

CTFC



**Proposta de paisatge agroforestal
resilient a Soriguera en el marc de
l'Estratègia de la Bioeconomia de
Catalunya 2030**



Febrer 2024

Aquest document és un encàrrec del Departament d'Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural en el marc del projecte de Paisatges Resilients de l'Estratègia de la Bioeconomia de Catalunya 2030.

Coordinació:

Gabinet Tècnic del Departament d'Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural

Equip científic-tècnic redactor CTFC:

Núria Aquilué

Francesc Cano

Roser Maneja

Antoni Trasobares

Contingut

1.	Introducció: els paisatges agroforestals resilents en el marc de l'EBC2030.....	4
2.	Paisatges agroforestals resilents a Catalunya	6
2.1.	El concepte de resiliència socioecològica.....	6
2.2.	Cap a un model de resiliència socioecològica.....	6
3.	Proposta de paisatge agro-forestal resilient.....	7
3.1.	El cas pilot del municipi de Soriguera.....	7
3.2.	Situació actual.....	9
3.2.1.	Mapa de cobertes del sòl actual de Soriguera	9
3.2.2.	Composició i estructura actual dels rodals forestals de Soriguera.....	10
3.3.	Provisió actual de serveis ecosistèmics	11
3.3.1.	Aigua blava	12
3.3.2.	Càrrega ramadera.....	13
3.3.3.	Producció agrícola.....	14
3.3.4.	Càrrega de combustible en superfície.....	14
3.3.5.	Biodiversitat	15
3.3.6.	Estoc de carboni.....	17
3.4.	Situació i provisió de serveis ecosistèmics futures si es manté la tendència socioeconòmica i la gestió forestal de les darreres dècades	18
3.4.1.	Simulació de la gestió forestal	20
3.4.2.	Provisió futura de serveis ecosistèmics.....	21
3.5.	Cap a una proposta de paisatge agroforestal resilient.....	23
3.5.1.	Itineraris de gestió forestal.....	24
3.5.2.	L'eina d'optimització espacial	25
3.6.	Inclusió de les zones específiques segons criteri expert	26
3.6.1.	Priorització l'activitat agro-ramadera	26
3.6.2.	Priorització de la conservació de la biodiversitat.....	30
3.6.3.	Priorització de la prevenció de grans incendis forestals	33
3.6.4.	Resolució de zones de solapament.....	34
3.7.	Proposta de paisatge agroforestal resilient per Soriguera a 2050	36
3.7.1.	Anàlisi dels canvis de cobertes del sòl proposats	38
4.	Conclusions	41
5.	Referències.....	43
6.	Annex	44



1. Introducció: els paisatges agroforestals resilents en el marc de l'EBC2030

Catalunya es caracteritza per un ser un país de boscos (Figura 1). Gestionar els ecosistemes forestals i agrícoles de forma ecològicament i socioeconòmicament sostenible esdevé ara com ara un repte de país, sobretot tenint en compte els impactes derivats de la situació d'emergència climàtica i d'abastament d'aliments i matèries primeres.

Per mitjà del desplegament de l'Estratègia de la Bioeconomia de Catalunya 2030 (d'ara endavant, EBC2030) es pretén donar resposta a aquest context transformant el repte en una oportunitat de planificació i gestió del territori que permeti donar valor afegit als recursos naturals locals, a més d'apostar per un model de desenvolupament rural que integri les necessitats del territori.

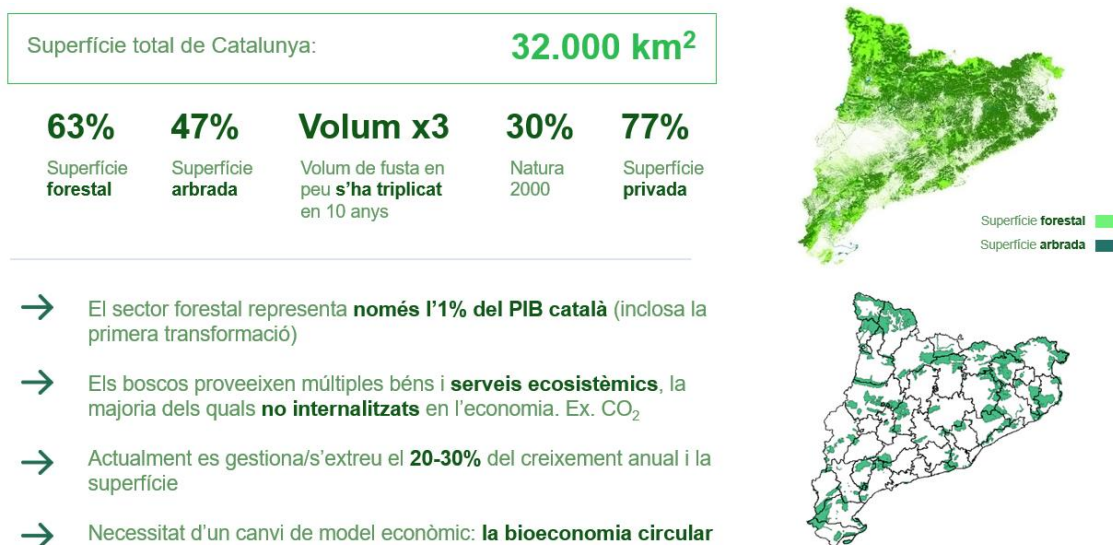


Figura 1. Catalunya país de boscos. Font: CTFC

Per tant, en l'actual context de **canvi global** sorgeix la necessitat d'explorar i trobar respostes i solucions pràctiques per:

- Preservar una **varietat** d'ecosistemes diversos i saludables
- **Dissenyar i recuperar** paisatges agroforestals en mosaic que permetin un equilibri ambiental, social i econòmic i que alhora siguin resistents i resilents als efectes del canvi global.

Ara bé, tot i que el concepte de paisatge agroforestal resilient resulta un marc atractiu per dissenyar i gestionar gran part dels paisatges catalans, amb un gran potencial per fer front als canvis ambientals i socioeconòmics a escala local i global, **avui en dia representa un repte posar-lo en pràctica.**

Implementar paisatges resistents i resilients implica tenir en compte els següents aspectes:

- Anàlisi i planificació forestal
- Provisió de serveis ecosistèmics
- Vectors socioeconòmics i governança
- Marc legal i urbanístic
- Riscos

A partir de la comprensió de la resistència i la resiliència dels paisatges, es pretén desenvolupar solucions tecnològiques, ambientals, de seguretat i socioeconòmiques a escala de paisatge i integrar tots els agents/rols rellevants amb responsabilitats en aquests processos de canvi. Donada la dimensió transversal i complexa que defineix l'establiment d'aquests paisatges, s'han de considerar les següents aproximacions:

- **Anàlisi científica/tècnica** en base a eines avançades de **modelització** i optimització per definir zones prioritàries de gestió per prevenció de riscos, equilibri i millora en la provisió de serveis ecosistèmics.
- Marc de cooperació a nivell públic-privat per incentivar l'establiment de cadenes de valor (agràries i forestals) competitives al mercat, mitjançant diversos mecanismes econòmics-financers: ajuts en l'àmbit regional i europeu, millora de les assegurances (per exemple d'incendis), etc.
- Processos de **governança** per afavorir un bon encaix dels múltiples actors implicats: propietaris, empreses, etc.
- **Mecanismes** per incentivar el treball i l'activitat al territori (exempció d'impostos, bonificacions, etc.).

Els paisatges resilients dins de l'EBC 2030 es recullen a l'objectiu 4 que es desplega en una sèrie de línies estratègiques i de mesures:

OBJECTIU 4: Promoure els paisatges agroforestals resilients i la provisió sostenible de serveis ecosistèmics en el context de la bioeconomia circular catalana.

O4.L1. Impulsar l'establiment de paisatges agroforestals resilients en base a eines avançades i coneixement expert

M17. Definir zones prioritàries de gestió territorial per a l'establiment dels paisatges resilients.

M18. Fomentar la creació de noves activitats econòmiques que facilitin la gestió dels paisatges resilients.

O4.L2. Conservar i millorar la qualitat dels sòls agraris i fomentar el seu paper com a embornal de carboni

M19. Fomentar una fertilització orgànica més sostenible als sòls agraris.

M20. Implementar pràctiques agronòmiques que conservin i millorin la qualitat del sòl.

