa amb un model econòmic que es descriu en el següent apartat.

5.2 Metodologia

Característiques del model bioeconòmic

Es vol treballar en un model econòmic que incorpori una **variable estructural que reflexi les característiques individuals dels arbres**, com l'edat o en aquest cas el diàmetre, i que tant aquesta com la variable temps es considerin contínues en el temps. Calvo i Goetz (2001) i Goetz i Xabadia (2005) han treballat en models econòmics que compleixen aquestes característiques, a més de tenir en compte un factor innovador com és la competència entre individus de la mateixa espècie. Tot i això aquests treballs es van limitar al cas de la gestió de boscos per a l'obtenció de fusta, i els casos analitzats eren purament il·lustratius.

Així doncs es basa el nou model econòmic en el de Goetz i Xabadia incorporant **una gestió que tingui en compte les funcions d'embornal de carboni dels boscos**. Aquest nou model continu s'ha de poder resoldre's amb programes d'optimització numèrica tals com GAMS.

Treball empíric

Per determinar la dinàmica del bosc, s'utilitza el programa de simulació biofísic GOTILWA per simular el creixement i la mortalitat d'una plantació de *Pinus sylvestris* distribuït diamètricament sense cap tipus de gestió. Aquest programa també permet observar com el cicle de vida d'un individu és influenciat pel clima, característiques intrínseques de l'arbre i condicions ambientals donades per l'àrea basal total de tots els arbres amb diàmetre superior al de l'individu. El model biofísic està definit per 11 arxius d'entrada que especifiquen més de 90 paràmetres relacionats amb l'emplaçament, composició del sòl, espècie d'arbre, fotosíntesi, evapotranspiració, composició del bosc, clima,...

Es genera un ampli ventall de distribucions diamètriques inicials, i amb els resultats de les simulacions es pot **estimar la funció $g(E(t,l),l)$, que descriu la taxa de canvi del diàmetre, i la funció dz/dt , que descriu el flux de carboni del sistema**, i que s'especifiquen més endavant. Per a realitzar aquestes estimacions s'utilitza el paquet estadístic SPSS.

Optimització amb GAMS

El problema de la optimització matemàtica de la equació (D) s'ha programat en GAMS (General Algebraic Modeling System) (Brooke et al. 1992). Per **trobar una solució numèrica** s'ha utilitzat la eina disponible en GAMS, *Conopt2 solver*. El procés d'aproximació numèrica utilitzat ha estat extret de l'estudi de Goetz i Xabadia (2006) si bé no s'especifica en el present document.

El programa ha de ser capaç d'optimitzar qualsevol distribució diamètrica inicial, pel que **s'exemplifiquen els resultats en una distribució inicial real d'un bosc del Pont de Suert**. Aquesta s'ha obtingut de la base de dades de l'IEFC.

Resultats

El resultat es pot interpretar com a exemple d'una **gestió necessària en els boscos catalans, multifuncional i sostenible**, en tant que es basa en la tala selectiva i en la producció de carboni orgànic.

A més **els resultats es poden considerar una primera avaluació de la capacitat d'emmagatzemament de carboni dels boscos mediterranis**, de cara a veure el paper que poden tenir per assolir els compromisos espanyols de reducció d'emissions, i de cara a veure la viabilitat econòmica que aquest input pot tenir en les explotacions forestals actuals.

Els resultats numèrics **determinen per a cada període de 10 anys la tala selectiva òptima i el nombre d'arbres plantats**, per tant el nombre de peus que ha d'haver en cada període i llur diàmetre. Conseqüentment, les variables econòmiques tals com les ventes de fusta, els costos de tala i de plantació i de manteniment també són determinades.

5.3 Model bioeconòmic

Per especificar el model econòmic, cal primerament determinar com es mesuren els diàmetres dels arbres. Per aquesta finalitat s'utilitza l'anomenat DBH, diàmetre a l'alçada del pit (1.30 m).

Definim diàmetre l i temps t com a variables exògenes que defineixen el procés de creixement. La variable l pertany a un domini on l_0 representa el diàmetre mínim i l_m el diàmetre màxim que un arbre de l'espècie *Pinus sylvestris* pot assolir en unes condicions ambientals perfectes.

S'assumeix que un bosc distribuït diamètricament pot ser totalment caracteritzat pel seu nombre de peus i per la seva distribució diamètrica. En altres paraules, la localització espacial dels arbres no es té en compte: s'assumeix que tots els individus tenen les mateixes condicions ambientals i la mateixa quantitat d'espai.

Es té en compte que els preus de la fusta s'incrementen amb el diàmetre de l'arbre. Pel que fa als preus de les unitats d'adsorció, aquests varien en funció de la demanda i l'oferta. En aquest estudi ha partit d'un rang de preus que abasten

àmpliament la variabilitat del preu de mercat d'aquestes unitats en l'últim any i mig. Aquest procediment s'anomena anàlisi de sensibilitat.

Així doncs, el bosc pot ser representat per una funció de densitat. És denotada com $x(t,l)$ i indica la distribució de població respecte la variable exògena l , en un temps t . Donada aquesta definició, el nombre d'arbres $X(t)$ al bosc en un temps t ve definida per:

$$(1) \quad X(t) = \int_{l_0}^{l_m} x(t,l) dl .$$

Per mesurar i descriure la densitat d'arbres en el bosc, sovint s'utilitza l'àrea basal, àrea de la secció transversal de l'arbre a una alçada de 1.30 metres del terra, alçada coincident amb el concepte de DBH abans esmentat.

La dinàmica del bosc ve determinada per quatre processos: creixement, reproducció, mortalitat i la influència d'un individu en les funcions vitals d'altres individus, és a dir, la competència intraespecífica.

Creixement i competència intraespecífica:

Definim $g(E(t,l),l)$ com la taxa de canvi del diàmetre de l'arbre, funció del diàmetre l actual. Aquesta funció va ser especificada per von Bertalanffy (von Bertalanffy, 1957), i generalitzada per Millar i Myers (1990), la qual permet variar la taxa de creixement del diàmetre amb les condicions ambientals. La funció

$$(2) \quad g(E(t, L_i), l) = (l_m - L_i)(\beta_0 - \beta_1 BA_i)$$

es pot estimar realitzant econometries amb el paquet estadístic SPSS. β_0 i β_1 són proporcionalment constants, i BA_i és el sumatori de totes les àrees basals dels arbres amb diàmetre superior o igual que L_i . El subíndex i fa referència a la cohort o interval diàmetric en el que s'estructura la població.

$E(t,l)$ engloba el conjunt de característiques ambientals que afecten la taxa de creixement de l'arbre. En absència de depredadors aquestes característiques

ambientals venen donades per les condicions locals de l'emplaçament concret on l'arbre està creixent, i pels seus arbres veïns. Les condicions locals i la competència entre individus per l'espai, la llum i els nutrients afecten el cicle de vida de cada individu.

Com el model no considera l'espai, la **variable $E(t,l)$ presenta exclusivament la competència intraespecífica**. Aquest procés és innovador en aquest camp i esdevé crucial per ajustar-se a una dinàmica de bosc més realista i acurada.

A la pràctica considerarem que les característiques ambientals d'un arbre de diàmetre l_i ve expressada pel nombre total d'arbres, o d'àrea basal de tots els arbres amb $l \geq l_i$. D'aquesta manera **una gran àrea basal significa una elevada pressió ambiental**. Álvarez et al., (2003) ha analitzat varis índex que avaluen l'influència de la competència intraespecífica en la taxa de creixement dels arbres, i va trobar que l'àrea basal era l'estadístic que millor explicava les diferències en el creixement del diàmetre. Per tant utilitzem l'àrea basal per determinar al canvi en el diàmetre en el temps d'un arbre, que ve donat per:

$$(3) \quad \frac{dl}{dt} = g(E(t,l), l),$$

on la relació funcional entre el diàmetre i l'àrea basal s'utilitza per determinar $E(l)$, que ve donat per la següent expressió:

$$(4) \quad E(t,l) = \int_l^{l_m} \frac{\pi}{4} n^2 x(t,n) dn .$$

Mortalitat:

La taxa de mortalitat s'expressa com a $\delta(E(t,l),l)$. Aquesta taxa descriu que la probabilitat de sobreviure d'un arbre de diàmetre l , donades unes característiques ambientals $E(t,l)$, decreix amb el temps.

 **Reproducció:**

Pel que fa a la reproducció, **es considera que els arbres amb diàmetre l_0 són plantats**, i que la reproducció biològica no té lloc. D'aquesta manera les variables de control per a la gestió del bosc són $u(t,l)$ i $p(t,l_0)$, que denoten la densitat de tala per diàmetre en un temps t , i el flux d'arbres plantats amb diàmetre l_0 en un temps t , respectivament.

Aquests quatre processos permeten modelitzar la dinàmica del bosc mitjançant la següent equació discutida per de Roos (1997), o per Metz i Diekmann (1986):

$$(5) \quad \frac{\partial x(t,l)}{\partial t} = -\frac{\partial(g(E(l),l)x(t,l))}{\partial l} - \partial(E(l),l)x(t,l) - u(t,l).$$

Pel que fa a l'emmagatzemament de carboni, partim d'una equació al·lomètrica que serveix per descriure el flux net de carboni en un sistema forestal. Aquest flux està expressat en funció de l'estoc de biomassa $b(x)$, l'estoc de carboni $s(t)$ en el sòl (quedant definida com la diferència entre el carboni total del sistema $z(t)$ i l'estoc de carboni en biomassa $b(x)$), i les variables ja conegudes $u(t,l)$ i $p(t,l_0)$:

$$(6) \quad \frac{dz}{dt} = \alpha_1 \cdot \frac{db(x)}{dt} + \frac{ds}{dt},$$

essent el flux de biomassa i el flux de carboni en el sòl les següents expressions:

$$(7) \quad \frac{db(x)}{dt} = g(b(t),s(t)) - u(t,l) + p(t,l_0)$$

$$(8) \quad \frac{ds}{dt} = h(b(t)) - f(u(t,l),s(t)).$$

Utilitzant totes aquestes definicions, **es pot plantejar el problema de decisió formal del propietari forestal com la maximització de la següent funcional:**

$$\int_0^{t_1} \int_{l_0}^{l_m} [B_1(x(t,l), u(t,l)) + B_2(z(t), u(t,l))] e^{-rt} dl dt - \int_0^{t_1} C(p(t, l_0)) e^{-rt} dt$$

$$(D) \quad + \int_{l_0}^{l_m} S^{t_1}(x(t_1, l)) e^{-rt_1} dl + \int_0^{t_1} S^{l_m}(x(t, l_m)) e^{-rt} dt,$$

subjecte a les restriccions (5), (6), (7), (8) i les següents:

$$(9) \quad g(E(l_0), l_0) x(t, l_0) = p(t, l_0)$$

$$(10) \quad x(t_0, l) = x_0(l)$$

$$(11) \quad p(t, l_0) \geq 0$$

$$(12) \quad 0 \leq u(t, l) \leq x(t, l).$$

Aquesta funcional ha de ser optimitzada amb el programa GAMS amb la finalitat d'obtenir la solució numèrica que es busca. La mateixa significa un tipus de gestió de la que es podran obtenir les conclusions especificades en la metodologia.

5.4 Especificació de dades i funcions:

Definim la funció beneficis respecte la fusta, en temps t , mitjançant a següent expressió:

$$(13) B_1 = \left(\sum_{i=0}^n (\rho(L_i(t)) - vc) tv(L_i(t)) mv(L_i(t)) U_i(t) - fc \right) - [mc(X(t))]$$

El primer terme entre parèntesi denota la suma dels ingressos produïts per la venda de fusta menys els costos de tala de cada cohort i , i el segon terme fa referència als costos de manteniment. El paràmetre $\rho(L_i)$ denota el preu de la fusta per metre cúbic, que és funció del diàmetre (a major diàmetre major és el preu de venda). $tv(L_i)$ es el volum total de l'arbre en funció del diàmetre. $mv(L_i)$ es la part del volum

total de l'arbre que és comercialitzable. vc són els costos de tala variables i fc els costos fixos.

El preu de la fusta per metre cúbic ha estat extret de l'estudi de Palahí i Pukkala (2003), que vana analitzar l'òptima gestió forestal de *Pinus sylvestris* basat en tala rasa. En aquest estudi es va estimar una funció polinomial que ve determinada per

$$(14) \quad \rho(L) = \text{Min}(-23,24 + 13,63\sqrt{L}, 85,65),$$

la qual es una funció creixent i estrictament convexa, per a diàmetres menors de 65 cm. A $L = 65$ el preu assoleix el valor màxim i, per tant, és considerat constant per $L > 65$.

Les dades sobre costos han provingut de l'empresa consultora Tecnosylva, la qual elabora plans de gestió forestal per a tota Espanya. Els costos de tala inclouen la tala pròpiament dita, les podes i esporgues, i la recollecció i gestió de residus. Ve donada per un cost variable, $vc = 23,4$ euros per metre cúbic de fusta tallada, més un cost fix $fc = 3,6$ euros per hectàrea. Els costos de manteniment, que inclouen la retirada de sotabosc, i les tales sanitàries i de millora, són una funció creixent del nombre de peus per hectàrea, i ve donada per

$$(15) \quad mc(X) = 44,33 + 0,0159X + 0,0000186X^2.$$

Els costos de plantació és una funció lineal que depèn directament de la quantitat d'arbres plantats, i ve donada per

$$(16) \quad C(P) = 0,60P.$$

El valor dels paràmetres del volum de l'arbre, $tv(L_i)$, i de la part comercialitzable de la fusta, $mv(L_i)$, son estimades utilitzant informació provinent d'un estudi de Cañellas, Martínez García i Montero (2000). El volum de l'arbre segueix una relació al·lomètrica

$$(17) \quad tv(L_i) = 0,0002949 \cdot L^{2,167563},$$

i la part comercialitzable del volum de fusta de cada arbre és una funció creixent que depèn del diàmetre, donada per

$$(18) \quad mv(L_i) = 0,699 + 0,0004311 \cdot L.$$

Pel que fa a la funció de beneficis respecte al carboni, la definim mitjançant la següent expressió, essent p_c el preu per tona de carboni emmagatzemat/emès:

$$(19) \quad B_2(z(t), u(t, l)) = p_c \cdot \left(\frac{dz}{dt} + \alpha_2(u(t, l)\alpha_1) \right).$$

Aquesta funció de beneficis, introduïda en la funció (D), es té en compte no només el flux de carboni sinó també els diferents usos finals de la fusta. Es a dir, si els productes que se'n deriven de l'extracció de fusta tenen una vida útil de llarga duració o no. Això és així ja que el pool de productes fustaners de llarga durada pot ser un factor important a tenir en compte en l'emmagatzemament de carboni.

El coeficient α_2 fa referència, doncs, a la proporció de productes fustaners de llarga duració a la que es destina la fusta tallada, i el carboni de la qual és fixat a llarg termini (100 anys). Aquest carboni és, per tant, introduït de nou en la funció beneficis, ja que computa alhora de produir RMU's. Aquest paràmetre s'ha fixat en un 0,1, degut a que només un 10% de la fusta de pi roig té un destí de llarga vida útil (fusta serrada).

Es pretén estimar les equacions al·lomètriques (2) i (6) que serveixi per descriure la taxa de variació del diàmetre i el flux net de carboni en un sistema forestal, respectivament. Per aconseguir-ho **s'utilitzen modelitzacions (a 100 anys) de la variable Bassal Area i Net Ecosystem Exchange** del programa de simulació biofísica GOTILWA (BA i NEE), a partir de diferents estructures diamètriques de població.

Aquestes estructures s'especifiquen mitjançant una funció de *densitat beta* amb dos paràmetres de configuració γ i ϕ (Hunter, 1990). Aquesta funció és utilitzada perquè és definida en intervals tancats (és a dir, es pot resoldre analíticament) i

permet una gran varietat de distintes configuracions de distribucions diamètriques inicials.