O4.L1. Fomentar el proveïment de serveis ecosistèmics

M21. Identificar els serveis ecosistèmics en el context de la bioeconomia catalana.

M22. Establir mecanismes de pagament per serveis ambientals que afavoreixin la gestió territorial i facilitin la viabilitat social i econòmica del territori.

En aquest document es desenvolupa el context i concepte, la metodologia, els criteris i les principals contribucions per tal de promoure aquests paisatges agroforestals resistents i resilients, així com assegurar la provisió sostenible dels serveis ecosistèmics.

2. Paisatges agroforestals resilients a Catalunya

El concepte de **resistència** s'entén com una mesura del grau en què l'ecosistema canvia el seu estat d'equilibri després d'una pertorbació, mentre que la **resiliència** és el temps necessari perquè un ecosistema pertorbat torni al seu valor d'equilibri. Les estratègies d'adaptació al canvi climàtic i global han de buscar una major resistència i resiliència dels ecosistemes.

2.1. El concepte de resiliència socioecològica

La resiliència ecològica, és a dir, el concepte de resiliència aplicat als ecosistemes, es va definir en primera instància com la capacitat de l'ecosistema a absorbir el canvi (en condicions ambientals) així com de persistir després d'una pertorbació. En un segon estadi, i donada la naturalesa complexa i interconnectada dels ecosistemes, el concepte de resiliència es va ampliar per incloure també els sistemes social i econòmic. Així doncs, avui en dia, és més pertinent parlar de **resiliència socioecològica**, és a dir, de la resiliència dels sistemes interconnectats que engloben tant els ecosistemes i la seva biodiversitat, com les diferents institucions i actors que hi interactuen directament o indirectament.

En particular, resulta especialment pertinent adoptar el concepte de resiliència com un nou marc rellevant per gestionar (de forma ecològica i socioeconòmicament sostenible) els ecosistemes, però sobretot els paisatges agroforestals davant un futur incert, on (molt probablement) es donaran canvis bruscs en les condicions ambientals, així com sorgiran noves interaccions complexes entre els factors de canvi sense precedents.

Així doncs, la **resiliència socioecològica** entesa a l'escala de paisatge, o aplicada a un paisatge, es pot definir com *la capacitat d'un paisatge a mantenir al llarg del temps les funcions ecològiques desitjades, la biodiversitat i les activitats socials i econòmiques que li'n són pròpies en condicions ambientals i socioeconòmiques canviants*, malgrat múltiples factors d'estrès coneguts així com davant d'incerteses futures.

2.2. Cap a un model de resiliència socioecològica

Per tal de gestionar el paisatge i dissenyar un paisatge agroforestal resilient, primer cal identificar quins atributs del sistema es vol que siguin resilients davant quins factors de canvi d'estrès ambiental o socioeconòmic. *Cal determinar la resiliència "de què, a què?"*. La Taula 1 enumera els elements característics i els factors d'estrès als que potencialment estaran sotmesos els ecosistemes forestals i els paisatges agroforestals catalans.

	Ecosistema forestal	Paisatge agroforestal
Resiliència de què	<ul style="list-style-type: none"> • Diversitat de grups funcionals • Diversitat estructural de les masses forestals • Provisió de serveis ecosistèmics 	<ul style="list-style-type: none"> • Hàbitats forestals i hàbitats oberts (matollars, prats i agrícoles) • Biodiversitat • Disponibilitat aigua blava • Seguretat alimentària
Resiliència a què	<ul style="list-style-type: none"> • Incendis: risc, mortalitat de la massa • Impactes associats al canvi climàtic: augment de temperatura, règim erràtic de precipitacions • Plagues • Canvis de mercat que afectin de manera severa la demanda de productes agrícoles, ramaders i silvícoles 	<ul style="list-style-type: none"> • Pèrdua i fragmentació d'hàbitats • Sobreexplotació dels recursos naturals • Demanda de bioproductes • Fluctuacions del preu de mercat de productes agrícoles i forestals • Episodis climàtics extrems (sequera, inundacions, etc.) • Espècies invasores

Taula 1. Elements característics i els factors d'estrès als que potencialment estaran sotmesos els ecosistemes forestals i els paisatges agroforestals catalans.

Per aplicar el concepte de resiliència socioecològica a un cas concret però, cal un coneixement exhaustiu del cas d'estudi. Això inclou tant les condicions històriques, actuals, els factors de canvi que han tingut lloc, així com les possibles projeccions futures. A banda, cal tenir en compte l'escala a la qual es vol aplicar, ja que la resiliència a escala regional (de paisatge) farà èmfasi en uns elements i factors de canvi diferents de quan ens centrem en escales més petites com ara un rodal, un tram de riu o una única empresa agrària (escala local).

- **Tot Catalunya** (1:250.000) per identificar àmbits territorials prioritaris (poden ser vegueries, comarques o unitats de paisatge o agrupacions d'aquestes).
- **Àmbits territorials i de paisatge** (1:50.000)
- **Zones prioritàries de gestió** dins els àmbits territorials (escala local 1:5.000).

En el cas dels ecosistemes forestals i paisatges agroforestals de Catalunya, l'objectiu és:

1) Identificar els elements del paisatge que contribueixen a:

- la biodiversitat (genètica, d'espècies de fauna i flora, d'hàbitats que permetin la reproducció, alimentació i moviment, d'ecosistemes, de processos),
- la diversitat de funcions ecològiques necessàries per sustentar-la a llarg termini,
- les activitats socioeconòmiques en el marc de la bioeconomia circular.

2) Identificar els factors d'estrès ambientals i socioeconòmics actuals i futurs, els quals inclouen tant factors crònics amb impactes en els ecosistemes a llarg termini (sequera, canvis d'usos del sòl) com esdeveniments puntuals (incendi).

3. Proposta de paisatge agro-forestal resilient

3.1. El cas pilot del municipi de Soriguera

Soriguera és un municipi del Pallars Sobirà, a una altitud mitjana de 1.258 m (596 – 2438 m) per sobre del nivell del mar, una superfície de 106.4 km² i 431 habitants censats el 2021, el que representa una densitat de població de 4 habitants per km² (Figura 2).

El 75% del municipi pertany al Parc Natural de l'Alt Pirineu (Figura 3) i 76 km² de bosc són de titularitat pública, en concret de la Generalitat de Catalunya (44.8%), del municipi (40.6%) i d'entitats municipals descentralitzades (14.6%).



Figura 2. Mapa de situació de Soriguera. Font dades: Elaboració CTFC a partir de dades de Google Earth.

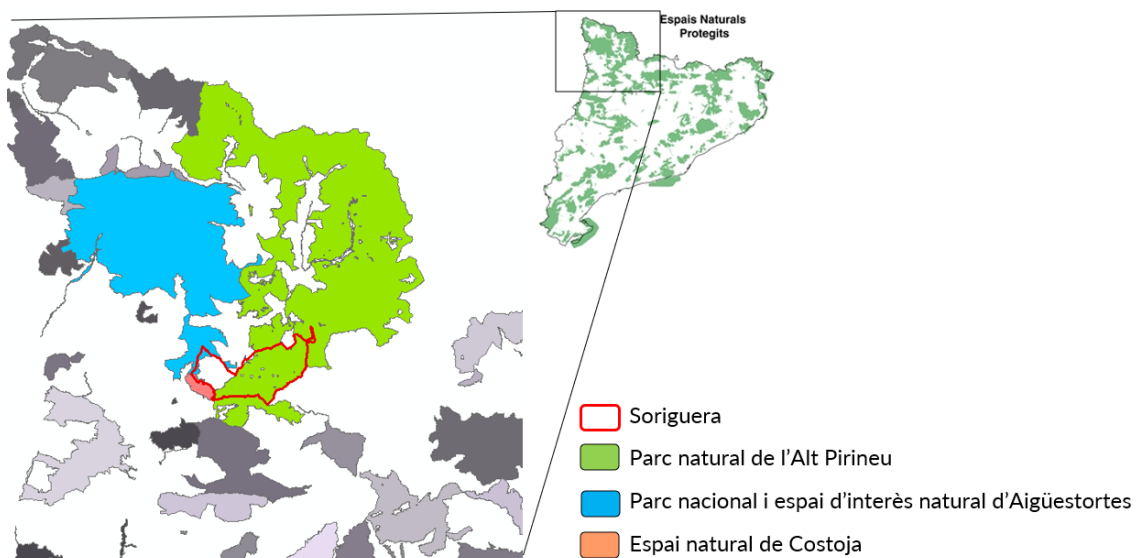


Figura 3. Mapa d'espais naturals protegits. Font dades: Elaboració CTFC a partir de <https://www.icgc.cat/L-ICGC/Actualitat/Nou-Mapa-del-Sistema-d-espais-naturals-protegits-de-Catalunya-1-250.000>

3.2. Situació actual

Per tal de proposar una planificació territorial que promogui els paisatges agroforestals resilients i la provisió sostenible de serveis ecosistèmics en el context de la bioeconomia circular catalana, és necessari primer, caracteritzar l'estat actual de la distribució de les cobertes del sòl i descriure la composició i estructura dels rodals forestals.