La següent Figura 8 presenta sis diferents distribucions inicials obtingudes per la variació dels paràmetres γ i ϕ , de la funció de densitat beta, els quals han de ser positius. Els casos a) fins a e) correspondrien a diferents tipologies de boscos irregulars, és a dir, distribuïts per diàmetres, mentre que el cas f) representa un bosc regular obtingut per la imposició $\gamma = \phi = \infty$

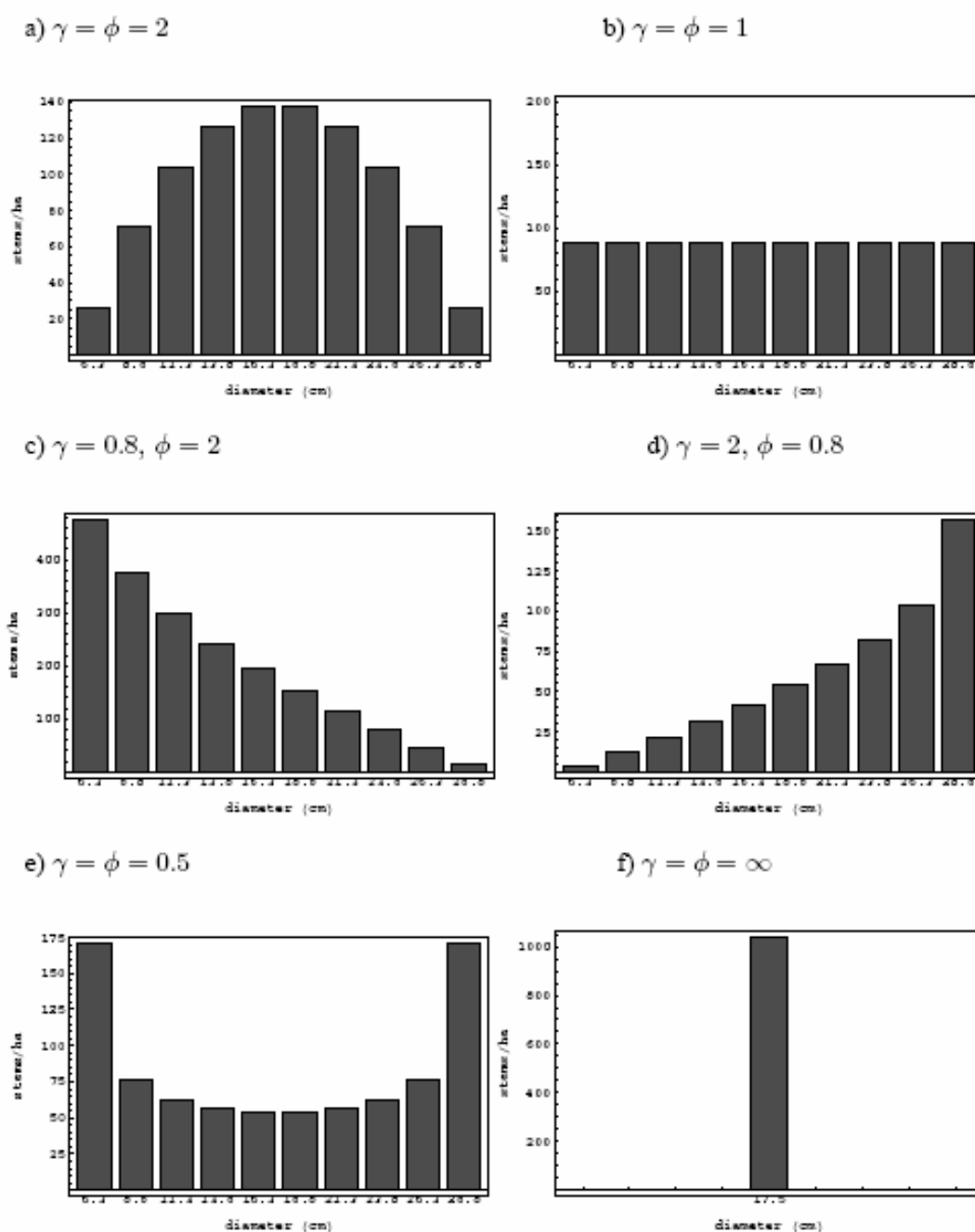


Fig. 8: Diferents distribucions inicials obtingudes mitjançant la funció de densitat beta.

Així doncs les simulacions efectuades amb GOTILWA a partir d'un gran nombre d'aquestes estructures de població, permet observar l'evolució que tindria les variables BA i NEE al llarg de cent anys en un bosc d'aquesta tipologia.

GOTILWA només permet simular la supervivència o mort d'una cohort sencera, però no la d'un arbre en concret. No ha estat possible, doncs, obtenir una adequada estimació de la funció $\delta(E(t,l),l)$ que descriu la mortalitat d'un bosc. De totes maneres, la informació proveïda per Tecnosylva suggereix que, en un forest gestionat, **la taxa de mortalitat pot considerar-se quasi constant en el temps i independent del diàmetre**. Així doncs, s'ha escollit una constant amb valor igual a 0,01 per a cada cohort.

El període de tala i plantació ha estat determinat en freqüències de 10 anys, el qual es de pràctica comuna per a boscos de pi roig (Cañellas et al., 2000).

5.5 Justificació ambiental de les equacions relacionades amb el carboni:

L'equació (6) es estimada a partir de la variable NEE, que defineix la taxa neta de carboni emmagatzemat per unitat de superfície i dia, i té en compte el conjunt del sistema forestal, és a dir tant la biomassa aèria com la subterrània (que representa el 20-25% de la biomassa aèria en boscos de coníferes), així com la necromassa (que pot arribar a representar el 100% de la biomassa viva aèria), l'humus en sentit ampli del terme (substàncies húmiques i no húmiques), i la biomassa microbiana continguda en el sòl.

Aquesta equació, doncs, representa el flux de carboni del sistema, que es pot expressar com la suma del flux de carboni associat a la biomassa i el flux de carboni en el sòl. El primer és proporcional al mateix flux de biomassa, ja que la proporció de carboni orgànic contingut en els teixits vegetals de les coníferes és aproximadament del 51% del pes sec. Així doncs, teòricament el coeficient α_1 ha d'adquirir un valor proper a 0,51. Les estimacions d'aquest paràmetre han de permetre observar la bondat de l'equació.

“La proporció de carboni en la biomassa és poc variable i freqüentment es fa servir una proporció constant del 50%, malgrat que la proporció continguda en coníferes és lleugerament superior (...) La producció anual mitjana de Pinus sylvestris

s'estima en unes 272,66 tones per tota Catalunya" (Carles Gràcia, *Els boscos de Catalunya*).

Pel que fa al flux de biomassa, aquesta és expressada per l'equació (7). Aquesta és funció del mateix estoc de biomassa $b(x)$ i de l'estoc de carboni en el sòl $s(t)$. La biomassa està associada amb la productivitat en tant que a major densitat menor és la producció neta fotosintètica, i per tant menor és el flux de captació de carboni inorgànic.

La interacció que hi ha entre el flux de biomassa i el carboni del sòl també és intuïtiva. La matèria orgànica del sòl està relacionada amb la productivitat de l'ecosistema ja que intervé en la dinàmica de retenció de l'aigua i en l'intercanvi catiònic que es produeix en les arrels de les plantes.

Per matèria orgànica s'entén necromassa i l'humus en el sentit ampli del terme (substàncies no húmiques i substàncies húmiques). L'estoc de matèria orgànica del sòl depèn de l'aportació de matèria vegetal i animal (entrada) i de la taxa de mineralització (sortida)

"La quantitat de matèria orgànica que conté un sòl en un moment donat serà la diferència entre la biomassa total rebuda i la biomassa mineralitzada per via ràpida i l'humus mineralitzat per via lenta." (Edafologia)

Podem considerar les taxes de mineralització i humificació constants donades unes condicions meteorològiques concretes, pel que la proporció de carboni orgànic respecte la matèria orgànica és també constant. Així doncs el carboni orgànic forma part en un 58% de mitjana de la matèria orgànica present en el sòl (Edafologia), tot i que aquest valor es pot estimar a partir de les simulacions efectuades amb el programa GOTILWA.

Les variables tala i plantació $u(t,l)$ i $p(t,l_0)$: tenen una relació evident amb el flux de biomassa, doncs estan directament relacionades amb la biomassa aèria, i per tant amb la quantitat de carboni (estoc) present en el sistema.

El flux de carboni en el sòl es defineix a partir de l'expressió (8). Aquest també depèn de $b(x)$, com ho fa el flux de biomassa, encara que no de la mateixa manera:

l'aportació de matèria orgànica i en conseqüència de carboni orgànic, depèn lògicament de l'estoc de biomassa $b(x)$: l'arbre, el creixement del qual es produeix a partir de carboni inorgànic, és font de carboni orgànic per al sòl per la degradació natural de la matèria. Aquesta matèria degradada suposa un augment de la productivitat, com ja s'ha comentat, formant una retroalimentació que només és limitada per l'espai, és a dir, per la competència intraespecífica.

Una relació no tan evident és la que té la tala amb l'estoc de carboni del sòl. Per una part el sòl deixa de rebre materials provinents de la biomassa aèria, el que fa disminuir la principal entrada en el procés de formació de l'humus. A més, s'acceleren els processos de mineralització ràpida per la respiració del sòl. També s'hauria de tenir en compte els combustibles fòssils consumits per la maquinària utilitzada en els processos de tala.

“Durant la gestió, tala i transport de plantacions normals, s'utilitzen quantitats de combustible fòssil que desprenen CO_2 a l'atmosfera. Durant aquestes operacions es desprenen 3,3 tones de carboni per hectàrea. El processament d'aquesta fusta és el que requereix major part de l'energia, que té com a resultat al menys 27 tones de carboni per hectàrea (sense tenir en compte la respiració del sòl)” (Justin B. Ford – Robertson, 1995).

La modificació de les condicions ambientals i la diferent adició de matèria orgànica que es produeix després de la tala i les feines de preparació del terreny alteren la dinàmica del carboni dels sòls forestals. Les feines forestals incrementen l'activitat microbiana, amb el conseqüent efecte sobre la descomposició i l'emissió de CO_2 . La incorporació de residus orgànics a l'horitzó mineral del sòl produeix una alliberació important d'aquest gas a l'atmosfera. L'increment de la mineralització després de la tala pot reduir el contingut de matèria orgànica en els sòls on s'ha efectuat la mateixa.

“El carboni total d'un ecosistema és major sota períodes llargs de rotació (per exemple 120 anys) i menor davant de períodes curts (60 i 30 anys). Reduir la intensitat de la tala i estendre els períodes de rotació pot augmentar la capacitat d'emmagatzemar carboni dels sistemes forestals canadencs.” (Changüí Peng, Hong Jiang et al., 2001)

6.RESULTATS DE LA OPTIMITZACIÓ

El problema d'optimització matemàtica (D) ha estat programada en GAMS. Per poder trobar una solució numèrica s'ha disposat de *Conopt2 solver*, una eina disponible en el programari. Per a les quatre distribucions inicials de les quatre parcel·les del Pont de Suert, **la solució numèrica determina per a cada període de 10 anys la òptima tala $u(x)$ i la òptima plantació $p(x)$, a més de les variables d'estat X_i i L_i , i consegüentment les variables econòmiques i ambientals, tals com els costos de manteniment i de plantació, l'emmagatzematge de carboni, els beneficis obtinguts provinents de la fusta i del carboni i els beneficis en valor actual nets.**

El fet d'optimitzar distribucions diamètriques diferents ens assegura que el mètode numèric proporciona solucions independents, a més de servir per realitzar un anàlisi de sensibilitat de l'àrea basal, és a dir, observar quina gestió en resulta de parcel·les amb diferents densitats. Totes les optimitzacions han estat realitzades en base a una hectàrea.

6.1 Taules:

Donades les distribucions inicials especificades a l'*Annex i* del document, les Taules de la 2 a la 11 resumeixen els resultats de la optimització, on s'ha **assumit una taxa de descompte del 2%**. La Taula 2 mostra la gestió òptima de la parcel·la 1 considerant només la producció de fusta. **Els beneficis obtinguts són aproximadament 3840 euros en els 310 anys d'explotació.** Es comença a tenir beneficis a partir dels vint anys de l'inici de l'explotació.

Les Taules de la 3 a la 8 mostren els resultats de la mateixa parcel·la 1, tenint en compte ja com a input l'emmagatzematge de carboni i suposant diferents preus d'intercanvi en el respectiu mercat internacional. **El resultat és que l'augment del preu del carboni provoca un augment del benefici net obtingut.** La funció d'increment del preu és, a més, positiva i creixent en tot el seu domini, doncs **tots els preus aconseguen uns beneficis superiors als de la Taula 2.** Pel que fa a la **captura del carboni, aquesta és negativa**, és a dir el bosc de la parcel·la 1 és font de CO₂. Aquesta, però, augmenta en incrementar el preu de compraventa de les RMU's, de -83 a -56 tones per hectàrea aproximadament.

És significatiu que al augmentar el preu del carboni, els beneficis obtinguts en la venda de fusta també siguin majors: de 9017 per al preu de carboni corresponent a 0 euros, a més de 9500 en el darrer cas, a 30 euros. **Pel que fa als beneficis obtinguts en la venda de RMU's, tot i que aquests adquireixen valors negatius si no es té en compte cap taxa d'interès, esdevenen positius per l'efecte de la pèrdua de valor del capital en el temps.**

Les Taules de la 9 a la 11 mostren els resultats d'optimització de diferents parcel·les amb diferents àrees bassals inicials. Tant la Parcel·la 1 com la 4 son representants de boscos eminentment madurs. Les parcel·les 2 i 3 tenen una distribució, en canvi, molt jove, amb una àrea basal molt inferior. Així es pot analitzar la variabilitat de gestió provinent de distribucions diamètriques diferents com d'àrees bassals distintes. **Els resultats obtinguts determinen que les parcel·les 1 i 4 es comporten com a fonts, i que les 2 i 3, si bé emmagatzemen més carboni, tenen una rendibilitat per a l'explotador privat molt menor, i fins i tot pèrdues, en el cas de la tercera plantació estudiada.** El preu del carboni utilitzat per a realitzar l'anàlisi de sensibilitat de les àrees bassals s'ha mantingut constant, adquirint el valor de 25 euros, proper als valors que les RMU's han assolit en el mercat en el últims mesos.

A més, les taules mostren també com **aquelles parcel·les amb una gran proporció d'arbres de diàmetres petits (parcel·les 2 i 3) requereixen un gran nombre de nous arbres plantats en els primers anys d'explotació**, per assolir una òptima estructura en el temps. Al contrari, es pot observar que en les parcel·les 1 i 4, amb una gran quantitat d'arbres de diàmetres grans, no requereixen pràcticament de cap plantació durant les primeres desenes d'anys.

En tots els casos estudiats s'observa que els costos de manteniment i de plantació tendeixen a estabilitzar-se.

El nombre d'arbres de la parcel·la ha estat calculat just abans de que els arbres es plantin, i després de que la tala tingui lloc. Els valors monetaris són expressats sense cap taxa de descompte, excepte l'última columna, "Benefici Net descomptat", la qual fa referència al valor actual net dels beneficis obtinguts en 310 anys. Les conclusions que es deriven d'aquests resultats es discuteixen àmpliament en el capítol 11 del document.



Taula 2: Gestió de plantació i tala òptima de la parcel·la 1, amb un Àrea Bassal inicial = 8,14.

Any	Nº Arbres	Arbres Plantats	Tala				Costos de Manteniment (€/ha)	Costos de Plantació (€/ha)	Emmagatzematge Carboni (Ton/ha)	Benefici Carboni (€/ha)	Benefici Fusta (€/ha)	Benefici Net Descomptat (€/ha)	
			Arbres Talats	Àrea Bassal (m²/ha)	Volum (m³/ha)	Fusta (m³/ha)							
0	1787	0	55	1.33	8.05	5.69	1322.43	0.00	-3.20	0.00	55.46	-1266.97	
10	1570	0	199	10.58	68.56	48.69	1152.50	0.00	27.48	0.00	1111.62	-33.54	
20	1327	0	228	15.48	102.39	72.87	982.37	0.00	11.35	0.00	1982.26	672.90	
30	1065	18	249	19.10	127.77	91.05	823.95	8.78	0.33	0.00	2712.68	1037.86	
40	843	108	230	16.70	111.11	79.12	709.74	53.42	-10.50	0.00	2253.57	674.99	
50	727	139	215	18.92	127.88	91.23	657.27	68.61	-9.59	0.00	2931.41	819.42	
60	721	150	138	14.39	98.68	70.53	654.81	74.04	-18.01	0.00	2512.34	543.58	
70	674	138	189	17.91	121.86	87.00	635.34	67.83	-12.16	0.00	2926.04	555.78	
80	664	107	141	15.71	108.36	77.50	630.94	52.65	-20.63	0.00	2863.86	447.19	
90	675	62	89	9.56	65.77	47.02	635.40	30.76	-19.08	0.00	1702.78	174.42	
100	701	29	29	3.60	25.06	17.95	646.33	14.42	-8.58	0.00	705.31	6.15	
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	
200	713	54	48	5.37	37.08	26.53	651.26	26.74	0.19	0.00	983.04	5.81	
300	725	71	50	5.23	35.94	25.69	656.56	34.80	0.93	0.00	918.29	0.60	
							Σ	-22586,37	-1211,50	-83,27	0,00	48291,99	3840,83
							Σ descomptat	-5040,93	-135,06	-	0,00	9016,83	3840,83

Resultats obtinguts suposant un preu de mercat de les RMU's de 0 euros.



Taula 3: Gestió de plantació i tala òptima de la parcel·la 1, amb un Àrea Bassal inicial = 8,14.

Any	Nº Arbres	Arbres Plantats	Tala				Costos de Manteniment (€/ha)	Costos de Plantació (€/ha)	Emmagatzematge Carboni (Ton/ha)	Benefici Carboni (€/ha)	Benefici Fusta (€/ha)	Benefici Net Descomptat (€/ha)	
			Arbres Talats	Àrea Bassal (m²/ha)	Volum (m³/ha)	Fusta (m³/ha)							
0	1823	0	19	0.45	2.71	1.92	-1352.87	0.00	-3.31	-16.54	16.30	-1353.10	
10	1632	0	173	9.23	59.83	42.49	-1198.99	0.00	29.18	145.93	969.66	-68.42	
20	1388	0	228	15.41	101.96	72.56	-1022.93	0.00	14.37	71.86	1971.98	687.04	
30	1119	24	254	19.35	129.44	92.23	-854.62	-12.00	1.14	5.72	2740.86	1037.87	
40	894	116	237	17.63	117.58	83.76	-734.37	-57.08	-9.96	-49.78	2435.06	721.83	
50	781	149	220	19.08	128.83	91.90	-681.14	-73.52	-10.41	-52.03	2931.43	789.40	
60	743	155	179	18.43	126.31	90.26	-664.39	-76.63	-16.80	-84.02	3192.30	721.50	
70	738	158	152	14.17	96.31	68.75	-662.34	-77.78	-19.45	-97.25	2293.60	364.10	
80	715	112	174	19.08	131.41	93.97	-652.50	-55.39	-12.62	-63.11	3446.23	548.72	
90	757	69	64	6.86	47.15	33.71	-670.51	-34.18	-24.64	-123.21	1221.34	66.20	
100	762	31	58	7.21	50.16	35.92	-672.79	-15.29	-1.94	-9.68	1404.10	97.50	
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	
200	766	57	64	7.61	52.75	37.76	-674.59	-28.23	-1.45	-7.26	1444.98	14.00	
300	776	77	65	6.97	47.91	34.26	-679.12	-37.85	-0.77	-3.86	1241.83	1.37	
							Σ	-23375,96	-1283,92	-79,76	-398,82	51344,56	3851,79
							Σ descomptat	-5210,98	-144,65	-	33,38	9174,03	3851,79

Resultats obtinguts suposant un preu de mercat de les RMU's de 5 euros.



Taula 4: Gestió de plantació i tala òptima de la parcel·la 1, amb un Àrea Bassal inicial = 8,14.

Any	Nº Arbres	Arbres Plantats	Tala				Costos de Manteniment (€/ha)	Costos de Plantació (€/ha)	Emmagatzematge Carboni (Ton/ha)	Benefici Carboni (€/ha)	Benefici Fusta (€/ha)	Benefici Net Descomptat (€/ha)	
			Arbres Talats	Àrea Bassal (m²/ha)	Volum (m³/ha)	Fusta (m³/ha)							
0	1842	0	0	0.00	0.00	0.00	-1368.53	0.00	-3.36	-33.58	-3.61	-1405.71	
10	1686	0	138	7.35	47.62	33.82	-1240.82	0.00	29.90	298.82	771.02	-140.26	
20	1441	0	228	15.41	101.93	72.54	-1059.17	0.00	18.19	181.81	1968.35	734.21	
30	1177	12	249	19.14	128.08	91.27	-888.90	-6.13	1.98	19.78	2727.08	1022.34	
40	937	117	242	18.60	124.50	88.72	-755.82	-57.73	-8.54	-85.33	2650.95	793.50	
50	822	158	223	19.09	128.81	91.87	-699.76	-78.10	-11.37	-113.63	2908.20	749.26	
60	774	163	198	20.18	138.10	98.67	-677.90	-80.57	-15.69	-156.85	3461.97	776.18	
70	795	168	134	13.09	89.34	63.81	-687.52	-83.05	-22.02	-220.11	2199.54	302.25	
80	777	120	179	19.33	132.96	95.06	-679.30	-59.02	-9.87	-98.68	3451.65	536.29	
90	825	88	64	7.60	52.71	37.73	-701.48	-43.33	-23.90	-238.91	1450.20	78.49	
100	807	41	98	11.88	82.51	59.07	-692.98	-20.15	-1.69	-16.85	2285.28	214.68	
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	
200	822	62	80	9.34	64.66	46.28	-699.85	-30.37	-5.57	-55.68	1758.30	18.53	
300	813	73	73	8.66	60.00	42.95	-695.66	-35.89	-2.49	-24.93	1640.91	2.33	
							Σ	-24130,70	-1319,63	-73,49	-734,48	54340,99	3897,47
							Σ descomptat	-5359,89	-149,25	-	104,33	9302,28	3897,47

Resultats obtinguts suposant un preu de mercat de les RMU's de 10 euros.



Taula 5: Gestió de plantació i tala òptima de la parcel·la 1, amb un Àrea Bassal inicial = 8,14.

Any	Nº Arbres	Arbres Plantats	Tala				Costos de Manteniment (€/ha)	Costos de Plantació (€/ha)	Emmagatzematge Carboni (Ton/ha)	Benefici Carboni (€/ha)	Benefici Fusta (€/ha)	Benefici Net Descomptat (€/ha)	
			Arbres Talats	Àrea Bassal (m²/ha)	Volum (m³/ha)	Fusta (m³/ha)							
0	1842	0	0	0.00	0.00	0.00	-1368.53	0.00	-3.36	-50.39	-3.61	-1422.53	
10	1729	0	95	5.05	32.71	23.23	-1275.18	0.00	29.61	444.15	528.48	-248.20	
20	1483	0	229	15.40	101.86	72.49	-1088.90	0.00	22.52	337.77	1963.42	815.84	
30	1235	2	233	18.49	124.00	88.39	-923.68	-1.14	2.53	38.00	2679.98	989.96	
40	978	116	246	19.61	131.67	93.86	-777.17	-57.31	-6.52	-97.85	2874.88	879.76	
50	860	164	225	19.10	128.73	91.81	-717.98	-81.10	-12.39	-185.90	2885.71	706.17	
60	813	177	203	20.38	139.34	99.55	-695.78	-87.07	-14.76	-221.41	3466.00	750.30	
70	850	180	132	13.92	95.61	68.36	-713.33	-88.72	-21.23	-318.49	2467.01	336.65	
80	837	131	185	19.61	134.67	96.27	-706.94	-64.37	-10.63	-159.44	3459.70	518.71	
90	874	101	85	10.52	73.17	52.39	-724.77	-49.86	-22.91	-343.69	2046.66	156.20	
100	851	47	117	13.83	95.92	68.65	-713.69	-23.21	-6.03	-90.52	2627.65	248.49	
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	
200	853	68	93	10.69	73.93	52.90	-714.37	-33.28	-10.78	-161.70	1993.87	20.66	
300	847	79	84	9.80	67.85	48.55	-711.88	-38.72	-6.84	-102.65	1835.47	2.58	
							Σ	-24872,89	-1370,00	-72,73	-1090,88	57655,13	3967,72
							Σ descomptat	-5484,20	-154,00	-	208,43	9397,50	3967,72

Resultats obtinguts suposant un preu de mercat de les RMU's de 15 euros.



Taula 6: Gestió de plantació i tala òptima de la parcel·la 1, amb un Àrea Bassal inicial = 8,14.

Any	Nº Arbres	Arbres Plantats	Tala				Costos de Manteniment (€/ha)	Costos de Plantació (€/ha)	Emmagatzematge Carboni (Ton/ha)	Benefici Carboni (€/ha)	Benefici Fusta (€/ha)	Benefici Net Descomptat (€/ha)	
			Arbres Talats	Àrea Bassal (m²/ha)	Volum (m³/ha)	Fusta (m³/ha)							
0	1842	0	0	0.00	0.00	0.00	-1368.53	0.00	-3.36	-67.19	-3.61	-1439.33	
10	1770	0	53	2.83	18.35	13.03	-1308.94	0.00	29.33	586.67	294.93	-350.57	
20	1524	0	229	15.39	101.73	72.39	-1118.47	0.00	26.69	533.77	1957.46	923.82	
30	1290	0	219	17.86	120.06	85.59	-958.74	0.00	3.06	61.20	2634.51	958.93	
40	1025	113	252	20.65	139.02	99.14	-802.36	-55.76	-4.65	-93.10	3097.58	972.07	
50	902	172	227	19.00	127.94	91.23	-738.35	-84.69	-13.62	-272.47	2848.16	651.16	
60	858	183	206	20.41	139.38	99.56	-717.04	-90.18	-13.89	-277.80	3441.43	718.19	
70	904	188	129	14.64	101.10	72.33	-739.49	-92.85	-20.38	-407.58	2704.36	366.15	
80	894	148	190	19.83	135.99	97.19	-734.39	-73.09	-11.03	-220.64	3458.67	498.53	
90	910	109	124	15.06	104.56	74.86	-742.37	-53.69	-21.80	-436.07	2897.72	280.26	
100	909	54	101	11.78	81.55	58.36	-741.83	-26.75	-14.00	-280.09	2211.46	160.50	
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	
200	900	73	92	10.47	72.35	51.76	-737.40	-36.17	-13.51	-270.27	1934.62	16.97	
300	901	80	92	10.55	72.93	52.18	-737.92	-39.64	-8.61	-172.15	1953.76	2.64	
							Σ	-25662,03	-1436,96	-71,73	-1434,54	60569,05	4037,05
							Σ descomptat	-5611,54	-159,48	-	343,13	9464,94	4037,05

Resultats obtinguts suposant un preu de mercat de les RMU's de 20 euros.



Taula 7: Gestió de plantació i tala òptima de la parcel·la 1, amb un Àrea Bassal inicial = 8,14.

Any	Nº Arbres	Arbres Plantats	Tala				Costos de Manteniment (€/ha)	Costos de Plantació (€/ha)	Emmagatzematge Carboni (Ton/ha)	Benefici Carboni (€/ha)	Benefici Fusta (€/ha)	Benefici Net Descomptat (€/ha)	
			Arbres Talats	Àrea Bassal (m²/ha)	Volum (m³/ha)	Fusta (m³/ha)							
0	1842	0	0	0.00	0.00	0.00	-1368.53	0.00	-3.36	-83.99	-3.61	-1456.12	
10	1810	0	14	0.72	4.69	3.33	-1341.67	0.00	29.07	726.76	72.60	-444.88	
20	1563	0	229	15.33	101.36	72.13	-1147.28	0.00	30.59	764.64	1947.13	1052.86	
30	1333	0	214	17.59	118.28	84.33	-986.35	0.00	3.53	88.37	2600.75	940.05	
40	1071	119	248	21.30	143.93	102.68	-827.47	-58.47	-3.57	-89.19	3296.26	1051.22	
50	949	179	229	19.03	128.05	91.30	-761.98	-88.48	-14.19	-354.66	2832.86	604.75	
60	910	195	210	20.54	140.15	100.10	-742.54	-96.07	-13.19	-329.65	3437.06	691.49	
70	941	186	154	17.66	122.05	87.32	-758.09	-91.52	-19.38	-484.43	3279.80	486.49	
80	951	170	167	17.13	117.36	83.87	-763.36	-83.59	-16.31	-407.74	2960.79	349.94	
90	951	116	160	19.11	132.58	94.90	-763.29	-57.17	-15.62	-390.51	3645.92	409.71	
100	986	60	72	8.23	56.90	40.71	-781.31	-29.43	-21.14	-528.43	1529.65	26.29	
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	
200	956	81	77	9.17	63.62	45.54	-765.87	-39.71	-9.62	-240.42	1754.92	13.51	
300	961	90	85	9.63	66.53	47.60	-768.04	-44.54	-8.02	-200.60	1778.53	2.01	
							Σ	-26405,34	-1494,93	-65,74	-1643,58	64618,46	4123,17
							Σ descomptat	-5733,55	-165,67	-	504,38	9518,00	4123,17

Resultats obtinguts suposant un preu de mercat de les RMU's de 25 euros.



Taula 8: Gestió de plantació i tala òptima de la parcel·la 1, amb un Àrea Bassal inicial = 8,14.

Any	Nº Arbres	Arbres Plantats	Tala				Costos de Manteniment (€/ha)	Costos de Plantació (€/ha)	Emmagatzematge Carboni (Ton/ha)	Benefici Carboni (€/ha)	Benefici Fusta (€/ha)	Benefici Net Descomptat (€/ha)	
			Arbres Talats	Àrea Bassal (m²/ha)	Volum (m³/ha)	Fusta (m³/ha)							
0	1842	0	0	0.00	0.00	0.00	-1368.53	0.00	-3.36	-100.79	-3.61	-1472.92	
10	1824	0	0	0.00	0.00	0.00	-1353.02	0.00	28.98	869.40	-3.61	-399.69	
20	1600	0	205	13.74	90.84	64.64	-1175.03	0.00	31.73	951.95	1743.65	1023.30	
30	1370	2	215	17.58	118.15	84.23	-1010.64	-0.96	6.69	200.63	2592.54	983.55	
40	1120	119	237	21.09	142.85	101.94	-855.15	-58.64	-2.93	-87.98	3335.18	1056.78	
50	995	184	234	19.75	133.09	94.91	-785.96	-90.83	-13.15	-394.45	2986.02	637.09	
60	957	201	212	20.55	140.08	100.04	-766.10	-99.09	-13.86	-415.92	3413.53	649.92	
70	961	186	189	21.39	147.72	105.67	-768.21	-91.75	-18.08	-542.36	3943.26	635.30	
80	1005	179	133	13.64	93.45	66.78	-791.22	-88.04	-23.00	-690.14	2356.01	161.34	
90	1004	117	170	20.00	138.55	99.16	-791.06	-57.67	-8.53	-255.99	3781.34	450.37	
100	1047	74	65	7.98	55.51	39.75	-814.30	-36.32	-21.93	-657.95	1553.15	6.15	
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	
200	1034	101	81	10.19	71.00	50.86	-807.04	-50.02	-6.79	-203.66	2011.19	18.11	
300	1009	100	91	10.85	75.28	53.89	-793.54	-49.26	-4.88	-146.48	2069.95	2.84	
							Σ	-27125,45	-1536,15	-57,78	-1733,38	66856,68	4237,44
							Σ descomptat	-5835,04	-169,78	-	689,13	9553,13	4237,44

Resultats obtinguts suposant un preu de mercat de les RMU's de 30 euros.



Taula 9: Gestió de plantació i tala òptima de la parcel·la 2, amb un Àrea Bassal inicial = 1,99.

Any	Nº Arbres	Arbres Plantats	Tala				Costos de Manteniment (€/ha)	Costos de Plantació (€/ha)	Emmagatzematge Carboni (Ton/ha)	Benefici Carboni (€/ha)	Benefici Fusta (€/ha)	Benefici Net Descomptat (€/ha)	
			Arbres Talats	Àrea Bassal (m²/ha)	Volum (m³/ha)	Fusta (m³/ha)							
0	450	316	0	0.00	0.00	0.00	-552.63	-155.56	-3.15	-78.63	-3.61	-790.43	
10	761	166	0	0.00	0.00	0.00	-672.28	-81.81	4.29	107.13	-3.61	-533.69	
20	920	94	0	0.00	0.00	0.00	-747.18	-46.47	7.47	186.87	-3.61	-410.77	
30	972	43	34	4.60	32.26	23.13	-774.00	-21.19	11.58	289.38	949.34	244.86	
40	1006	38	0	0.00	0.00	0.00	-791.68	-18.61	5.25	131.21	-3.61	-309.19	
50	1001	55	33	4.07	28.32	20.27	-789.25	-27.36	16.31	407.66	787.10	140.49	
60	1014	95	33	3.90	27.04	19.35	-796.41	-46.74	10.15	253.87	737.26	45.10	
70	971	114	129	14.54	100.37	71.80	-773.27	-56.18	12.42	310.40	2675.26	539.11	
80	934	108	140	15.05	103.50	73.99	-754.35	-53.02	-7.28	-181.88	2677.58	346.29	
90	983	131	50	6.23	43.38	31.07	-779.55	-64.63	-10.62	-265.49	1221.02	18.74	
100	955	137	149	15.05	102.96	73.56	-765.21	-67.54	6.19	154.76	2566.13	260.62	
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	
200	965	126	119	13.78	95.36	68.24	-770.23	-62.27	-3.02	-75.54	2576.52	31.79	
300	965	121	112	12.95	89.60	64.11	-770.23	-59.60	-3.91	-97.84	2420.61	3.93	
							Σ	-24370,50	-1674,27	0,57	14,21	53366,48	264,14
							Σ descomptat	-3989,73	-373,31	-	526,84	4100,34	264,14

Resultats obtinguts suposant un preu de mercat de les RMU's de 25 euros.



Taula 10: Gestió de plantació i tala òptima de la parcel·la 3, amb un Àrea Bassal inicial = 1,76.

Any	Nº Arbres	Arbres Plantats	Tala				Costos de Manteniment (€/ha)	Costos de Plantació (€/ha)	Emmagatzematge Carboni (Ton/ha)	Benefici Carboni (€/ha)	Benefici Fusta (€/ha)	Benefici Net Descomptat (€/ha)	
			Arbres Talats	Àrea Bassal (m²/ha)	Volum (m³/ha)	Fusta (m³/ha)							
0	399	344	0	0.00	0.00	0.00	-536.45	-169.58	-3.13	-78.17	-3.61	-787.81	
10	739	178	0	0.00	0.00	0.00	-662.62	-87.65	3.05	76.35	-3.61	-555.81	
20	910	86	0	0.00	0.00	0.00	-742.33	-42.44	6.46	161.43	-3.61	-421.92	
30	988	34	0	0.00	0.00	0.00	-782.38	-16.74	10.28	257.05	-3.61	-301.25	
40	1013	28	0	0.00	0.00	0.00	-795.66	-13.88	13.59	339.84	-3.61	-214.35	
50	999	49	34	4.22	29.34	21.01	-788.33	-24.16	16.55	413.65	818.86	156.05	
60	1004	87	34	4.04	28.01	20.05	-791.12	-42.86	10.08	251.92	766.91	56.34	
70	981	116	102	11.64	80.48	57.58	-778.61	-57.27	11.86	296.49	2161.72	405.63	
80	923	107	165	17.88	123.06	87.99	-748.82	-52.90	-1.46	-36.45	3204.69	485.40	
90	986	139	36	4.52	31.50	22.57	-781.53	-68.57	-15.85	-396.33	891.05	-59.80	
100	945	143	172	17.36	118.72	84.82	-760.09	-70.34	9.54	238.61	2963.40	327.36	
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	
200	961	130	127	14.70	101.72	72.78	-768.50	-64.14	-2.99	-74.75	2748.89	35.09	
300	965	122	116	13.41	92.81	66.41	-770.16	-60.13	-4.17	-104.37	2508.44	4.14	
							Σ	-24329,85	-1682,16	5,28	131,96	52570,33	-214,77
							Σ descomptat	-3965,86	-383,65	-	567,42	3567,33	-214,77

Resultats obtinguts suposant un preu de mercat de les RMU's de 25 euros.