3.2.1. Mapa de cobertes del sòl actual de Soriguera

S'ha emprat el Mapa Forestal Espanyol 1:25.000 (MFE25) com a cartografia de referència per a tessellar el municipi i categoritzar les cobertes del sòl en 5 categories principals: bosc, matollar, prats / pastures, cultius i zones no productives (Taula A1). La categorització està basada en el tipus estructural del MFE25 que identifica els diferents usos del sòl que hi poden aparèixer, i dins l'ús forestal, les diferents estructures de vegetació que el poden ocupar, atenent, més que a la densitat vegetal, a l'estructura de la vegetació que l'ocupa.

El mapa del cobertes del sòl resultant mostra una clara predominança de les zones forestals arbrades, ocupant fins a un 72% de la superfície municipi (7.601 ha), seguides de les zones de matollar (1.553 ha - 15%) i de prats i pastures (1.085 - 10%), i amb una cobertura agrícola molt minsa (215 ha - 2%) (Figura 4 i Taula 2).

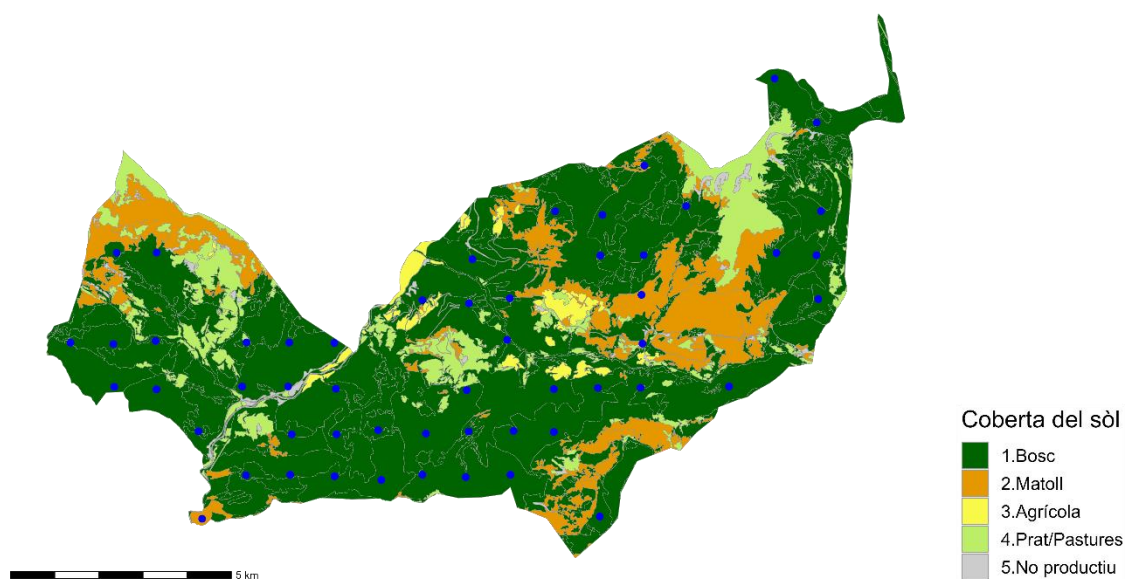


Figura 4. Mapa de cobertes actual de Soriguera generat a partir del MFE25. Els punts blaus són parcel·les mostrejades en l'IFN.

Coberta del sòl	Actual
Bosc	7601
Matollar	1553
Agrícola	215
Prats / Pastures	1085
No productiu	145

Taula 2. Distribució actual de les cobertes del sòl (en ha) a Soriguera.

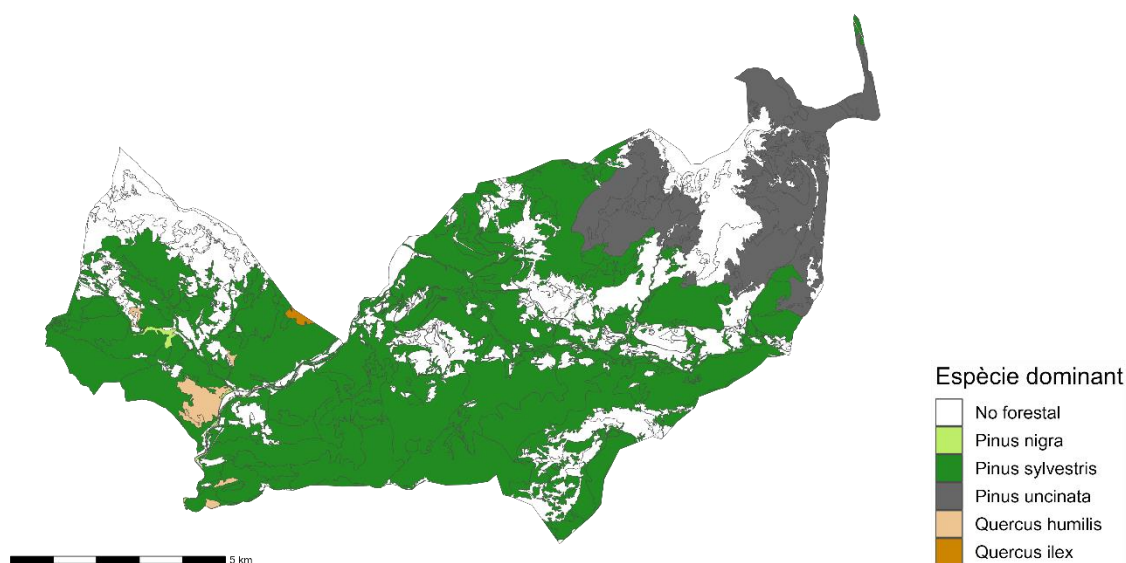
3.2.2. Composició i estructura actual dels rodals forestals de Soriguera

La zona forestal arbrada de Soriguera està dividida en 287 tessel·les o rodals forestals pels quals el MFE25 informa entre d'altres:

- del tipus de formació arbrada (que es defineixen en base a l'espècie o la barreja d'espècies dominants o per l'especial singularitat de l'estructura de la seva vegetació),
- de la distribució espacial visual de la massa forestal, de fins a un màxim de tres espècies dominants amb la corresponent ocupació i grau de desenvolupament
- de la fracció cabuda coberta de l'estrat arbori
- de l'estrat arbustiu
- de l'estrat herbaci
- de les formacions vegetals d'aquests dos darrers estrats.

Tanmateix, aquesta informació tan detallada no és suficient per poder realitzar una estimació prou acurada de la provisió dels diferents serveis ecosistèmics associats a les zones forestals. És necessari tenir caracteritzada per a cada rodal, la distribució de cada una de les espècies forestals en classes diamètriques, és a dir, la densitat i alçada mitjana de cada una de les espècies per intervals diamètrics.

L'Inventari Forestal Nacional (IFN) d'Espanya és un mostreig sistemàtic de les zones forestals de tot el territori nacional en parcel·les circulars per les quals es caracteritza entre d'altres, la distribució detallada (diàmetre normal mig, alçada i densitat) de les espècies forestals que hi són presents. Aquestes parcel·les estan distribuïdes de forma regular en el territori, però no per a cada tessel·la del MFE25 en correspon una parcel·la d'IFN (Figura 4). Per a poder, doncs, assignar una distribució d'arbres a cada rodal s'han utilitzat les mètriques derivades de les dades LiDARCAT2 de cobertura sobre Catalunya i algoritmes d'intel·ligència artificial. Un cop cada rodal forestal té assignada una distribució d'arbres es pot caracteritzar per l'espècie dominant en funció de l'àrea basal (Figura 5) i estimar una sèrie de variables forestals com ara l'àrea basal, la densitat de peus, el volum en peu i la biomassa actuals d'aquestes zones forestals (Figura 6).