Taula 11: Gestió de plantació i tala òptima de la parcel·la 4, amb un Àrea Bassal inicial = 8,40.

Any	Nº Arbres	Arbres Plantats	Tala				Costos de Manteniment (€/ha)	Costos de Plantació (€/ha)	Emmagatzematge Carboni (Ton/ha)	Benefici Carboni (€/ha)	Benefici Fusta (€/ha)	Benefici Net Descomptat (€/ha)	
			Arbres Talats	Àrea Bassal (m²/ha)	Volum (m³/ha)	Fusta (m³/ha)							
0	1901	0	0	0.00	0.00	0.00	-1419.06	0.00	-3.33	-83.17	-3.61	-1505.83	
10	1882	0	0	0.00	0.00	0.00	-1402.64	0.00	29.08	727.04	-3.61	-557.19	
20	1721	0	142	9.77	64.70	46.05	-1268.88	0.00	32.07	801.71	1261.93	534.86	
30	1437	0	267	20.01	133.67	95.24	-1056.89	0.00	15.34	383.43	2808.33	1178.60	
40	1182	55	240	19.04	127.74	91.06	-891.89	-26.95	-6.08	-151.89	2774.47	771.61	
50	1010	157	216	18.69	126.22	90.03	-794.28	-77.24	-8.27	-206.76	2867.84	664.87	
60	950	207	208	21.28	145.73	104.13	-762.61	-102.10	-10.92	-273.03	3671.69	772.30	
70	928	212	221	19.96	135.31	96.57	-751.45	-104.47	-19.34	-483.38	3172.89	458.45	
80	932	185	199	20.32	139.12	99.41	-753.58	-91.09	-19.17	-479.37	3494.37	445.16	
90	940	128	169	20.00	138.62	99.22	-757.32	-62.96	-21.47	-536.84	3795.70	410.32	
100	991	73	68	7.89	54.61	39.08	-783.73	-35.82	-23.47	-586.76	1474.93	9.47	
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	
200	954	84	81	9.49	65.78	47.08	-764.81	-41.63	-14.56	-364.08	1796.24	11.92	
300	959	92	87	9.83	67.86	48.54	-767.06	-45.48	-10.62	-265.49	1806.32	1.92	
							Σ	-26819,12	-1479,71	-57,04	-1426,01	64249,99	3597,53
							Σ descomptat	-5998,75	-154,66	-	688,93	9062,01	3597,53

Resultats obtinguts suposant un preu de mercat de les RMU's de 25 euros.

6.2 Gràfics:

Per il·lustrar com la distribució diamètrica inicial dels arbres altera la gestió òptima de tala selectiva, s'han realitzat el gràfic de la Figura 9, que compara la mitjana diamètrica entre les 4 parcel·les escollides. Aquest estadístic dóna idea de les diferents estructures que es van succeint al llarg del temps.

També s'utilitza la mitjana per comparar l'evolució del diàmetre en les diferents gestions que provenen dels diferents preus del carboni de l'anàlisi de sensibilitat, en el gràfic de la Figura 10.

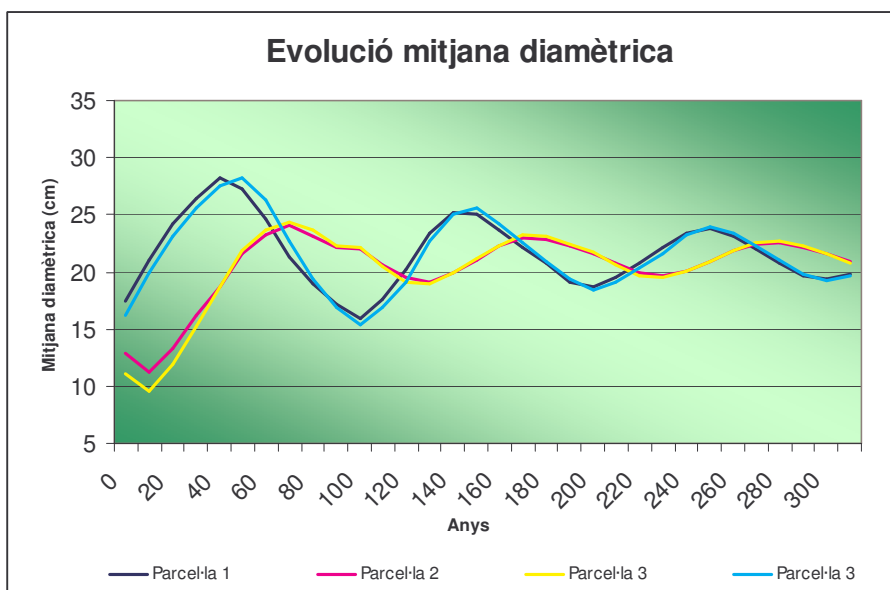


Fig. 9: Gràfic comparatiu entre parcel·les de la mitjana diamètrica al llarg del temps

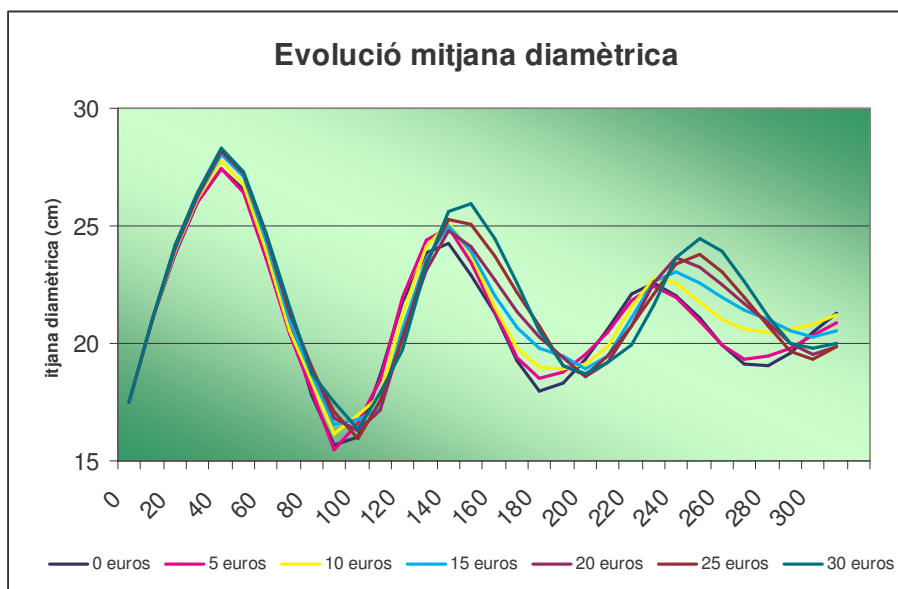


Fig. 10: Gràfic comparatiu entre preus del carboni de la mitjana diamètrica al llarg del temps

No obstant, tot i que la distribució diamètrica inicial dels boscos considerats tendeixen a convergir en la mateixa distribució al llarg del temps, es pot observar en les Figures 7 i 8 que els diferents camins per arribar a una distribució estable son molt variables, inclòs en els casos en que es realitza un contrast d'una mateixa parcel·la amb diferents preus de compravenda de RMU's, caracteritzat per tenir la mateixa àrea basal inicial i la mateixa estructura diamètrica inicial.

Aquestes distintes transicions estan representades en els gràfics de les Figures 11, 12, 13, 14, 15 i 16 on es mostren la evolució de les distribucions forestals durant 300 anys en períodes de 50.

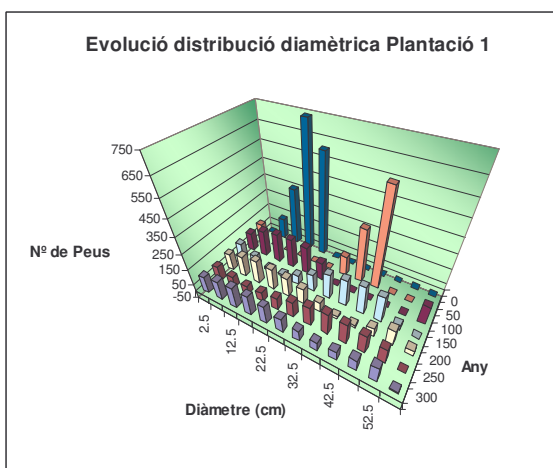


Fig. 11

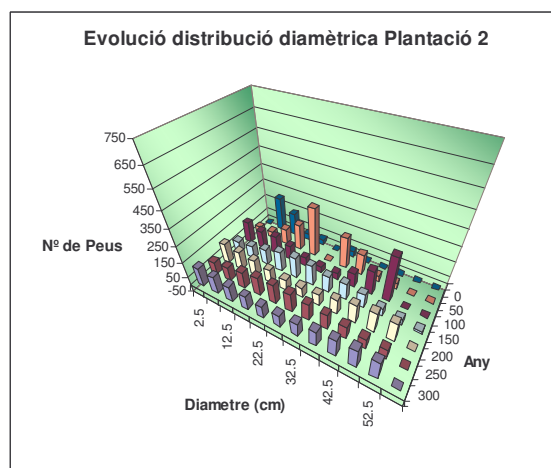


Fig. 12

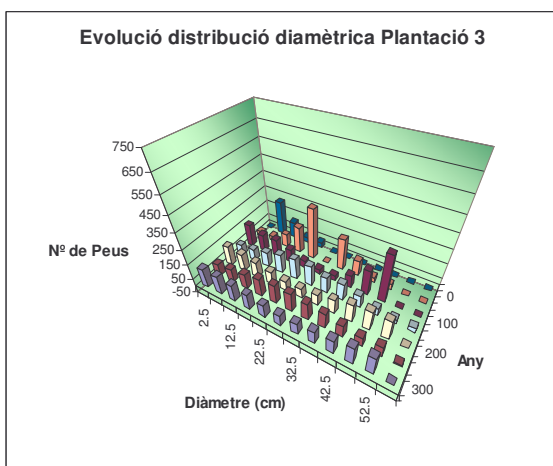


Fig. 13

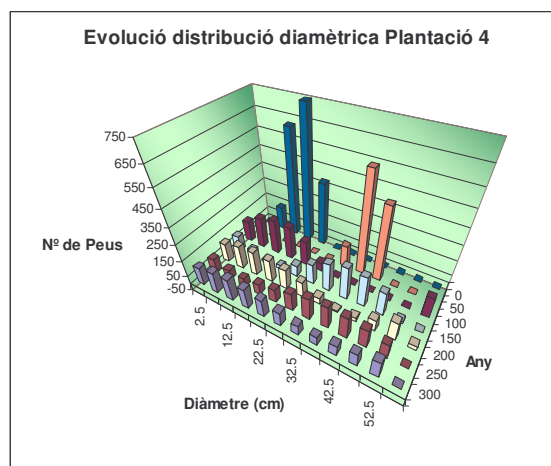


Fig. 14

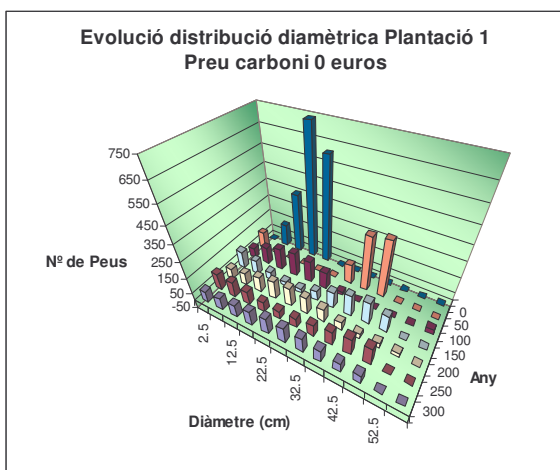


Fig. 15

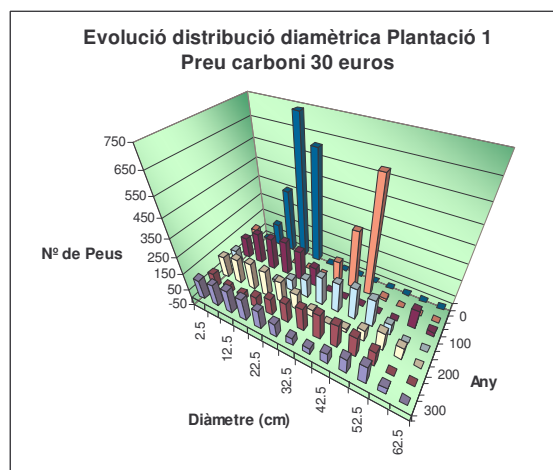


Fig. 16

Tant les diferents plantacions com la mateixa plantació amb diferents preus de compraventa de RMU's tendeixen cap a una estructuració diamètrica estable, tot i que segueixen camins diferents per arribar a assolir-la.

7.CENTRALS DE BIOMASSA

7.1 Definició i funcionament:

Una central de biomassa **s'ocupa d'obtenir energia mitjançant els diferents processos de transformació de la matèria orgànica**. El funcionament general d'una central de biomassa és pot esquematitzar de la següent manera:

- ✚ La biomassa recollida es prepara per transformar-la en combustible líquid.
- ✚ El combustible es crema i s'escalfa l'aigua.
- ✚ Es produeix vapor a alta pressió que mou la turbina i aquesta, aleshores, mou el generador que produirà energia elèctrica.
- ✚ L'energia elèctrica produïda és transportada per la xarxa elèctrica.
- ✚ La calor produïda pel vapor es transmet en forma d'aire calent.

S'entén per biomassa el conjunt de la matèria orgànica renovable d'origen vegetal, animal o procedent de la seva transformació natural o artificial. **Els combustibles fòssils no són emprats en aquest tipus de centrals, per que la seva taxa de renovació es extremadament baixa**. La biomassa es pot classificar, segons el seu origen, en:

- ✚ Biomassa natural: La que es produeix en ecosistemes naturals.
- ✚ Biomassa residual: Inclou els residus forestals, agrícoles i d'indústries forestals i agrícoles. També inclou els residus sòlids urbans i els biodegradables.
- ✚ Cultius energètics: Realitzats amb l'únic objectiu de l'aprofitament energètic.

La biomassa forestal, centre d'aquest estudi, forma part de la biomassa residual. En un bosc és susceptible de ser utilitzada com a combustible en una central de biomassa tota aquella fusta que no és comercialitzable per l'explotador, com els residus de les estesades preventives del sotabosc, la fusta dels arbres morts, o el brancatge i escorça de la fusta talada, i que representa un 25% del total d'aquesta. La biomassa es utilitzada directament com a combustible, o bé transformada en altres substàncies més aptes per ser usades com a tal.

7.2 Avantatges i inconvenients:

Les centrals de biomassa suposen una de les noves opcions energètiques, alternatives a les centrals tèrmiques, que més s'està recolzant per part dels governs que tenen compromisos que assolir pel que fa a reducció d'emissions de GEH.

Una de les principals característiques de l'energia provinent de les centrals de biomassa és que pot resultar renovable indefinidament (sempre que no s'exploti per sobre de la seva taxa de renovació). A més, en zones tropicals o subtropicals podria esdevenir un important potencial econòmic, doncs les taxes de creixement de la biomassa en aquestes zones són molt elevades i, per tant, es podria convertir en una font d'ingressos molt important.

El transport i emmagatzematge de la biomassa forestal també resulta força còmode, donat que, amb els residus (provinents d'estesades, tales sanitàries...), es formen els anomenats pallets. Aquests són conglomerats premats en forma semblant al suro que provenen dels residus de fusta, palla, paper... Amb aquest premsat el cost d'espai i transport resulta molt més baix. Els pallets, a més d'usar-se per a l'obtenció d'energia elèctrica a les centrals de biomassa (o centrals tèrmiques combinades) també són molt útils per als habitatges sense calefacció central.

També és molt important tenir en consideració que tot el que es crema en aquestes centrals, és energia que no prové dels combustibles fòssils, els quals, malgrat tenir un menor cost de producció i ser més eficients energèticament, són una font no renovable i importantíssima emissora de gasos contaminants i d'efecte hivernacle a l'atmosfera.

Tot i això, la implantació de les centrals de biomassa a Catalunya (o a l'estat espanyol) actualment, encara **suposa alguns problemes**.

El tipus de bosc que existent en la zona es caracteritza per unes baixes taxes de creixement. En el cas que en busca d'un major rendiment econòmic s'explotés en excés el bosc, **es podria donar un esgotament del recurs forestal**, amb les conseqüents repercussions ambientals i econòmiques que això suposa.