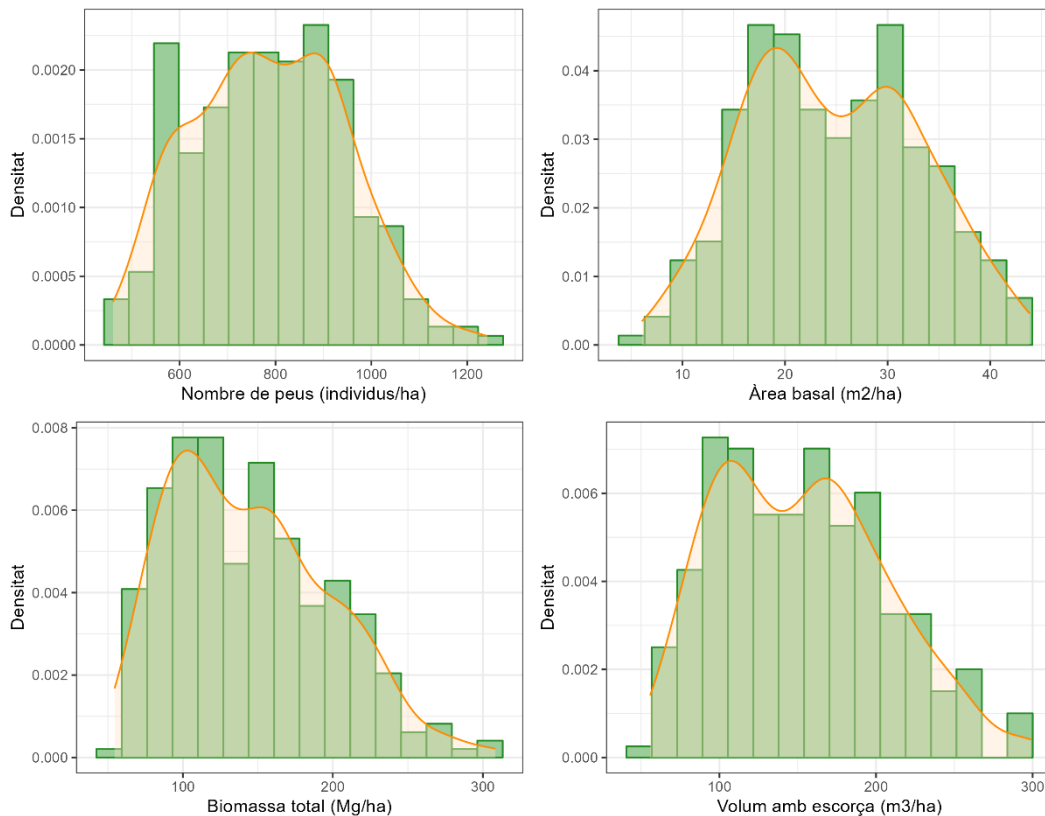


Figura 6. Distribució actual de les variables forestals densitat, àrea basal, biomassa i volum amb escorça dels rodals forestals a Soriguera.

3.3. Provisió actual de serveis ecosistèmics

Per respondre al context actual d'emergència climàtica, alimentària i de pèrdua de biodiversitat, s'han establert de forma conjunta i consensuada entre l'equip científic-tècnic i l'equip de gestors representants dels diferents àmbits temàtics interrelacionats amb el territori (Polítiques Ambientals i Medi Natural, Agricultura i Ramaderia, Ecosistemes Forestals i Gestió del Medi, Infraestructures Rurals, Desenvolupament Rural, Oficina Catalana del Canvi Climàtic, Agència Catalana de l'Aigua, Centre de la Propietat Forestal) una sèrie de premisses globals que s'haurien de promoure i fomentar per tal d'assegurar la resiliència socioecològica dels paisatges agroforestals Mediterranis de Catalunya. Aquestes són:

- La producció d'aigua blava
- La reducció del risc de grans incendis forestals
- La conservació de la biodiversitat
- L'activitat agro-ramadera i silvo-pastoral

Aquestes premisses estan estretament relacionades amb la provisió sostenible a llarg termini d'un conjunt de serveis ecosistèmics que serveixen d'indicadors per descriure la resiliència socioecològica dels paisatges agroforestals Mediterranis (Roces-Díaz et al. 2018):

1. Aigua blava
2. Càrrega ramadera
3. Producció agrícola
4. Model i càrrega de combustible en superfície

5. Biodiversitat forestal descrita a partir de l'estructura forestal, la presència d'arbres grans o monumentals i la quantitat de fusta morta
6. Estoc de carboni

3.3.1. Aigua blava

Les aportacions d'aigua que reben els rius, els aqüífers i la resta de masses d'aigua provenen, de manera natural, de l'aigua de la pluja. L'aigua exportada o aigua blava correspon a la diferència entre els litres d'aigua de la precipitació i els litres que la vegetació evapotranspira o intercepta amb les seves capçades. Del total de l'aigua que precipita es poden diferenciar quatre components: una part és incorporada i evapotranspirada per la vegetació (evapotranspiració), una altra és interceptada per les capçades i els troncs i acaba evaporant-se també (intercepció), una altra part circula pendent avall en forma d'escorrentiu (escorrentiu) i una darrera part s'infiltra al sòl més enllà de les zones on arriben les arrels i va a parar a rius i aqüífers (infiltració). Els dos primers components són usats per la vegetació (aigua verda) i els dos segons són el que anomenem aigua blava.

En els sistemes mediterranis, la producció d'aigua blava depèn molt de les condicions meteorològiques de l'any en curs, del tipus de sòl i coberta, i en les zones forestals, de les formacions vegetals presents. Així la gestió forestal pot jugar un paper important en la provisió d'aquest servei. Per tal de quantificar la provisió d'aigua blava en les zones arbrades s'ha utilitzat un model de balanç hídric (De Caceres et al. 2015) que inclou diferents factors com ara variables climàtiques, la quantitat d'aigua interceptada per les capçades i altres variables descriptores de la composició i estructura del bosc.

Tant per les zones agrícoles com per la resta de zones forestals que inclouen els matollars i els herbassars s'ha equiparat la producció d'aigua blava en funció de la precipitació. En les zones agrícoles s'estima que és el 35% de la precipitació (calculat a partir dels resultats del projecte Trees4Future, Institut d'Estadística de Catalunya i FAO), en els prat-pastures extensives el 40% de la precipitació i en les zones de matollar el 30% de la precipitació (Willaarts, B. 2012).

Actualment, a Soriguera es produeixen anualment 57.1 Hm³ d'aigua blava distribuïts heterogeniament pel territori (Figura 7).

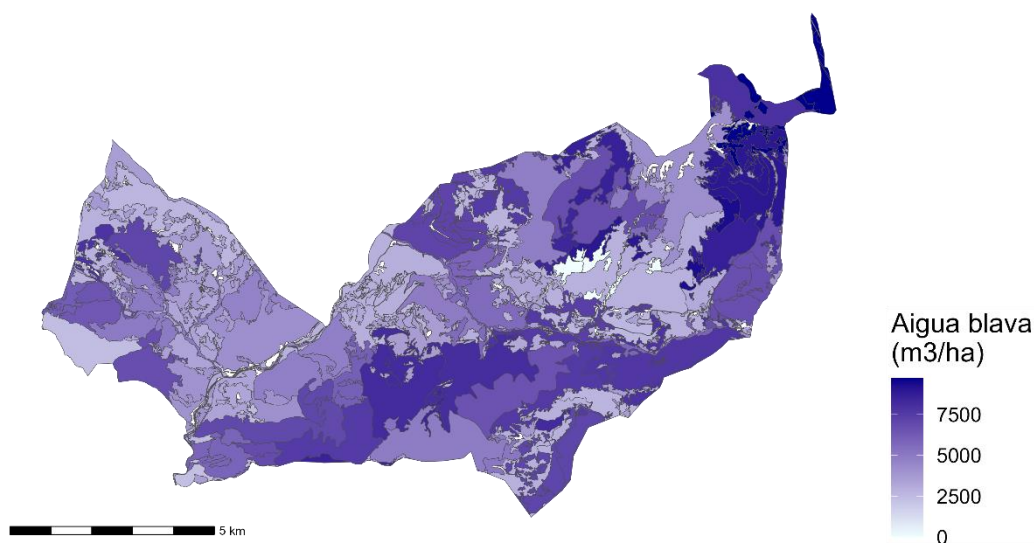


Figura 7. Producció actual d'aigua blava en les zones forestals i agrícoles de Soriguera.