Actualment, la major part de la biomassa que s'utilitza amb finalitats energètiques, s'explota mitjançant mètodes tradicionals, poc eficients i poc productius. D'aquesta manera, **el recurs esdevé infra-aprofitat**.

A més, **existeix el risc de creure que el balanç d'entrades i sortides de CO₂ del sistema és zero**. És a dir, el CO₂ que s'emet fruit de la combustió és el mateix que la pròpia biomassa ha emmagatzemat en vida. Diversos estudis desmenteixen tal qüestió. L'error que es produeix és fer un balanç tant sols entre la fixació de CO₂ de la planta en vida i el CO₂ que es desprèn quan aquesta es crema, sense tenir en compte molts altres factors, com per exemple, **la quantitat de combustible fòssil que es crema per dur a terme la tala**, o el fet que cada planta tallada esdevé una menor aportació de materials al sòl, així com l'acceleració dels processos edàfics de respiració que suposa la tala (Figura 17).

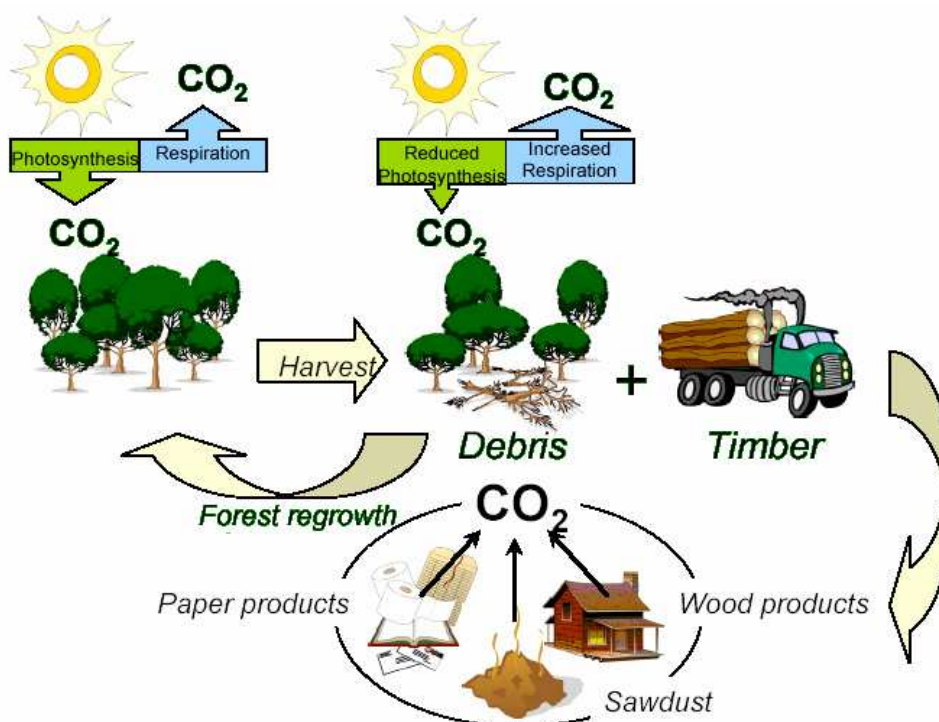


Fig. 17: Esquema entrades i sortides de carboni associades a la tala

Es fa evident doncs, que la modificació de les condicions ambientals, i les tasques de preparació del terreny, alteren la dinàmica del carboni en els terrenys forestals. Això provoca un augment de l'activitat microbiana, amb el consegüent efecte sobre la descomposició i les emissions de CO₂ a l'atmosfera.

“Durant la gestió, tala i transport de plantacions normals, s'utilitzen quantitats de combustible fòssil que desprenen CO₂ a la atmosfera. Durant aquestes operacions es desprenen 3,3 tones de carboni per hectàrea. El processament d'aquesta fusta és el que requereix major part de l' energia, que té com a resultat almenys 27 tones de carboni per hectàrea (sense tenir en compte la respiració del sòl)” (Justin B. Ford – Robertson, 1995).

7.3 Conclusions:

El *Plan de Fomento de la Energías Renovables en Espanya* preveu un augment de l'energia provinent de la biomassa en 6.000.000 tones equivalents de petroli, repartits entre biomassa residual i cultius energètics. Aquestes previsions fan pensar en els recursos forestals com una font d'energia per a les centrals de biomassa.

Aquestes previsions suposen una contradicció amb la tendència a nivell internacional d'entendre els boscos com a embornals de carboni, i no com a font de combustible, a més de que **són motivades per l'erroni supòsit teòric de que el balanç de carboni és nul.**

S'hauria d'estudiar si totes les emissions que s'estalvien per la no utilització de combustibles fòssils són més grans que les emissions produïdes per l'augment dels processos de respiració del sòl (fenomen que confereix caràcter negatiu al balanç), per a una producció d'energia constant. Si aquest extrem fos confirmat, les centrals de biomassa alimentades amb material forestal es podrien considerar una mitigació de la problemàtica de l'excés d'emissions de GEH. Tot i això, com s'ha pogut veure en els resultats del capítol anterior, **les explotacions forestals mediterrànies es poden comportar com a font de carboni, i no com a embornals, pel que en aquests casos la implementació d'aquest tipus de centrals només esdevindria un agarbant de la situació.**

Per tots aquests motius es fa molt difícil pensar en la tala de boscos com una font d'energia sostenible, almenys a la Península Ibèrica. És força més factible però, pensar en els residus de la indústria fustaniera o part de major grandària de les tales sanitàries com a una **font d'ingressos secundària per a l'explotador privat**, i com a una aportació també secundària per a aquestes centrals.

8.CUSTÒDIA DEL TERRITORI I ELS DRETS DE TALA

8.1 Definició i orígens:

Una de les opcions de gestió del territori amb més incidència a Catalunya són les iniciatives privades de gestió, com per exemple la custòdia del territori. Per aquesta s'entén la filosofia que es concreta en un **conjunt d'estratègies i tècniques que intenten generar la responsabilitat de propietaris i usuaris del territori en la conservació dels seus valors naturals, culturals i paisatgístics i en l'ús responsable dels seus recursos.**

La custòdia del territori (*Land Stewardship*, en anglès) té els seus orígens a finals dels segle passat a Nord-Amèrica i a països del nord d'Europa, on aquesta filosofia de protecció i gestió responsable dels recursos s'ha anat consolidant durant els anys 80 del segle XX. No és fins a finals dels anys 90 que a Catalunya i Balears (i en similar mesura a la resta de la península) varies entitats –moltes d'àmbit local– comencen a utilitzar estratègies de custòdia en els seus projectes de conservació. Cal destacar la constitució de dues fundacions amb clara vocació de promoure la custòdia del territori: la Fundació Natura (1997) i la Fundació Territori i Paisatge (1997).

Al mes de novembre de 2001, en la II Reunió de la Xarxa de Custòdia del Territori, a Planes de Son i Esterrí d'Àneu (Pallars Sobirà), 12 organitzacions presenten les seves iniciatives de custòdia i es discuteixen elements per fer de la Xarxa de Custòdia del Territori una entitat formal i amb base jurídica. Es constitueix formalment el 6 de març de 2003, inaugurant les seves oficines a la Universitat de Vic.

Però la definició de custòdia del territori que al nostre estudi ocupa és la que la defineix com el procediment d'acord voluntari entre un propietari i una entitat competent. Aquest acord es realitza en base a un dels diferents mecanismes possibles amb base jurídica. **L'element definitori de la custòdia del territori és l'acord de custòdia:** pacte verbal o escrit entre l'entitat de custòdia i la propietat privada d'una finca amb valors de conservació. L'acord permet a les entitats

participar directament en les decisions que afecten al territori a través de les persones que n'ostenten la propietat.

La Fundació Territori i Paisatge - Caixa Catalunya, la Fundació Josep Carol, la Bassa Roja, la Societat Espanyola d'Ornitologia, la Fundació Natura i el Projecte Rius són les entitats amb un major nombre d'acords i, entre les quatre, sumen el 79% del total. Tanmateix, el nombre creixent de petites entitats locals i comarcals està fent possible que la custòdia del territori s'estengui cada dia més arreu de Catalunya.

8.2 Com funciona la custòdia del territori?:

Els acords de custòdia poden obeir a objectius finals diferents, que es poden classificar en dos grans grups:

Acords on el propietari manté la gestió de la finca:

Les estipulacions d'aquests acords fixen uns termes de gestió i protecció coparticipativa que la propietat aplicarà, assessorada per l'entitat de custòdia. El paper de l'entitat és vetllar perquè es compleixin els termes de gestió estipulats mitjançant un contacte regular amb la propietat i un seguiment periòdic de la finca i els termes d'acord.

Acords on el propietari cedeix la gestió a l'entitat:

L'entitat passa a gestionar tota la finca o part en primera persona segons els objectius establerts. El més habitual és que l'entitat adquireixi la gestió per les fórmules de cessió o arrendament i, més rarament, usdefruit i adquisició de la propietat.

D'aquest últim grup destaca l'adquisició de drets reals. Es tracta d'un mecanisme jurídic que atribueix al seu titular un poder directe i immediat sobre un bé. Les entitats de custòdia estan interessades a obtenir drets reals per fer una gestió dels recursos (entenent com a recursos també els forestals) que assegurí la seva conservació. Entre aquests drets reals cal destacar l'usdefruit i les servituds.

Usdefruit:

Dret real que permet al seu titular, o usufructuari, aprofitar-se dels fruits d'un bé que és propietat d'un altre. Amb l'obligació de mantenir els caràcters substancials que defineixen aquest bé.

Servitud:

Dret que algú adquireix en la finca propietat d'una altra persona. Existeixen diferents tipus de servituds. La que a nosaltres ens interessa és la servitud personal o irregular. **Servitud personal o irregular** Servitud a favor d'una o diverses persones o d'una comunitat, per exemple una entitat de custòdia. Les servituds personals posseeixen un caràcter vitalici, es poden redimir (rescatar) i alhora són transmissibles. Poden establir-se a perpetuïtat o per un període de temps definit. El Codi Civil reconeix expressament com a servituds personals el dret a la pastura, de llenya i altres aprofitaments forestals. Amb algunes limitacions (fruits naturals o civils d'una finca, drets reals típics) la servitud personal pot proporcionar qualsevol utilitat parcial que una finca pugui proporcionar i, per tant, s'assemblaria al títol de conservació. A Catalunya aquest tipus de servitud no està prevista expressament, per tant, haurem d'entendre que només és aplicable per acord voluntari de les parts. La institució de la servitud personal podria esdevenir una eina útil per aconseguir que les propietats privades no talin els seus boscos, no dessequin les zones humides, o simplement, mantinguin les seves peculiaritats naturals sense alterar l'equilibri ecològic.

Un exemple d'aquest últim tipus de dret real podria ser El bosc de Puigforniu, un dels escassos boscos vells del país, que havia de ser tallat de manera immediata. Davant l'amenaça de la imminent tala d'un bosc de tan valor ecològic, la Fundació Natura ha comprat els seus drets de tala per a 25 anys. L'objectiu de la compra dels seus drets de tala fou evitar que es tallessin uns arbres centenaris i que es malmetés un ecosistema d'alt valor ecològic.

8.3 Consideracions pràctiques per a la gestió privada:

L'adquisició de drets de tala, i la custòdia del territori en general, s'estan mostrant en els últims anys com un **mecanisme molt eficient per a la conservació de boscos i altres paratges naturals**. Això és degut, principalment, a grans ONG's i fundacions privades, que tenen un enorme potencial econòmic, com per exemple la Fundació Territori i Paisatge, de Caixa de Catalunya.

Des de l'any 1992, quan es va aprovar el PEIN (Pla d'Espais d'Interès Natural), fins a dia d'avui, tant sols s'ha redactat un 30% dels 148 plans especials necessaris per fer efectiu aquest instrument de protecció. En front aquesta situació precària, **la intervenció de fundacions privades en matèria de gestió de boscos, i altres espais naturals esdevé fonamental**. A més, la diversificació de les entitats privades que hi participen fomenta una competència, no per augmentar els beneficis ja que les fundacions no tenen ànim de lucre, sinó per erigir-se capdavanteres en temes socials, i que no porta sinó a millorar cada nova iniciativa que es du a terme en aquest aspecte.

En vistes a la forta necessitat de reduir al màxim les emissions de gasos d'efecte hivernacle per part de l'Estat Espanyol, que actualment es troba lluny d'assolir els compromisos establerts, **aquesta podria ser una alternativa molt interessant a la de comprar milions de certificats d'emissió** en el mercat del carboni. Els boscos sota custòdia podrien esdevenir una font de creació d'Unitats d'Adsorció molt important que si bé no podrien entrar en el mercat pel caràcter social de la custòdia, sí **haurien de computar a l'hora de fer un balanç d'entrades i sortides de GEH**, de la mateixa manera que es computen les emissions difuses com els cotxes, focus importantíssim que no es pot regular mitjançant un PNA, destinat a empreses.

El mercat del carboni podria veure's afectat per una política com aquesta, en la mesura que la demanda de certificats d'emissió disminuiria, i amb ella el preu de les mateixes.

Pel que fa al mercat de la fusta a Catalunya, sembla lògic pensar que si prolifera molt l'alternativa d'adquirir drets de tala, cada cop quedaran menys boscos dedicats a l'explotació fustaniera. Aquesta disminució de l'oferta, podria causar un

augment del preu de la fusta catalana. Donat que ja hi ha varis països que venen la seva fusta al nostre país a preus molt per sota del que la poden vendre els nostres silvicultors, **la solució que es planteja més viable és la de distingir-se per la qualitat del producte, i sobretot, per la multifuncionalitat en l'explotació**, com el que es proposa en aquest estudi.

Per al propietari de la finca que ven els drets de tala, aquesta podria ser una opció força senzilla i eficaç per assegurar-se uns diners, així com la possibilitat de gaudir de tots els avantatges que implica ser el propietari d'un bosc en bon estat de conservació, sense tenir cap cost. Les contrapartides venen donades per les restriccions a nivell d'explotació privada que això suposa al propietari, i és que cal destacar que les cessions són efectives durant períodes relativament llargs, de 25 o 50 anys, fet que implica un clar immobilisme per al propietari.

Aquesta pràctica, doncs, es presenta molt aconsellable per a petits propietaris, que difícilment trauran un gran benefici de la seva explotació si la gestionen sols, i sobretot si es té en compte que no es considera rendible la explotació fustanera de parcel·les que no superen les 25ha d'extensió, degut a la baixa productivitat dels boscos mediterranis. De les gairebé 50.000 finques forestals, només unes 8.500 superen el llindar de les 25ha, el que pot donar idea de la necessitat d'iniciatives com un canvi de gestió encaminat cap a la multifuncionalitat o la opció que en aquest apartat es tracta: la custòdia del territori i els drets de tala.

9.GESTIÓ DE LA FUSTA MORTA I DEL SOTABOSC

9.1 Justificació:

Tota massa boscosa que es pugui qualificar de sana i ben equilibrada presenta una distribució poblacional ben organitzada, on cada individu que conforma la població disposa d'un espai vital mínim, necessari per tal de desenvolupar eficaçment les seves funcions i créixer adequadament. Aquests conceptes s'han tingut en compte en els resultats que s'han ofert en el capítol 6. Les simulacions que han servit per estimar les equacions al·lomètriques de creixement tant de la fusta com del flux de carboni, però, parteixen d'unes premisses molt concretes: **la mortalitat adquireix un valor del 1% i no s'ha tingut en compte el sotabosc.**

En el primer cas, **el percentatge d'arbres morts deixa de constar en el model per evitar que interfereixi en el creixement de la resta.** Així doncs, les aclarides de sanejament consten d'aquesta manera implícita en el model, tant pel que fa a l'equació de creixement com en els costos de manteniment. Pel que fa a l'emmagatzemament de carboni, però, **el carboni de la fusta morta no es comptabilitza.**

En el segon cas, **el sotabosc no es comptabilitza en l'esdevenir del bosc tot i que si hi computen els costos.** Aquestes limitacions són tractades en aquest apartat per poder observar com poden influir en la gestió proposada, i quin benefici en poden extreure tant l'explotador privat com el ciutadà.

9.2 Conceptes de gestió de la fusta no comercialitzable i del sotabosc:

Per tal d'aconseguir que un bosc presenti un òptim rendiment i per potenciar molt més el creixement dels arbres en alçada i volum de fulles i escorça, cal practicar una revisió periòdica del bosc i del sotabosc. Aquesta, si es realitza acuradament i per experts, incrementa la força i el poder de regeneració d'aquest i pot ajudar a esmoreir i fins i tot prevenir certs inconvenients associats als boscos. **El principal i més agressiu són els incendis forestals.**

El foc, sobretot en èpoques on l'abundància d'aigua és escassa i per tant els boscos pateixen més estrès hídric, evoluciona i va guanyant terreny i velocitat a mesura que va trobant combustible pel seu camí, fet que és dóna en el cas de

boscós mal gestionats o simplement no gestionats. Aquests es troben atapeïts de males herbes, matollars i petits arbrets i plàntules conformant un sotabosc dens i, que en cas d'incendi ajuda a incrementar la virulència de les flames degut a que són material altament combustible.

Per tal d'evitar aquest tipus de situacions i fer un pas endavant en la gestió de boscós, cal replantejar-se una sèrie de factors. Així doncs, **resulten imprescindibles la selecció de plançons, esporgues o poda baixa, la retirada de sotabosc i les aclarides de vegetació** (tales sanitàries i de millora), així com d'altres actuacions i estratègies com la planificació de tallafocs artificials o l'adequació de l'espècie *Pinus sylvestris* a la seva climatologia.

D'aquesta manera **es considera indispensable aplicar aquests programes de gestió en períodes determinats del torn de l'espècie**, d'uns 120 anys. La selecció de plançons es realitza en un període no superior a dos anys i les esporgues baixes un parell de cops en el torn de l'espècie. Els arbres malats o morts, que l'únic que fan és privar d'un espai vital molt necessari per tal de permetre un bon creixement dels altres exemplars, s'eliminen amb les tales sanitàries i de millora sempre que convingui.

El control de sotabosc s'ha de dur a terme principalment en els primers anys de la plantació en períodes de 2 anys. Algunes espècies són especialment sensibles a la competència interespecífica, pel que aquest tipus de gestió s'ha de dur a terme quan els tanys són joves. Un cop les espècies plantades ja han arrelat bé llavors la freqüència de control de sotabosc ha de ser més espaciada.

9.3 Què fer amb la fusta no comercialitzable?

A continuació es descriuen 5 possibles gestions de la fusta morta:

- ✚ El procediment més senzill és deixar la **fusta apilonada a terra** un cop tallada i abandonar-la al seu destí. Aquesta però és una mala opció ja que la combinació de gran quantitat de matèria orgànica amuntegada irregularment en un volum d'espai que permet la circulació d'una generosa quantitat d'oxigen entre ella, esdevé un element potencialment incendiari.

- ✚ La següent opció te molt a veure amb la primera. De fet **s'abandonarà la fusta en el sòl del bosc però prèviament es passarà per una màquina que la convertirà en estelles** de petita grandària. Així doncs aquesta fusta triturada tindrà la particularitat de fer més difícil o gairebé impossible el desenvolupament d'un foc, ja que el reduït volum i l'absència d'oxigen necessari entre el material així ho delimita.
- ✚ **Una altra opció és fer una sèrie de cremes controlades** en el bosc en qüestió. Actualment hi ha experts que gràcies a les noves tecnologies i coneixements que han adquirit són capaços de cremar puntualment només el que els interessa, és a dir, només el sotabosc, només les branques mortes, arbres puntuals que es troben rodejats per demés arbres, les copes dels arbres, etc. Aquesta tècnica, tot i estar actualment molt estesa i desenvolupada, és contradictòria amb la funció d'embornal dels boscos que es vol potenciar i explotar en la gestió que proposa el present estudi. Cremar fusta implica un despreniment de CO2 a l'atmosfera.



Imatge 1: Cremes controlades

- ✚ **Vendre les despulles de la fusta** que s'obté de la desbrossada és també una opció viable i actualment en creixent popularitat, com s'ha explicat en el capítol 7 concernent a les Centrals de Biomassa. Les virtuts i defectes d'aquesta opció s'han detallat en el corresponent apartat.
- ✚ **Enterrar la fusta en el sòl perquè es vagi descomponent progressivament** també seria una altra possibilitat d'actuació concordant amb la funció d'embornal dels boscos ja que el carboni es retindria en ell. Aquesta tasca però esdevé exageradament intrusiva en el medi, i podria desestructurar els horitzons del sòl. A més s'hauria de valorar si surt rentable econòmicament i fer un càlcul per tal d'estimar el temps que necessita la matèria orgànica per descompondre's, tot depenent del tipus de sòl, clima, pluviometria, etc.

9.4 Què fer amb el sotabosc?

A continuació es descriuen 4 possibles gestions del sotabosc:

- ✚ Una opció és **mantenir la coberta vegetal principal**. D'aquesta manera la llum no pot penetrar fins els nivells més baixos i per tant les espècies arbustives que formen el sotabosc no tenen la possibilitat de germinar. Per aquest tipus de gestió del sotabosc cal que el procés de tala sigui fet amb l'estratègia de mantenir la densitat de la coberta vegetal principal. Normalment es tallaran arbres joves que es troben en nivells de desenvolupament inferiors.
Si es pretén ampliar al màxim el temps de retenció del carboni en forma de fusta, aquesta tècnica és molt indicada, ja que es procura tallar arbres joves i conservar arbres més alts i amb més coberta vegetal. Per tant al mateix moment que es mira de gestionar el sotabosc s'està ampliant el període de retenció de carboni.
- ✚ **Una altra mètode per controlar el sotabosc és a partir de procediments mecànics**. Aquest mètode té l'avantatge que és net, ràpid, fàcil i eficaç però des d'un punt de vista ecològic és molt discutible. Aquests implica un cost força alt pel propietari de la finca. A més les restes s'han d'extreure i això

comporta problemes per pèrdues de la capa de virosta i d'intrusió excessivament invasiva. Normalment es fa servir per fer una neteja de les vores dels camins i en punts molt concrets d'accés fàcil. Les eines que s'utilitzen per portar a terme aquest tipus de neteges, a més, funcionen mitjançant el consum de combustibles fòssils.

✚ **Els focs controlats com s'ha comentat en la part de gestió de fusta morta és una tècnica que no ofereix perill immediat, és molt econòmica i efectiva.** Però aquesta tècnica pot estimular el creixement d'espècies rebrotadores. Per aquest motiu si s'aplica habitualment després cal repetir-la cada 4 o 9 anys segons les condicions de la finca. A més, **aquest mètode té associat l'alliberació de grans quantitats de CO₂ a l'atmosfera.**

✚ **Una altra fórmula de control de sotabosc que es pot fer servir és l'ús de la ramaderia.** Els herbívors poden mantenir controlat el sotabosc. Això però també té els seus inconvenients de cares a la conservació d'algunes espècies, ja que els herbívors solen tenir comportaments selectius en relació a la seva alimentació. Es preferible introduir herbívors salvatges, ja que aquests no són tant selectius. Un exemple és la cabra salvatge, el mufló, el cérvol, la daina i el cabirol. Les espècies d'herbívors domèstiques com l'ase català i la cabra també fan bé aquesta funció però cal tenir-los ben controlats per evitar una sobrecàrrega ramadera que seria negativa per la conservació del bosc.

9.5 Consideracions finals:

La gestió del sotabosc i de la fusta morta és important per la bona salut del bosc, prevenció d'incendis, etc. Gestionar adequadament el sotabosc i la fusta morta pot comportar una sèrie d'avantatges tant per l'explotador privat com per a la societat en general.

Si bé des d'un punt de vista de l'emmagatzemament de carboni, el deixar créixer el sotabosc i no efectuar desbrossades o tales de millora, habitualment podria resultar productiu per la producció de RMU's, aquest tipus de gestió comporta seriosos riscos d'incendi. La gestió del sotabosc i de la fusta no comercialitzable té

entre d'altres objectius prevenir el risc d'aquests, de conseqüències fatals per, entre d'altres qüestions, l'alliberació sobtada i massiva de GEH.

S'ha arribat a la conclusió que la gestió més coherent amb les bases d'aquest projecte és el mètode d'estellar les restes de fusta i sotabosc i escampar-les per la superfície del sòl. Aquest mètode implica una certa productivitat de RMU's no contemplada en els resultats analítics, tot i que sí s'han tingut en compte els costos associats a aquest tipus de pràctiques de manteniment forestal. D'aquesta manera una part important del carboni retingut en la fusta es fixa en la superfície del sòl, augmentant la capacitat d'embornal dels boscos. L'altre es respira en el procés d'estellament.

Aquest carboni roman en un període superior que en les demés tipologies de gestió esmentades abans. També s'aconsegueix un augment del gruix de la capa de virosta, el que ajuda a mantenir més estables les condicions ambientals de la superfície del sòl.

Aquest procediment té un inconvenient logístic, i es que aquest **tipus de gestió només és factible per a residus forestals menors de 7 cm.** de diàmetre, el límit de l'estelladora. Per aquesta altra resta de material, s'hauria de buscar una gestió alternativa. **L'opció de vendre-la a Centrals de Biomassa** és una opció rendible per al propietari privat, si bé aquesta sortida segurament **modificaria l'òptim determinat en el capítol de resultats**, ja que s'hauria de tenir en compte un tercer input a més de la venda de fusta i l'emmagatzemament de carboni. Els inconvenients i avantatges d'aquest tipus de gestió han estat tractats en el capítol 7 del present document.


10.LOCALITZACIÓ ESPAIAL DE LES TALES


10.1 Introducció i breus conceptes sobre silvicultura:


El model econòmic que s'ha utilitzat es basa en una variable estructural que reflexa les característiques individuals dels arbres. Característiques com l'edat o més específicament el diàmetre. A més, aquest model econòmic incorpora una gestió que ha tingut en compte les funcions d'embornal de carboni dels boscos. D'altra banda, aquest model no permet la localització espacial de la tala, ja que incorporar la variable de la situació exacta de cada arbre complicaria en excés el model, i seria inviable. Per tant, el model és una simplificació de la realitat, assumeix que tots els individus tenen les mateixes condicions ambientals i la mateixa quantitat d'espai. És per això que, **per una millor gestió forestal, seria aconsellable determinar estratègies de tala**, que s'exposen en aquest capítol.

En primer lloc, és important introduir breus conceptes de silvicultura. La silvicultura és la ciència que s'encarrega de tractar els boscos i encaminar-los cap a determinades estructures. Quan es pretén explotar els recursos d'un bosc ja sigui fusta o qualsevol altre recurs es pot treballar amb una estratègia definida que garanteixi la sostenibilitat del bosc. Com a mínim s'ha de procurar garantir el manteniment, no malmetre el bosc i si és possible millorar-lo. Per portar a terme aquest tipus de gestió hi ha diferents mètodes silvícoles.

Les tales de regeneració tenen la finalitat de promoure la regeneració del bosc, organitzar la massa boscosa segons les formes principals de massa coetània, regular, semirregular i irregular i obtenir productes. Aquestes tales a més a més es classifiquen en:

-  *Tales de fet:* Mantenen o condueixen a la massa coetània.

-  *Tales per aclarides successives:* Mantenen masses regulars, semiregulars o fins i tot irregulars amb tres classes d'edat.

-  *Tales selectives:* Mantenen o condueixen a la massa irregular ideal.

També existeixen les tales de millora. La finalitat d'aquestes és dosificar la competència interespecífica i obtenir productes. Les tales de millora també s'anomenen aclarides. Pertanyen a aquest tipus de tales les que tenen per objectiu eliminar arbres malalts, desbrossar, etc. Però quan les tales de millora fan variar la forma principal de massa boscosa, es denominen transformacions (per exemple si un bosc irregular es tala fins esdevenir regular).

Un altre tipus de tractament és la poda i l'esporga baixa dels arbres. Aquesta pretén eliminar branques amb objectius variats, com poden ser netejar el bosc per millorar-ne l'accessibilitat i al mateix temps la defensa contra incendis. També augmenten el rendiment en la producció de fusta dels arbres.

Finalment tenim els tractaments sobre el sotabosc. Aquests tenen bàsicament dos objectius. Ajuden a la regeneració natural o artificial i milloren les condicions dels arbres que hi ha a la zona tractada. Tant el concepte sotabosc com la poda han estat tractats en més profunditat en el capítol de gestió de fusta morta i gestió del sotabosc.

10.2 L'elecció de les zones de tala:

Les tales des d'un punt de vista silvícola han de permetre el correcte desenvolupament d'una massa boscosa. L'elecció correcta de les zones a talar ha de basar-se en els conceptes culturals i el correcte ordre d'importància. A continuació es detallen per ordre d'importància les diferents decisions a prendre:

- ✚ L'eliminació dels arbres sobrants ha de realitzar-se en una única tala per minimitzar danys.
- ✚ Les tales de renovació en finques de baixa producció tenen com a objectiu final un bosc de baixa densitat i l'eliminació d'arbres defectuosos o fets malbé. Aquest punt es tracta en profunditat en el capítol de gestió de fusta morta.
- ✚ La primera desbrossada d'un bosc permet assegurar el seu bon desenvolupament. Aquest punt es pot veure desenvolupat en el capítol de gestió de sotabosc.

- ✚ En un bosc on les llavors no han germinat és important accelerar la tala tant com sigui possible.
- ✚ Les operacions de tala final d'un bosc es realitzaran sempre després d'haver dut a terme els treballs anteriorment mencionats.

La localització de les zones a talar ha de ser funció dels treballs a realitzar i de la infraestructura local per al transport, essent també important l'elecció de l'època de l'any per realitzar la tala. Les zones de tala selectiva han de ser contínues de manera que els arbres talats es puguin extreure seguint els següents punts:

- ✚ Seguint una direcció principal.
- ✚ Apilant-los juntament en una via de transport.
- ✚ Col·locant-los en un mateix punt.
- ✚ Utilitzant la mateixa maquinària.
- ✚ En les mateixes dates.

Un altre aspecte que a tenir en compte és la senyalització dels límits de la zona de tallada, és important que coincideixin amb els límits naturals del territori. En general es deixaran sense assenyalar terrenys rocosos de difícil repoblació com són límits de carreteres, platges, marges de rius, zones d'interès cinegètic, etc...

Una part molt important de les estratègies de tala van dirigides a reduir la vulnerabilitat del bosc a patir incendis. Això es pot aconseguir modificant la distribució dels materials combustibles amb la **creació de discontinuïtats verticals i horitzontals**. Aquestes discontinuïtats tenen com a objectiu dificultar l'inici d'un foc i aconseguir una reducció important de la seva propagació un cop s'han iniciat. Aquest tipus de gestió s'ha de preveure tan a nivell de rodal com a nivell de massís muntanyós.

A nivell de rodal l'estructura ideal del bosc davant d'incendis es caracteritza per individus de capçades aixecades, sense branques baixes i per un tancament de la coberta principal per permetre el control del sotabosc. En una finca boscosa irregular **una bona selecció d'individus que facilitin un ràpid recobriment del sòl i l'obtenció de peus amb un tronc ben format**, dóna lloc a una estructura arbòria més

resistent a un incendi que el sistema regular que s'utilitza a la majoria de boscos mediterranis.

Tot i que és important la presència d'una gran densitat d'arbres, convé destacar que en aquells boscos amb una densitat arbòria desorbitada, es provoca un estancament del desenvolupament del bosc i es produeix un perill latent d'incendi.

No cal oblidar però, que els boscos nets de sotabosc també tenen risc de cremar i per tant cal fer una gestió preventiva també a nivell de massís muntanyós. **És molt convenient compartimentar els massissos en superfícies més petites amb l'objectiu de limitar la superfície cremada en cada pas del foc.** És també una decisió prioritària aprofitar la diversitat del paisatge mediterrani per aconseguir aquesta compartimentació; cal intercalar finques boscoses amb conreus, pastures, boscos de ribera, etc. S'ha de buscar l'equilibri entre aquests paisatges valorant els diferents interessos econòmics, recreatius, paisatgístics, culturals.

A nivell de rodal i en zones on les condicions ho **permetin és important aconseguir una disposició dels arbres en forma de mosaic.** En cas de parcel·les irregulars, amb edats diferents, la pròpia heterogeneïtat ajuda a frenar el moviment del foc.

Els tallafocs també poden ser complements amb la funció de compartimentar el paisatge i fer de barrera davant possibles incendis. Per tant en el moment de fer una tala es tindrà en compte aquest concepte i es tallarà amb estratègia creant nous tallafocs. Les dimensions i la forma del tallafoc dependran de l'estratègia i els objectius específics del tallafoc. Cal vigilar molt amb tallafocs no arbrats situats en carenes, doncs durant l'incendi no seran normalment ocupades pels bombers. Tampoc és convenient fer tallafocs no arbrats en zones de màxim pendent, ja que al no haver-hi vegetació l'erosió del terreny és contundent i ràpida. La creació d'un tallafoc arbrat ajuda a controlar la resposta del sotabosc i actua com una cortina que fa de barrera contra espurnes. Aquesta opció de tallafoc arbrat és una opció molt vàlida i que s'ajusta molt i pot treballar amb concordança amb els objectius de Tala selectiva que es proposa en el present estudi.. Però per a un propietari d'una finca és important saber que **un tallafoc és una operació cara i que el seu manteniment és costós.**

11.DISCUSSIÓ

11.1 Conclusions part analítica:

Per analitzar l'efecte d'integrar l'emmagatzemament de carboni com a input en la gestió forestal de masses permanents, s'ha constituït un model bioeconòmic. Aquest model incorpora una funció de creixement de la productivitat de carboni en un bosc de *Pinus sylvestris*. També s'han tingut en compte aspectes clau com la competència entre individus de la mateixa espècie, l'efecte de la tala en els processos d'humificació i mineralització del sòl, o el diferent vida útil que tenen els productes fustaners segons sigui el seu destí. Aquest model no ha presentat cap problema computacional.