3.3.2. Càrrega ramadera

Les zones de prats i pastures de Soriguera s'han classificat en 5 tipologies en funció de l'orografia i a cada tipologia s'ha assignat un rang estimatiu de la càrrega ramadera que en pot fer ús (Taula 3).

Als boscos clars (amb fracció de cabuda coberta FCC $\leq 30\%$) o als que es condueixin a una vocació silvo-pastoral a través de prescripcions silvícoles que afavoreixen l'adevesament, també se'ls hi assigna una càrrega ramadera en funció de l'orografia com s'ha fet per les zones de prats/pastures. La càrrega ramadera en aquestes zones forestals és un 20% inferior respecte a la càrrega ramadera de les zones de prats/pastures en condicions xèriques i un 30% inferior respecte a la càrrega ramadera de les zones de prats/pastures en condicions mèsiques. S'estima que la càrrega ramadera a la resta de masses boscoses pot arribar a una mitjana de 0.1 UBM/ha.

Tipologia	Elevació	Orientació	Pendent	Càrrega ramadera (UBM/ha)
Joncedes	≤ 1.300 m	$\geq 45^\circ, \leq 315^\circ$		[0.40 - 0.75]
Montanes xèriques	> 1.300 m, ≤ 1.800 m	$\geq 45^\circ, \leq 315^\circ$		[0.35 - 0.60]
Montanes mèsiques	≤ 1.800 m	$< 45^\circ, > 315^\circ$		[0.60 - 1.00]
Subalpines xèriques	> 1.800 m	$\geq 45^\circ, \leq 315^\circ$	$> 35\%$	[0.25 - 0.50]
Subalpines mèsiques	> 1.800 m	$\geq 45^\circ, \leq 315^\circ$	$\leq 35\%$	[0.40 - 0.60]
	> 1.800 m	$< 45^\circ, > 315^\circ$		

Taula 3. Classificació de pastures i càrregues ramaderes associades. UBM és Unitat de Bestiar Major.

A partir de la classificació de les zones de prats/pastures i de les zones arbrades amb vocació silvo-pastoral i de prats/pastures en aquestes 5 tipologies, la càrrega ramadera potencial d'aquestes zones és de 576 i 166 UBM, respectivament (Taula 4). Si també es comptabilitza l'aportació de les zones forestals sense vocació pastoral (boscos densos), la càrrega ramadera potencial de tot el municipi augmenta fins a un total de 1.464 UBM.

Tipologia	Àrea prats (ha)	Àrea boscos clars (ha)	Càrrega ramadera mitjana prats (UBM/ha)	Càrrega ramadera mitjana boscos clars (UBM/ha)	Càrrega ramadera potencial (UBM)
Joncedes	466		0.575		286
Montà xèric	166	92	0.475	0.38	114
Montà mèsic	7.4	143	0.8	0.56	86
Subalpí mèsic	446	145	0.5	0.35	274
Total	1.085	380			742

Taula 4. Estimació de la càrrega ramadera potencial actualment al municipi de Soriguera.

En base a les dades actuals (juny 2022) de l'activitat de les 50 explotacions ramaderes actives del municipi s'estima que la càrrega ramadera és de 1.448 UBM. S'han exclòs del càlcul les explotacions de porcí, de les explotacions de boví, cabrum, èquid i oví, s'han exclòs aquelles destinades a la producció de llet, i totes aquelles amb sistema productiu intensiu (només comptabilitzen doncs les explotacions extensives o semi-intensives). El cens actual de caps de femelles, mascles, cria (només boví), reposició i engreix és de 3.908, 133, 57, 366 i 44, respectivament. Per estandarditzar els caps de bestiar a UBM s'estima que les femelles, mascles, reposició i cria de boví equivalen a 1, 1.1, 0.6 i 0.1 UBM, respectivament; el cabrum i l'oví un 12% del boví, i l'equí un 10% més respecte al boví. Així les UBM de la càrrega actual es reparteixen en 1.248 UBM femelles, 63 UBM mascle, 100 UBM reposició i 37 UMB cria.

3.3.3. Producció agrícola

S'ha estimat la producció agrícola dels cultius de Soriguera a partir de les dades de Superfícies, rendiments i produccions comarcals dels conreus agrícoles de l'any 2021 pel Pallars Sobirà. El 96.5% dels conreus del Pallars Sobirà són cultius farratgers, que entre els de secà i els de regadiu produeixen en mitjana 17.31 t/ha, el 3.5% restant es destina a la producció d'hortalisses i tubercles (com ara la patata d'estació mitjana i la patata tardana). Assumint sense massa marge d'error que tots els conreus de Soriguera es destinen a la producció farratgera, anualment s'estima que es generen 3.713 tones de producció agrícola.

3.3.4. Càrrega de combustible en superfície

Per definir els models de combustible en superfície de les zones forestals (que engloben les zones arbrades i les formacions arbustives i herbàcies) del terme municipal de Soriguera s'ha seguit la metodologia desenvolupada en el marc del programa PREVINCAT. Aquest programa té per objectiu identificar les àrees prioritàries de gestió forestal per a la prevenció de grans incendis forestals, utilitzant simuladors de comportament del foc, processos de participació per a la definició de criteris, indicadors associats i els seus pesos, i eines d'ajuda a la presa de decisió basades en mètodes d'anàlisi multicriteri. El PREVINCAT ha adoptat la classificació de models de combustible en superfície en relació amb el comportament que el foc té en diferents formacions arbrades i arbustives (Scott & Burgan 2005). Cada model de combustible en superfície té associada una càrrega de combustible (Taula A2).

Per a les zones arbrades, els models de combustible en superfície resulten d'aplicar uns arbres de decisió per a cada espècie o grup d'espècies forestals basats en la fracció cabuda coberta (FCC), la cobertura arbustiva i el superàvit (versus dèficit) de precipitació (Figures A1, A2, A3 i A4) (Krinsk et al. 2020). La FCC és una de les variables informades en el mateix MFE25, la cobertura arbustiva s'ha estimat aplicant els models recolzats en l'àrea basal i l'altitud desenvolupats per Coll et al. 2011 i Soriguera està en una zona de superàvit de precipitació.

Per completar la caracterització del combustible total disponible caldria afegir-hi el combustible de capçades que és la biomassa foliar que inclou fulles i branques de < 6 mm.

Per les formacions herbàcies, el PREVINCAT adopta el model de combustible que proporciona el mateix MFE25: el model 1 de combustible del MFE25 correspon al GR2 de la classificació PREVINCAT, i el 2 al GR6. Per les formacions arbustives, s'aplica un arbre de decisió que inclou les variables de fracció de cabuda coberta del matollar, alçada mitjana del matollar, fracció cabuda coberta de l'estrat herbaci i el model de combustible

informades al MFE25 (Figura A5). S'han equiparat les zones de conreus (majoritàriament farratgers) al model de combustible de les formacions herbàcies que té associat menys càrrega de combustible, el GR2.

Actualment, a Soriguera es pot estimar que la càrrega de combustible en superfície mitjana a les zones agrícoles, de prats/pastures, matollars i arbrades és de 2.48 t/ha, 3.64 t/ha, 19.7 t/ha i 12.1 t/ha, respectivament, el que representa un total de 140.769 tones de càrrega de combustible en superfície al municipi, 75% del qual està concentrat en les zones arbrades (Figura 8). Els nivells superiors a 10 t/ha poden permetre la formació d'incendis forestals extrems de 6a generació, totalment fora de la capacitat d'extinció.