El model proposat no només determina el règim de tala i plantació òptims d'acord a una sèrie de premisses, sinó que ajuda a entendre els conflictes i interaccions entre els diferents objectius considerats en l'anàlisi. **Aquest tipus d'eines analítiques poden considerar-se com una base sòlida per determinar estratègies de maneig forestal dins d'un marc d'ús múltiple i sostenible.**

Els resultats han estat tractats per realitzar una comparativa entre les quatre parcel·les de les quals es parteix. Aquestes parcel·les han estat escollides per veure la sensibilitat dels resultats respecte de l'àrea basal inicial. I també per veure la diferent evolució de les gestions òptimes de parcel·les amb distribucions diamètriques eminentment joves (plantacions 2 i 3) respecte de distribucions relativament madures (plantacions 1 i 4). El preu de compraventa de RMU's que s'ha fixat en aquesta comparativa és de 25 €/t.

Les dades mostren una gran sensibilitat a l'àrea basal inicial de la parcel·la. En els dos rodals d'àrea basal més elevada, els beneficis han estat superiors en els 310 anys d'estudi. La parcel·la 3, de densitats menors (1,76 m²/ha), és l'única que té pèrdues. Donat que la parcel·la 2 (1,99 m²/ha) ja té beneficis, es pot deduir que, en aquestes condicions, l'àrea basal inicial mínima per obtenir beneficis està entre aquests dos valors. Això és degut a que al haver més arbres per talar, els rodals de més densitat poden obtenir una rendibilitat major en menor temps. La parcel·la 1 obté els primers beneficis als 20 anys de l'inici de l'explotació (534, 86

euros/ha), mentre que la parcel·la 2 ha d'esperar 10 anys més per obtenir uns beneficis menors (244, 86 euros/ha).

De fet, aquesta és una idea molt intuïtiva, doncs si es parteix de la base que el torn de *Pinus sylvestris* ronda els 120 anys, es pot entendre l'avantatge temporal que significa partir de densitats majors.

El nombre de peus al qual es tendeix és, però, independent de la distribució diamètrica inicial de la parcel·la. Aquesta és una dada important, ja que demostra que **la gestió òptima, donades unes condicions inicials, és només una. Es tendeix a buscar una estructura poblacional i una densitat amb la que es puguin obtenir uns beneficis nets més elevats**, independentment de les condicions estructurals de les quals es parteix. Així doncs, el nombre de peus, al cap de 310 anys, en les 4 parcel·les és molt pròxima als 960.

Aquest fet té relació amb la disparitat de beneficis obtinguts en tant que, si bé el camí de la gestió òptima és només una, les condicions inicials fan que arribar a obtenir ingressos sigui més o menys lent. **El camí seguit per arribar a una estructura adequada influeix en la rendibilitat.** Si es comptabilitzessin els ingressos dels següents 300 anys aquests obtindrien valors molt similars, ja que partirien d'un nombre d'arbres i d'una densitat semblants.

En la Figura 9 s'ha observat que **el diàmetre mitjà dels arbres també tendeix a estabilitzar-se.** En aquest gràfic es pot observar perfectament el desfasament d'aquest estadístic en les parcel·les 2 i 3 respecte les 1 i 4.

L'altra comparativa realitzada és un anàlisi de sensibilitat entre diferents preus de compraventa de RMU's en una mateixa plantació. En aquest cas és la parcel·la 1. S'han escollit valors de 0, 5, 10, 15, 20, 25 i 30 euros.

S'ha vist que **el benefici de la fusta i el benefici descomptat del carboni augmenta a mesura que augmenta el preu del carboni.** Per tant, també augmenten els beneficis totals. L'emmagatzemament del carboni també és directament proporcional al seu preu en el mercat. Així com també ho són els costos de manteniment i de plantació. Tot i que el benefici obtinguts al llarg dels 310 anys per la venda de RMU's és negatiu, aquest valor descomptat esdevé positiu. Això és perquè **la taxa de descompte (que en el projecte s'ha estimat del 2%), dona menys pes als valors més allunyats del període inicial.** Observar que els primers valors (major pes específic) són positius, i que els darrers (amb menor rellevància) tenen signe negatiu.

També s'ha observat que **el nombre de peus al cap de 310 anys augmenta amb el preu del carboni**. Ara bé, malgrat que hi hagi més arbres, no s'aconsegueix tendir cap a una distribució de bosc més madur, entenent com a tal arbres de major diàmetre. Això és perquè el model no busca el suposat "clímax ecològic", sinó que busca una estructura estable que permeti a l'explotador privat tenir una alta productivitat (arbres relativament joves), alhora que fixa més carboni (major nombre de peus).

És molt remarcable que les dues parcel·les amb àrea basal més petita acabin comportant-se com a embornals de carboni; mentre que **les dues plantacions amb àrea basal més gran acaben actuant com a fonts**. Aquest fet es dona perquè les parcel·les que tenen distribucions eminentment joves creixen molt més ràpid i accepten que es plantin més individus a la parcel·la, mentre que les altres dues, amb distribucions més madures, requereixen més tallades en els primers anys d'explotació. **Aquest fenomen es pot atribuir a la competència intraespecífica**. La gestió òptima dels rodals amb molta competència tendirà a disminuir-la tallant els arbres de major diàmetre. Els rodals que tenen majoria de peus de petit diàmetre, no tenen quasi competència, pel que els arbres tenen una productivitat major i és més viable plantar-ne de nous.

Que la parcel·la 1 i la parcel·la 4, hagin resultat comportar-se com a fonts de carboni, contrasta amb la definició de bosc com a embornal de carboni. Una teoria que recolza aquesta possibilitat és la que es basa en conclusions extreïdes a partir del programa de simulació biofísica GOTILWA. Aquesta teoria, defensada pel CREAM, prediu que l'augment de les temperatures provocat pel canvi climàtic farà que, en un parell de dècades, l'estrès hídric provoqui que els nostres boscos passin d'embornals de carboni a comportar-se com a fonts emissores. Per tant, els resultats indiquen que en el context d'explotacions forestals de *Pinus sylvestris* al Pont de Suert, aquesta teoria aquesta teoria és ja una realitat. Així doncs, és probable que ens trobem davant d'un dels problemes més importants derivats del canvi climàtic.

Dels resultats s'extreu que **resulta més beneficiós per a l'explotador privat participar en el mercat del carboni, que no dedicar-se exclusivament a l'explotació**

de la fusta, tot i que cal destacar l'evidència de **la poca rendibilitat que s'obté de l'explotació d'aquest tipus de boscos.**

Altrament, si es té en compte que en aquests tipus de plantacions és habitual basar la repoblació en la reproducció pròpia del pi, ja sigui de rebrot o de llavor, i que el model utilitzat per fer l'estudi econòmic només ha considerat la reproducció del pi com una variable plantació $p(t, l_0)$ de control externa, amb tots els costos que això comporta, **es pot afirmar que el marge de benefici podria ser superior als resultats obtinguts.**

Un altre factor que no s'ha tingut en compte en el model és **el carboni de l'1% de la fusta morta dels boscos i el sotabosc.** La *Good Practice Guidance for LULUCF*, de l'IPCC estableix mesures que sí tenen en compte el destí del carboni d'aquest tipus de fusta a l'hora de fer els balanços de carboni. Per tant, seguint els plantejaments exposats en el capítol 9, **el propietari podria extreure un altre rendiment addicional en quan a RMU's.**

11.2 Què s'aconsegueix amb la gestió òptima basada en tallades selectives?

Tot i que les dades de captura de carboni en boscos catalans no sembla que hagin de solucionar el problema del escalfament global, el cert és que aquest intent de mitigar les emissions està rebent un interès creixent per part de la societat, el que condueix a la necessitat de desenvolupar models que puguin integrar aquest objectiu en la gestió forestal. De fet, malgrat les limitacions recollides en la CP celebrada a Marrakech sobre el paper de la gestió forestal com a instrument que millori la fixació de carboni atmosfèric, el marge que disposa Espanya és ampli i res no justifica que es refusi o minimitzi aquesta via com una possibilitat real de disminuir les concentracions de CO₂ a l'atmosfera.

És important destacar el paper que juga la tala selectiva en el model de gestió que es proposa. **Avui dia, la majoria d'ecosistemes forestals que exploten la seva fusta ja fan servir un règim de tala selectiva.** L'ús de tals selectives potencia el desenvolupament d'exemplars de diàmetre gran, elimina la competència

interespecífica fent que cada individu pugui aprofitar millor els aliments del subsòl i l'energia del sol per tal de ser més resistents a les adversitats ambientals, etc.

Tots aquests factors fan que els exemplars puguin produir més volum de fusta amb grans diàmetres i de més bona qualitat, amb la consegüent acumulació de més quantitat de carboni i la possibilitat de ser venuts com a fusta de qualitat. És evident també, que **el règim de tala selectiva és el tipus de gestió més indicada per implementar la producció de RMU's.**

A més, l'òptim proposat té la bondat de donar com a resultat un bosc gestionat. A més de la gran varietat de productes que pot oferir (fusta, bolets, suro,...), un bosc ben gestionat implica gran quantitat d'avantatges associats al seu bon funcionament. Ja sigui a nivell ambiental, com la protecció contra inundacions, devessalls de neu, esfondraments, de fixació del sòl i regulació i fixació de CO₂ i O₂, com també a nivell social, doncs de tots és sabut el valor paisatgístic, d'amenitat i d'inspiració que tenen els boscos. Així doncs, es conclou que **una gestió eficient i multifuncional dels boscos pot assegurar una major conservació de la terra i una millor qualitat de vida per als humans.**

11.3 Què pot aportar el present estudi als certificats forestals?

Un dels instruments dels que es disposa actualment per garantir una bona gestió dels boscos són els segells, o certificats de qualitat ecològica i de gestió. La certificació és bàsicament un procés d'avaluació al que es sotmet de forma voluntària una unitat de gestió o empresa forestal, i que és realitzat per una tercera part independent (entitat certificadora), a través d'auditories de camp i consultes amb tots els implicats.

Aquest procés finalitza amb una declaració escrita o un certificat, que finalment garanteix al consumidor que els productes forestals certificats procedeixen de boscos aprofitats de manera racional, d'acord a uns estàndards internacionals que contemplen aspectes ambientals, socials i econòmics. Els dos certificats de qualitat que hom pot obtenir a Catalunya són el PEFC i el FSC.

Malgrat que els certificats de qualitat requereixen una planificació sostenible de la tala, no parlen específicament de tala selectiva. Tot i això, aquest estudi aposta per una localització espacial de les tales adequada a cada cas, com ja s'ha explicat. És per aquest motiu que **es creu totalment necessari que es revisin les condicions dels certificats de qualitat per exigir la tala selectiva.**

Tot i que el criteri 1 del certificat PEFC resi “Manteniment i millora dels recursos forestals i la seva contribució als cicles globals de carboni”, **ni aquest ni el FSC especifiquen de cap manera la contribució que han de tenir els boscos en la fixació de CO₂** i, encara menys parlen del paper que aquests poden desenvolupar en el mercat del carboni. **Seria important doncs, que també es produís una iniciativa en aquest sentit** per part dels certificats de qualitat que han de garantir el bon funcionament dels ecosistemes forestals, especialment a l'hora de contribuir a l'assoliment dels objectius marcats pel PK.

El segell de qualitat FSC incideix en la destinació de la fusta extreta de les explotacions. Ho fa, però, d'una manera molt vaga i **no específica el percentatge mínim de productes de llarga vida útil a la que han de destinar la fusta per obtenir una certificació.** Aquest límit s'hauria de determinar segons espècie i segons regió, per incentivar l'augment de productes d'aquest tipus. En el model s'ha especificat un percentatge del 10%, el carboni del qual s'allibera a l'atmosfera en 100 anys. Els productes de curta vida, tals com palets, palots, pasta de paper,..., que conformen el 90% de la producció restant, alliberen el seu carboni en tant sols 10 anys. Aquests percentatges donen idea del que es fa avui en dia amb *Pinus sylvestris*. Tanmateix, aquests haurien de ser més elevats de cares a complir amb les directrius del PK, pel **que seria útil que aquest punt estigués ben regulat pels segells de qualitat**, i que aquest fora ambicions en aquest sentit.

Una alternativa al canvi de gestió dels sistemes forestals regulat per l'article 3.4 del PK és la recent instauració i funcionament de les centrals de biomassa. Aquestes utilitzen com a combustible, entre d'altres, material forestal no comercialitzable. Aquesta proposta, a més de no resultar coherent amb la tendència internacional de considerar als boscos com a embornal de carboni, està fonamentada en la premissa errònia de que el balanç d'entrades i sortides de carboni és zero. Això es

degut a que no es consideren l'augment dels processos de mineralització edàfica després de la tala, ni el combustible fòssil emprat en aquesta activitat.

D'aquesta manera, per saber si aquestes centrals alimentades amb recursos forestals són sostenibles, **s'hauria d'estudiar si totes les emissions que s'estalvien per la no utilització de combustibles fòssils són més grans que les emissions produïdes per l'augment dels processos de respiració del sòl** (fenomen que confereix caràcter negatiu al balanç), **per a una producció d'energia constant**. Si aquest extrem fos confirmat, les centrals de biomassa alimentades amb material forestal es podrien considerar una mitigació de la problemàtica de l'excés d'emissions de GEH. Aquest tema esdevé molt delicat, però, quan es recorda que els resultats indiquen que dues de les quatre parcel·les ja es comporten com a fonts de carboni **pel que en aquests casos la implementació d'aquest tipus de centrals només significaria un agarbant de la situació**.

Des del punt de vista privat, la venda de material per a la producció d'energia **resulta una opció lògica quan aquest no pot ser desbrossat, i per tant utilitzat en la producció de RMU's, degut al seu gran diàmetre**. Aquesta situació modificaria l'òptim determinat, ja que s'afegiria aquest nou rendiment als inputs d'emmagatzematge de carboni i producció de fusta. Aquest cas, però, no ha estat estudiat.

11.4 Què ens depara el futur?

Com ja s'ha anat explicant, a part de la baixa taxa de creixement, un dels principals inconvenients per dur a terme una gestió apropiada, és la reduïda dimensió que presenten la majoria de les finques privades del nostre país (recordar que representen el 80% dels boscos catalans). Com s'ha pogut comprovar amb els resultats, els petits propietaris no poden suportar els costos de manteniment del bosc i es tendeix a no fer les gestions que caldrien.

Una solució a aquest problema podria ser que els boscos passessin a tenir una gestió pública. Ara bé, cal tenir en compte que l'administració, fins a dia d'avui, s'està mostrant ineficient a l'hora de gestionar i protegir els espais naturals. Un clar exemple és el retard amb el qual s'està portant a la pràctica la implantació del PEIN.

Una altra opció que es presenta molt viable és intentar que els boscos poc rendibles s'adhereixin a la Xarxa de Custòdia del Territori. D'aquesta manera, el propietari de la finca que cedeix la gestió del seu bosc (drets de tala) pot assegurar-se uns diners, així com la possibilitat de gaudir de tots els avantatges que implica ser el propietari d'un bosc en bon estat de conservació, i evidentment sense tenir cap cost.

Aquest tipus de gestió també resulta interessant des del punt de vista social, ja que la gestió que s'hi realitza durant un període de 25 ó 50 anys vetlla pel bon estat de salut dels arbres i la seva conservació. En aquest temps la retenció del carboni resulta major i més estable que si s'explota la fusta.

Tot i la impossibilitat de participar activament en el mercat del carboni per l'absència de finalitats lucratives i el caràcter social de la custòdia, **aquest carboni hauria de computar a l'hora de fer un balanç d'entrades i sortides de GEH a nivell estatal**, al igual que computen de manera negativa els focus d'emissió difusos com el que conforma el trànsit rodat. Mitjançant aquesta gestió a llarg termini, a més, s'assegura un augment considerable de la qualitat de la fusta dels arbres, els quals es revaloren, es potencia la vessant multifuncional del bosc, etc. Així doncs, **aquesta iniciativa de caràcter privat pot suposar una alternativa a la gestió pública**, que vetlli pels interessos socials.

Altrament, **el futur mercat del carboni encara és ben incert**. Primer, perquè encara no es sap com es durà a terme la implantació del mateix en relació als boscos; i segon perquè aquest tipus de mercats estan caracteritzats per les seves grans fluctuacions.

Al realitzar aquest estudi el preu del carboni va arribar a assolir pràcticament els 30 euros la tona (Març 2006), i la tendència era clarament a l'alça, doncs va arribar a augmentar més d'un 200% en 15 mesos. Actualment (Maig 2006) la tona de carboni no es paga a més d'11 euros al mercat internacional, i els preus continuen baixant precipitadament. Una davallada tant brusca dels preus era molt difícil de predir, sobretot perquè **encara no es coneix amb profunditat l'evolució de les corbes d'oferta i demanda d'aquest mercat tant nou**. Tanmateix, es creu que una de les causes principals és que els països amb restriccions han de fer balanç només al final de cada període, que tenen una duració de 4 anys. Durant els mateixos, a més, es permet "arrossegar" les unitats adquirides d'un any a l'altre.

Això significa que la demanda pot baixar en moments allunyats del final del període establert pel PK (quan s'ha de rendir comptes), és a dir, a finals del 2007, i per tant disminuir el preu de les unitats, tal com està succeint.

Pel que fa a la actual situació estatal, s'ha de evidenciar que **ja fa temps que Espanya està superant els límits imposats al PK: actualment està un 50% per sobre de l'any base, quan el límit és del 15%**. Aquest fet comporta, irremeiablement, que el govern central hagi de comprar una gran quantitat de EUA's. Seria útil que s'agilitessin iniciatives com la que proposen els articles 3.3 i 3.4 del PK (aforestació, reforestació i canvi de gestió), i que es regularitzés la manera en que els boscos poden produir RMU's.