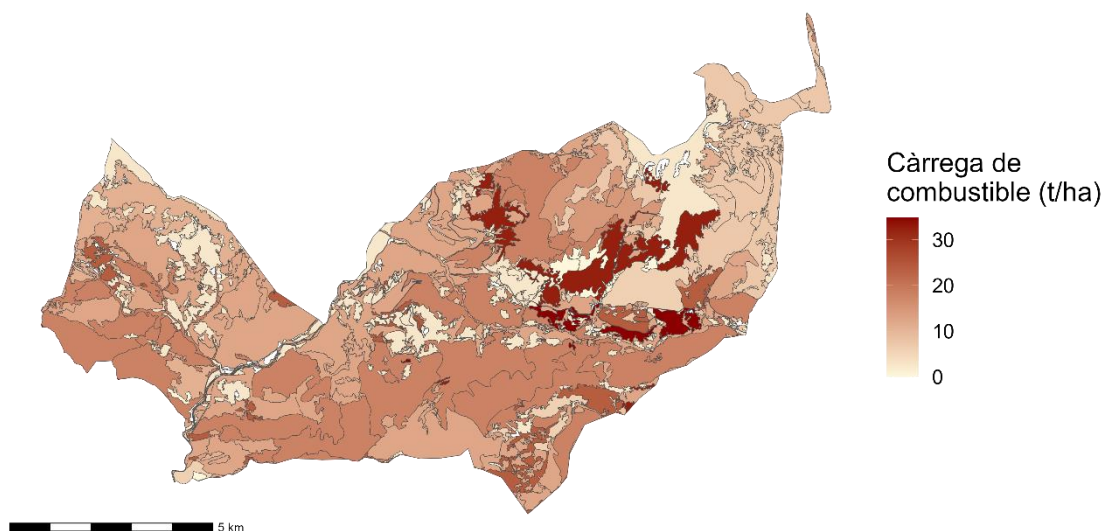


Figura 8. Distribució actual de la càrrega de combustible en les zones productives de Soriguera segons els models de combustible del PREVINCAT.

3.3.5. Biodiversitat

Caracteritzar, però sobretot quantificar, per una banda, la biodiversitat potencial intrínseca de les masses forestals i per altra la dels paisatges agroforestals, és una tasca ambiciosa, que implica múltiples factors. S'han proposat moltes aproximacions, una que s'està aplicant actualment a Catalunya per a les masses arbrades és l'Índex de Biodiversitat Potencial (Larrieu & Gonin 2008). L'IBP es basa en 7 factors relacionats amb el rodal (espècies autòctones, estructural vertical de la vegetació, fusta gran morta en peu, fusta gran morta al sòl, arbres vius grans, arbres vius portadors de dendromicro hàbitats i espais oberts amb flors) i 3 factors relacionats amb el context (continuïtat temporal del bosc, medis aquàtics i medis rocosos). A falta d'adaptar completament aquest índex a la caracterització del bosc i el paisatge que deriven del MFE25 i de les dades forestals de l'IFN, que són les fonts d'informació base per aquest estudi, s'han utilitzat de manera integrada tres factors de rodal associats a la biodiversitat: (1) la desviació estàndard de la distribució diamètrica, que ens informa sobre la irregularitat (múltiples estrats, etc.) de la massa (Figura 9), (2) el volum dels arbres grans que són aquells amb diàmetre ≥ 45 cm (Figura 10), i (3) la biomassa de la fusta morta (Figura 11). Tots ells s'han integrat en un únic índex de forma additiva i assumint una contribució equitativa dels tres factors, essent l'índex de biodiversitat potencial de referència en aquest estudi (Figura 12).

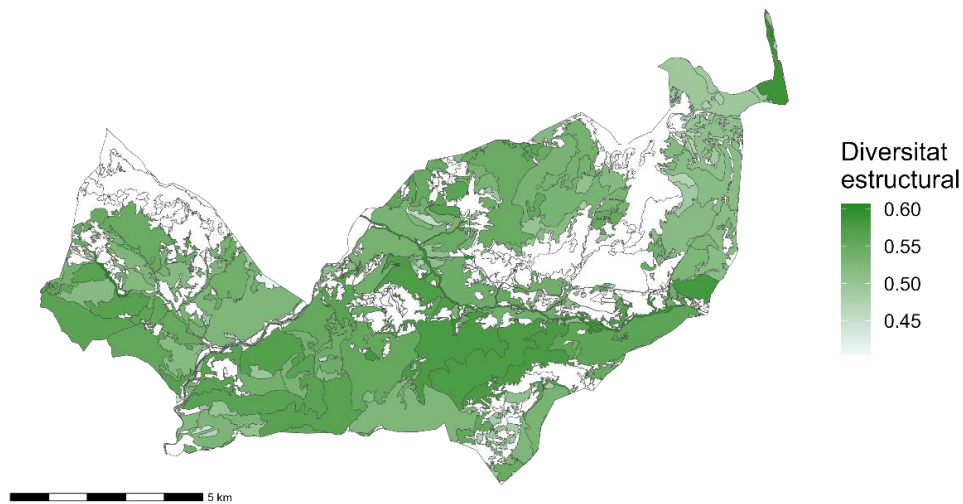


Figura 9. Distribució actual de la diversitat estructural de les masses forestals a Soriguera calculada com el coeficient de variació del diàmetre dels arbres.

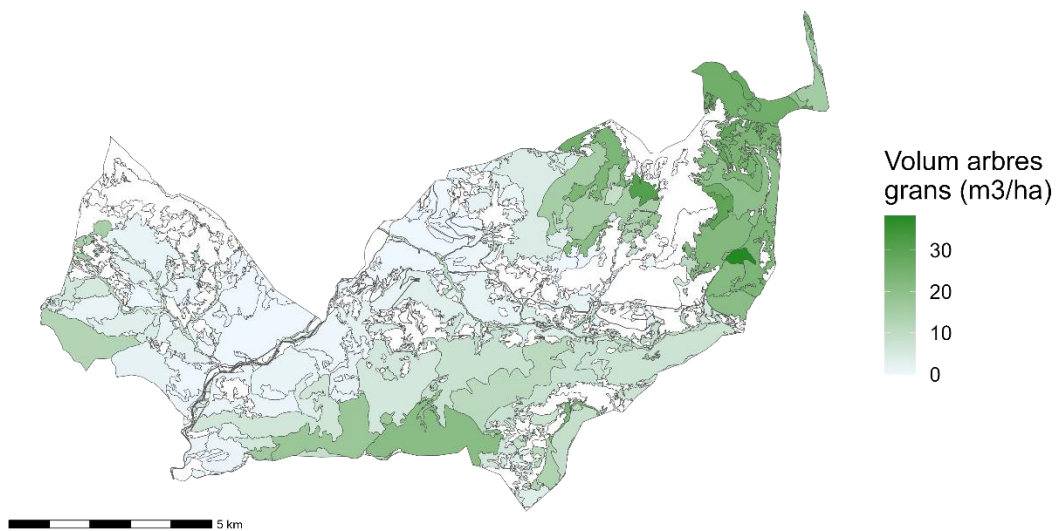


Figura 10. Volum dels arbres grans dels boscos actuals a Soriguera.

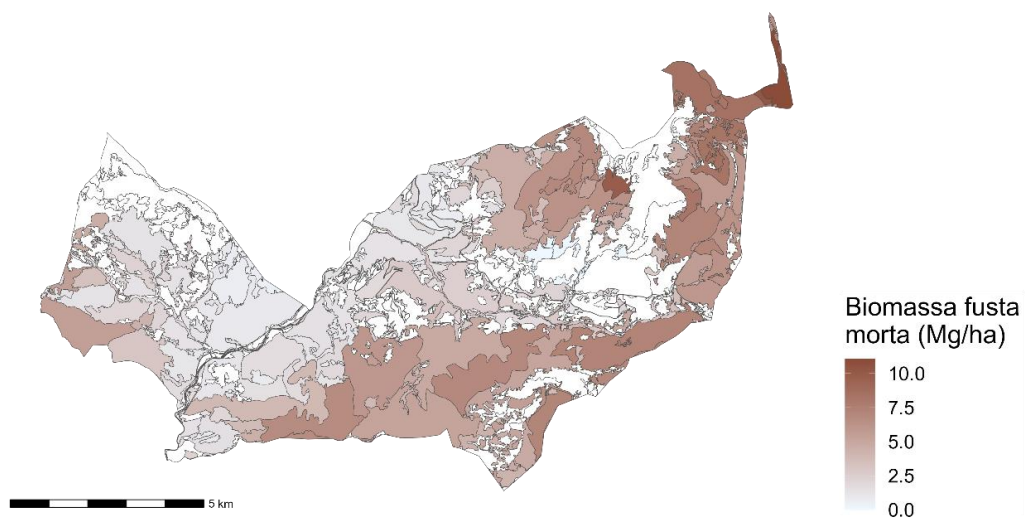


Figura 11. Biomassa actual de la fusta morta (sense distingir entre fusta morta en peu o al sòl) en el rodals forestals de Soriguera.

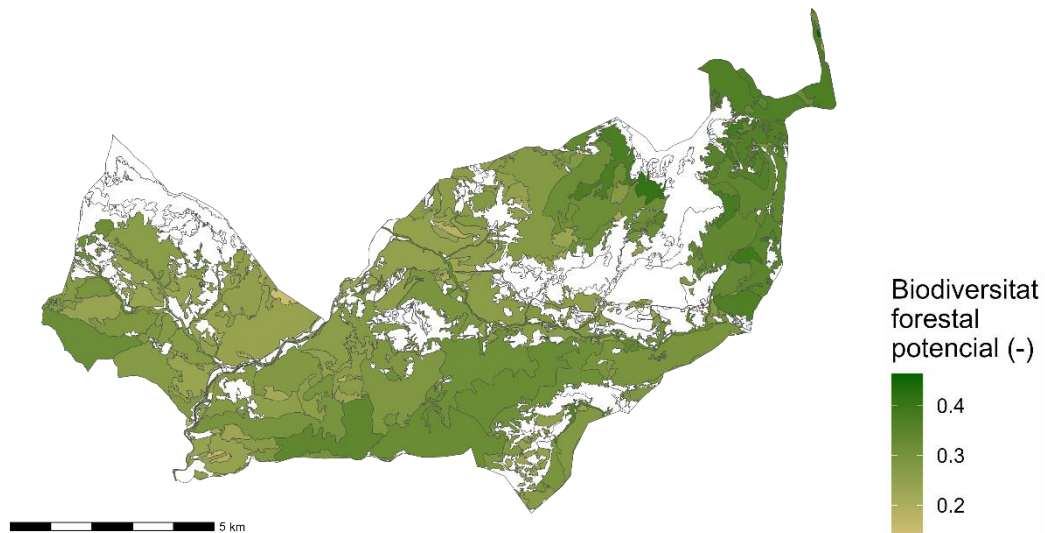


Figura 12. Índex de biodiversitat potencial dels boscos de Soriguera.

3.3.6. Estoc de carboni

L'estoc de carboni és un indicador de la contribució de les masses forestals a la mitigació del canvi climàtic, actuant com a embornals de carboni. A partir de la quantificació de la biomassa seca d'una espècie arbòria, es pot calcular la quantitat de diòxid de carboni que emmagatzema en peu (Montero et al. 2005). S'estima que actualment, els boscos de Soriguera, tenen acumulats de mitjana 276 Mg C/ha, és a dir, 2.341.207 Mg C capturat entre la biomassa aèria i les arrels dels arbres (Figura 13).

Per completar la contribució a la mitigació del canvi climàtic de totes les zones forestals caldria estimar la biomassa dels matollars per després estimar l'estoc de carboni (Montero et al. 2020), així com en els sòls agrícoles i forestals.

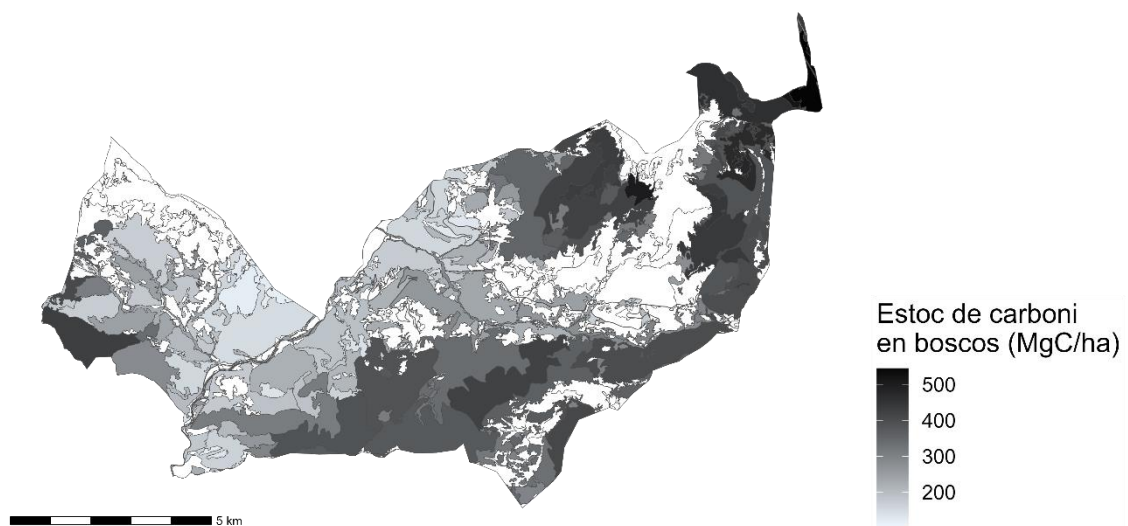


Figura 13. Estoc de carboni actual en la biomassa aèria i de les arrels dels boscos de Soriguera.

La Taula 5 resumeix la provisió estimada de la provisió de serveis ecosistèmics a Soriguera en l'estat actual.

Servei ecosistèmic	Variable (Unitats)	Actual
Aigua	Aigua blava (Hm3)	57.1
Activitat agro-ramadera	Càrrega ramadera (UBG)	1464
	Producció agrícola (t)	3713
Risc incendi	Càrrega combustible en superfície (Mg/ha)	10.8
	Biomassa en peu (Mg/ha)	102
Activitat silvícola	Producció fusta (m3/any)	2517
	Coefficient variació DBH (-)	0.52
Biodiversitat	Volum arbres grans (m3/ha)	9.85
	Biomassa fusta morta (Mg/ha)	3.3
	Índex biodiversitat forestal potencial [0,1]	0.29
Mitigació canvi climàtic	Estoc de carboni / Biomassa en peu (-)	2.70

Taula 5. Provisió actual de serveis ecosistèmics a Soriguera.

3.4. Situació i provisió de serveis ecosistèmics futures si es manté la tendència socioeconòmica i la gestió forestal de les darreres dècades

Per estimar quin potencial de transformació tenen els paisatges agroforestals resilents no només és vàlid comparar la situació i provisió de serveis ecosistèmics actuals amb un estat futur desitjable, sinó també estimar quin seria l'estat del paisatge si es manté la dinàmica de les darreres dècades. Així, si s'assumeix que se segueix la inèrcia o tendència socioeconòmica de les darreres dècades i es fa una projecció a futur, es pot comparar amb l'estat i provisió actuals però també amb l'estat i provisió d'un paisatge futur resilient.

En aquest cas s'ha establert una correspondència entre els tipus estructurals del Mapa Forestal Espanyol 1:50.000 (MFE50), que a Catalunya es va realitzar entre el 2000 i el 2001 i el MFE50 que es va executar el 2016. En 15 anys, les zones agrícoles, els prats artificials, les pastures i els herbassars, en conjunt han perdut el 29% de la seva superfície el 2001, a favor dels matollars amb un augment de la superfície del 32%, mentre que el total de la zona forestal arbrada s'ha mantingut en aquests 15 anys (la transformació a arbrat requereix una franja major de temps). Les zones de prat-pastures i agrícoles actualment ocupen 1.300 ha del municipi (Figura 4). Si s'assumeix que cada període de 15 anys es redueix en un 29%, en un període de 30 anys, del 2021 al 2050, la superfície agrícola i de prats/pastures s'hauria de reduir fins a les 655 ha (Taula 6), convertint-se aquestes superfícies en matollar. En aquesta anàlisi s'omet que a llarg terme la successió natural del matollar és l'aforestació. La Taula 7 resumeix la distribució estimada de les cobertes del sòl si es manté la tendència socioeconòmica de les darreres dècades.

Coberta del sòl	Àrea 2020	Àrea 2030	Àrea 2040	Àrea 2050
Bosc	7601	7601	7601	7601
Matollar	1553	1787	2010	2197
Agrícola	215	198	175	159
Prats / Pastures	1085	868	668	496
No productiu	145	145	145	145

Taula 6. Ocupació del sòl a Soriguera si es manté la tendència socioeconòmica de les darreres dècades (en ha).