En aquest sentit la gestió proposada no només pot tenir interès des del punt de vista econòmic de l'explotador privat, sinó que també **resulta econòmicament interessant per a l'administració**.

Així doncs, ens trobem davant d'un punt d'inflexió per als nostres ecosistemes forestals. És per aquest motiu que cal que tots els propietaris prenguin consciència de la importància de tenir un bosc ben gestionat i, ajudar així a pal·liar els efectes negatius que es podrien despendre del canvi climàtic i de la poca atenció que els nostres boscos han rebut en els últims temps.

Aquest projecte, no només ha proposat una gestió sostenible, sinó que també té l'esperança de servir com a **punt de partida per a altres treballs** que vulguin continuar analitzant les diferents possibilitats de gestió forestal, així com poder seguir explorant les potencialitats dels boscos catalans.

12. CONCLUSIONS

- ✚ S'ha pogut determinar la tala i plantació òptimes, basades en un règim de tala selectiva en 4 parcel·les de *Pinus sylvestris* del Pont de Suert.
- ✚ Les eines analítiques utilitzades poden considerar-se com una base sòlida per determinar estratègies de maneig forestal dins d'un marc d'ús múltiple i sostenible.
- ✚ Tres de les quatre parcel·les estudiades obtenen beneficis nets en els 310 anys d'explotació. En tots els casos és més rendible participar en el mercat del carboni, que no dedicar-se exclusivament a l'explotació de la fusta.
- ✚ Les 4 parcel·les tendeixen a una estructura diamètrica estable, i a una àrea basal també estable. Aquesta tendència és extensible a qualsevol distribució diamètrica inicial.
- ✚ El benefici de la fusta i el benefici descomptat del carboni augmenta a mesura que augmenta el preu del carboni, així com també el nombre de peus final.
- ✚ Els resultats mostren una gran sensibilitat a l'àrea basal inicial de la parcel·la. Les dues plantacions amb àrea basal més gran acaben actuant com a fonts.
- ✚ No existeix "balanç zero" de carboni a les centrals de biomassa. Aquestes poden resultar ser un agarbant de l'excés d'emissions de GEH en el cas en que el bosc es comporti com a font i no com a embornal. Tanmateix es perfilen com una opció lògica per aquella fusta que no pot ser desbrossada degut al seu gran diàmetre.
- ✚ La Xarxa de Custòdia del Territori es presenta com una alternativa viable i sostenible per a aquelles explotacions poc rendibles, degut a les seves reduïdes dimensions i a la baixa productivitat dels boscos mediterranis.

- ✚ És totalment necessari que es revisin les condicions dels certificats de qualitat; que haurien d'incorporar la tala selectiva, especificar la contribució que han de tenir els boscos en la fixació de CO₂, fixar un percentatge mínim de productes fustaners de llarga durada, i regular les restes de la fusta no comercialitzable i del sotabosc (que un cop estellades són un important input de carboni en el sòl).

- ✚ El futur del mercat del carboni encara és molt incert. A més, encara no està establert com funcionarà la producció i posterior compraventa de RMU's procedents de l'absorció de carboni en els boscos.

- ✚ La gestió forestal proposada hauria de ser un punt de partida per a futurs estudis sobre gestió sostenible, mercat del carboni, etc.

ANNEX i

En aquest annex es mostren les 4 fotografies aèries corresponents a les parcel·les estudiades. S'inclouen també llurs estructures diamètriques i àrees bassals.

L'escala original dels ortofotomapes d'on s'han extret les imatges és de 1:5000 i l'àrea que determina cada parcel·la (requadre vermell) correspon a 1 ha.



Fig.18: Parcel·la 1

Estructura Diamètrica:

Marca classe	Nº peus/ha
7,5	129,00
12,5	356,00
17,5	743,00
22,5	614,00
27,5	0,00
32,5	0,00

ÀREA BASSAL = 8,14 m²/ha



Fig.19: Parcel·la 2

✚ Estructura Diamètrica:

Marca classe	N° peus/ha
7,5	207,00
12,5	138,00
17,5	35,00
22,5	35,00
27,5	0,00
32,5	35,00

ÀREA BASSAL = 1,99 m²/ha

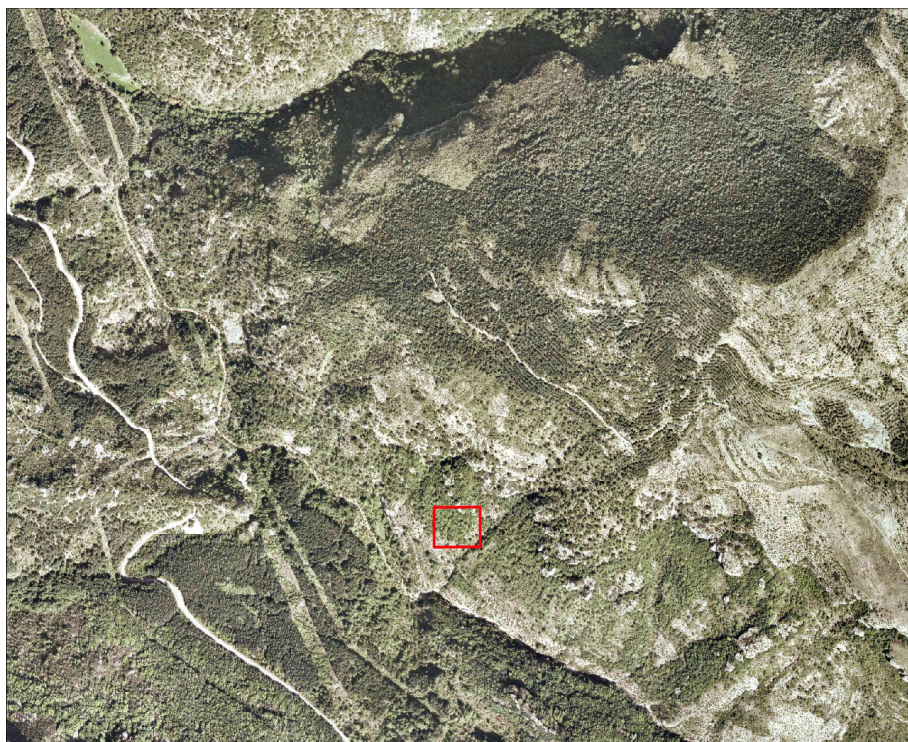


Fig.20: Parcel·la 3

✚ Estructura Diamètrica:

Marca classe	N° peus/ha
7,5	218,00
12,5	109,00
17,5	36,00
22,5	36,00
27,5	0,00
32,5	0,00

ÀREA BASSAL = 1,76 m²/ha



Fig. 21: Parcela 4

 Estructura Diamètrica:

Marca classe	Nº peus/ha
7,5	138,00
12,5	622,00
17,5	761,00
22,5	380,00
27,5	0,00
32,5	0,00

ÀREA BASSAL = 8,40 m²/ha

ANNEX II

En la següent llista es detallen els països inclosos en els Annexos I i II de les CP:

Annexos I i II del Conveni marc de les Nacions Unides sobre el canvi climàtic

ANNEX I

Alemanya
 Austràlia
 Àustria
 Bèlgica
 Bielorrússia*
 Bulgària*
 Canadà
 Comunitat Econòmica Europea
 Dinamarca
 Espanya
 Estats Units d'Amèrica
 Estònia*
 Federació Russa*
 Finlàndia
 França
 Grècia
 Hongria*
 Irlanda
 Islàndia
 Itàlia
 Japó
 Letònia*
 Lituània*
 Luxemburg
 Noruega
 Nova Zelanda
 Països Baixos
 Polònia*
 Portugal
 Regne Unit de la Gran Bretanya i Irlanda del Nord
 Romaniaa*
 Suècia
 Suïssa
 Turquia
 Txecoslovàquia*
 Ucraïna*

* Països que es troben en procés de transició cap a una economia de mercat.

ANNEX II

Alemanya
 Austràlia
 Àustria
 Bèlgica
 Bulgària*
 Canadà
 Comunitat Econòmica Europea
 Dinamarca
 Espanya
 Estats Units d'Amèrica
 Estònia*
 Federació Russa*
 Finlàndia
 França
 Grècia
 Irlanda
 Islàndia
 Itàlia
 Japó
 Luxemburg
 Noruega
 Nova Zelanda
 Països Baixos
 Portugal
 Regne Unit de la Gran Bretanya i Irlanda del Nord
 Suècia
 Suïssa
 Turquia

* Països que es troben en procés de transició cap a una economia de mercat

REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES

Articles:

Adams, D. and Ek, A., "Optimizing the management of uneven-aged forest stands," *Canadian Journal of Forest Research* 4 (1974), 274–287.

Álvarez, M., Barrio, M., Gorgoso, J., and Álvarez, J. (2003). Influencia de la competencia en el crecimiento en sección en *Pinus radiata* d. don, *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales*.

Brooke, A., Kendrick, D. and Meeraus, A., *GAMS: A User's Guide, release 2.25* (San Francisco: The Scientific Press, 1992)

Calvo, E. and Goetz, R. (2001). "Using distributed optimal control in economics: A numerical approach based on the finite element method", *Optimal Control Applications and Methods*.

Cañellas, I., Martínez García, F. and Montero, G., "Silviculture and dynamics of *Pinus Sylvestris* L.stands in Spain," *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales Fuera de Serie N. 1* (2000).

De Roos, A. (1997). A gentle introduction to physiologically structured population models, in S. Tuljapurkar and H. Casell (eds), *Structured Populations Models in Marine, Terrestrial and Freshwater Systems*, Chapman and Hall, New York, chapter 5.

De Roos, A., "Numerical methods for structured population models: The Escalator Boxcar Train," *Numerical Methods for Partial Differential Equations* 4 (1988), 173–195.

Goets, R. and Xabadia, A. (2006). *The economics of competition between individuals in biological populations*. Manuscript UdG.

Hunter, M., *Wildlife, Forests, and Forestry: Principles of Managing Forest for Biodiversity*, (Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1990).

M. A. Boves, J. V. Rutillo (1989). Multiple use management: The economics of public Forest Land.

Metz, J. and Diekmann, O. (1986). *The dynamics of physiologically structured populations*, Springer Lecture Notes in Biomathematics, Springer-Verlag, Heidelberg.

Millar, R. and Myers, R. (1990). Modelling environmentally induced change in growth for Atlantic Canada cod stocks, *ICES C.M./G24* .

Octavio A. Ramírez et. Al (2002). Economic Value of the carbon sink services of Tropical Secondary Forests and its management implications.

Palahí, M. and Pukkala, T. (2003). "Optimising the management of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) stands in Spain based on individual-tree models", *Annals of Forest Science* 60 (2003), 105–114.

Robert G. Haight, J. Douglas Brodie, Darius M. Adams. (1985). "Optimising the sequence of diameter distributions and selection harvests for uneven-aged stand management".

Sedjo, M. and Lyon, K., "The long-term adequacy of world timber supply," Working paper Resources for the Future, Washington, DC, (1990).

Sedjo, Roger A. (2001). Forest Carbon Sequestration. Some issues for forest Investments.

Sohngen, B., and Mendelsohn, R. (2003). "An optimal control model of forest carbon sequestration".

Stephen K. Swallow and David N. Wear (1993). "Spatial Interactions in multiple use forestry and substitution and wealth effects for the single stand".

Sun Joseph Chang. (1981). "Determination of the optimal growing stock and cutting Cycle for an Uneven-Aged Stand".

Von Bertalanffy, L. (1957). Quantitative laws in metabolism and growth, *Quarterly Review of Biology*.

Llibres:

Actes de les jornades sobre incendis forestals i Recerca de la xarxa ALINFO. (2001). *Incendis forestals dimensió socioambiental, gestió del risc i ecologia del foc*. Ed Plana.

Alemaný, S. (1994). *Guia pràctica de silvicultura*. Departament d'Agricultura, ramaderia i pesca.

Aubert, G. i Boulaine, J. (1982). *La Edafología*. Ed. Oikos-Tau

Brian C. Murray. Chapter 13 (Carbon Sequestration). *A Jointly Produced Forest Output*.

Departamento de agricultura del gobierno Vasco (1984) *Manual de manejo Forestal*. Vizcaya: Asociación de propietarios forestales. Ed Eléxpuru, S.A.L.

Documents dels quaderns de medi ambient (2004). Barcelona. *Els boscos de Catalunya Estructura, dinàmica i funcionament*. Editat per Generalitat de Catalunya departament de Medi Ambient i Habitatge. Secretaria General. (CREAF)

Informe Asemfo (2004). *Los bosques como sumideros de carbono*. Propuestas de actuación.

Jaume Terradas, (1996). *Ecología del Foc*. Barcelona. Edicions Proa, S.A.

Ministerio de agricultura pesca y alimentación (1994). Madrid. *Ordenación de montes arbolados*. Ediciones ICONA.

M.R.W. Williams. Editat per la Diputació de Barcelona (1990). *La presa de desicions en la gestió forestal*.

Servei d'Ordenació i Gestió Forestal (1990). *La gestió del bosc a Catalunya*. Departament d'Agricultura, ramaderia i pesca.

Mapes i plànols:

Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals (1993) *Mapa de Cobertes del Sòl de Catalunya*.

Pàgines web consultades:

http://news.soliclima.com/modules.php?name=Content&pa=list_pages_categories&cid=16; (25/05/2006)

<http://mediambient.gencat.net>; (25/05/2006)

<http://europa.eu.int/scadplus/leg/es/lvb/l28012.htm>; (25/05/2006)

http://grida.no/climate/ipcc_tar/vol4/spanish/194.htm; (25/05/2006)

<http://mediambient.gencat.net/cat/inici.jsp>; (25/05/2006)

http://news8.thdo.bbc.co.uk/hi/spanish/specials/newsid_4255000/4255081.stm; (25/05/2006)

<http://natura.creaf.uab.es/mirabosc/>; (25/05/2006)

www.mityc.es; (25/05/2006)

www.mma.es; (25/05/2006)

www.inta.gov.ar/suelos/actualidad/Seminarios/Mesa_red_suelos_fores.pdf;
(25/05/2006)

www.carbonoybosques.org/; (25/05/2006)

www.ecoconsulting.com.ar/; (25/05/2006)

www.forestal.net/; (25/05/2006)

www.evomarkets.com/; (25/05/2006)

www.fao.org/; (25/05/2006)

www.ecoconsulting.com.ar/pub/MDL-PK.pdf; (25/05/2006)

www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/libros/437/aquileo.html; (25/05/2006)

www.pointcarbon.com/; (25/05/2006)

www.panoramaenergetico.com/default.htm; (25/05/2006)

www.econergy.net/; (25/05/2006)

www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpglulucf/gpglulucf_contents.htm; (25/05/2006)

www.creaf.uab.es/creaf/cat/Activitats.htm; (25/05/2006)

www.ipsnoticias.net/nota.asp?idnews=36142; (25/05/2006)

www.medioambiente.gov.ar/; (25/05/2006)

www.tinet.org/~ralturo/arbore/pinaceae/Psylv.htm; (25/05/2006)

www.ctfc.es/confeinfor/htmlcata/presentacio.html; (25/05/2006)

www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/libros/363/cap8.html; (25/05/2006)

www.europarl.eu.int/meetdocs/committees/envi/20020122/454273ES.pdf;
(25/05/2006)

www.pnud.org.co/img_upload/9056f18133669868e1cc381983d50faa/BoletinOCMCCNo5.pdf;(25/05/2006)

www.ukinspain.com/News/UKinSpain_News_detail.asp?IdNews=436;
(25/05/2006)

www.lexureditorial.com/boe/200409/15819.htm; (25/05/2006)

www.wartsila.com/en,powerplants,0,tbd,24049309702945850,30061637454377040,,4800.htm; (25/05/2006)

www.eere.energy.gov/RE/bio_basics.html; (25/05/2006)

www1.eere.energy.gov/biomass/; (25/05/2006)

www.unesa.net/unesa/html/sabereinvestigar/largoviaje/termicasevolucion2.htm;
(25/05/2006)

www.alu.ua.es/v/vap/biomasa.htm; (25/05/2006)

www.agroinformacion.com/leer-noticia.aspx?not=27164; (25/05/2006)

www.derecho.com/xml/disposiciones/min/disposicion.xml?id_disposicion=71785&desde=min; (25/05/2006)

www.mityc.es/Desarrollo/Seccion/EnergiaRenovable/Legislacion/; (25/05/2006)

www.appa.es/12articulos/articulosb/12articulosb-3.htm; (25/05/2006)

www.ambientum.com/enciclopedia/energia/4.36.01.02_1r.html; (25/05/2006)

www.custodiaterritori.org/glossari.php; (25/05/2006)

www.monografias.com/trabajos12/bioma/bioma.shtml#bio; (25/05/2006)

www.escet.urjc.es; (07/05/2006)

www.scielo.org.ar/pdf/rfalp/v105n2/v105n2a05.pdf; (25/05/2006)

www.fsc-spain.org; (25/05/2006)

www.pefc.org; (25/05/2006)

www.aenor.es; (25/05/2006)

www.forestry.sgs.com; (25/05/2006)

www.ctfc.es; (25/05/2006)