Coberta del sòl	Actual	Futur mantenint tendència	Δ (%)
Bosc	7601	7601	0%
Matollar	1553	2197	41.5%
Agrícola	215	159	-26%
Prats / Pastures	1085	496	-54.3%
No productiu	145	145	0%

Taula 7. Comparativa de la distribució de les cobertes del sòl (en ha) a Soriguera en l'estat actual i en el supòsit de mantenir la tendència socioeconòmica de les darreres dècades.

Havent analitzat els patrons espacials dels canvis de cobertes dels sòls produïts entre les dues edicions del MFE, és a dir, entre el 2001 i el 2016, s'estableix que s'abandonaran aquells conreus de petites dimensions, amb major pendent i més allunyats dels nuclis urbans, i els prats/pastures principalment de l'estat montà i les de l'estat subalpí de menors dimensions, abandonant-se primer aquelles de major pendent (Figura 14).

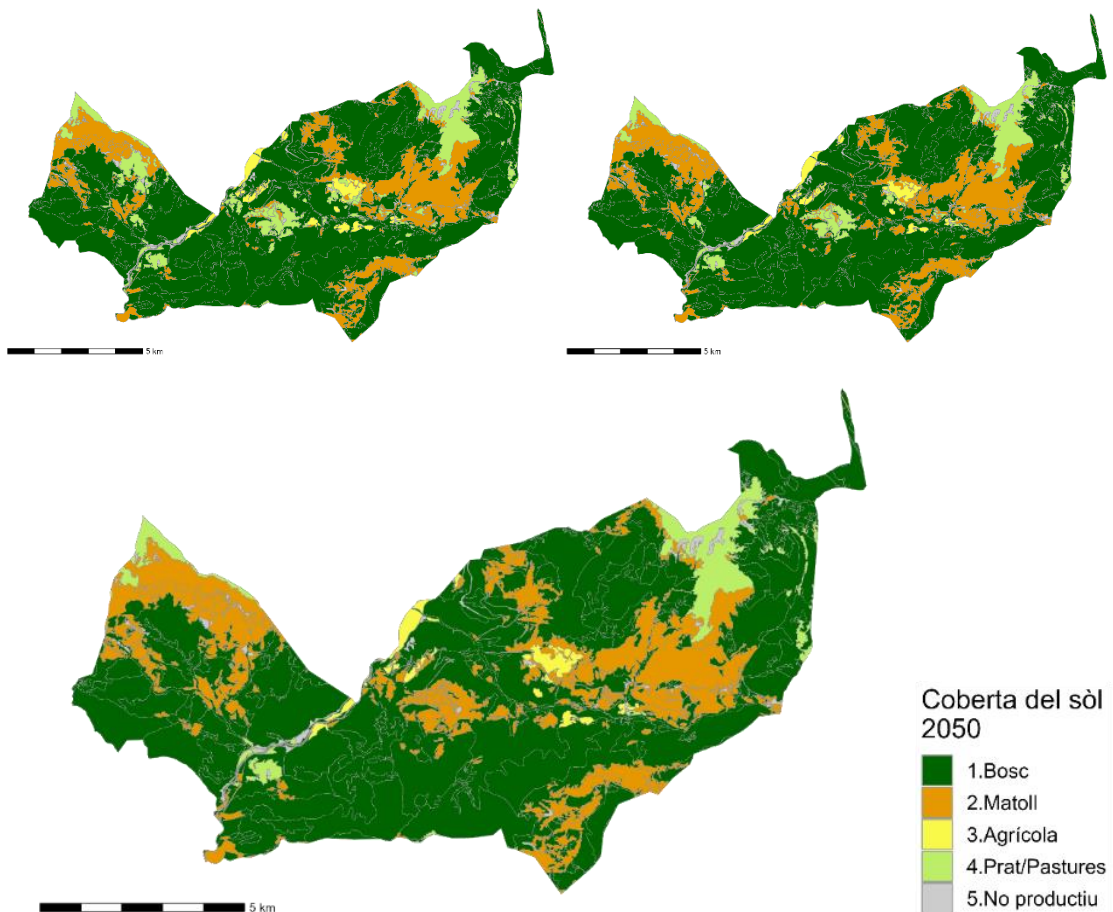


Figura 14. Evolució de les cobertes del sòl el 2030 (superior esquerra), 2040 (superior dret) i 2050 a Soriguera si es manté la tendència socioeconòmica de les darreres dècades.

3.4.1. Simulació de la gestió forestal

Paral·lelament a la disminució de l'activitat agro-ramadera que comporta un abandonament dels conreus i els prats/pastures, la gestió forestal també representa un factor de canvi, en aquest cas no de les cobertes del sòl, però sí de l'estructura de les masses arbrades. Actualment, la gestió forestal produeix 2.517 m³/any de fusta, extraient percentatges bastant elevats d'àrea basal i tallant peus amb valor comercial alt en el moment de l'extracció.

El sistema de projecció forestal FORMES conté un mòdul per simular la gestió forestal (Trasobares et al. 2022). Aquest mòdul permet especificar els nivells de fusta objectiu (o demanda de fusta) per a cada espècie forestal a escala provincial o nacional. També inclou una sèrie de prescripcions silvícoles a nivell d'espècie que s'apliquen a escala del rodal segons l'espècie dominant (o qualsevol altra classificació dels rodals en diferents tipologies forestals). El fet que la dinàmica forestal en FORMES està basada en models d'arbre individual permet una descripció detallada de l'estructura del rodal i la seva dinàmica, la qual cosa confereix suficient flexibilitat per simular tot de tractaments silvícoles, tant per a rodals regulars com irregulars, o per a rodals purs i mixtes. La combinació de diferents nivells d'explotació de la fusta, les variacions en les prescripcions silvícoles (com ara el període de rotació o el DBH² mitjà de les talles finals) permeten simular possibles alternatives de gestió a escala local.

Per simular el sistema de gestió forestal actual per cada una de les espècies dominants s'han adoptat les prescripcions silvícoles descrites a la Taula 8.

Espècie	Sistema gestió	Tipus aclarides ¹	Llindar AB per l'aclarida ²	Percentatge d'AB a extreure en l'aclarida	DBH mitjà ³	Percentatge d'AB a extreure en les tallades de regeneració ⁴
<i>Pinus sylvestris</i>	Regular	Alta	33 m ² /ha	50%	35 cm	60% - 100%
<i>Pinus nigra</i>	Regular	Alta	33 m ² /ha	50%	35 cm	60% - 100%
<i>Pinus uncinata</i>	Regular	Alta	33 m ² /ha	45%	35 cm	60% - 100%
<i>Quercus spp.</i>	Irregular	Alta	22 m ² /ha	35%		

¹ les aclarides de millora poden ser de tipus Alta - afecta principalment peus de l'estrat dominant i codominant, Baixa - afecta principalment peus de l'estrat dominat, Mixta - afecta peus tant de l'estrat superior com de l'inferior, Sistemàtica - aclarida realitzada utilitzant un criteri rígid de marcatge per raó de la situació de l'arbre, sense tenir en compte l'estrat que ocupa, la dimensió i el fenotip o vitalitat de l'arbre, o Selectiva - tipus d'aclarida que fomenta el creixement individual dels millors peus de la massa mitjançant l'eliminació dels seus competidors; pot ser amb selecció d'arbres de futur o sense.

² determina la freqüència de les aclarides

³ diàmetre mig per a començar les tallades de regeneració

⁴ percentatge d'àrea basal (AB) a extreure del total d'àrea basal del rodal en la primera tallada, la segona tallada (10 anys després de la primera) i la tercera tallada (20 anys després de la primera tallada)

Taula 8. Prescripcions silvícoles actuals per les principals espècies forestals de Soriguera.

3.4.2. Provisió futura de serveis ecosistèmics

S'ha estimat la provisió futura de serveis ecosistèmics si es manté la tendència socioeconòmica i la gestió forestal de les darreres dècades amb les mateixes aproximacions metodològiques aplicades per calcular la provisió actual (Taula 9).

A futur, es produirien 55.4 Hm³ d'aigua blava anualment, 1.7 Hm³ menys que actualment (Figura 15).

La càrrega de combustible en superfície mitjana a les zones agrícoles, de prats/pastures, matollars i arbrades seria de 2.48 t/ha, 4.68 t/ha, 29.4 t/ha i 12.2 t/ha, respectivament. Els augments relatius més rellevants es donarien en les zones de prats/pastures i matollars que serien de 28.6% i 49.2%, respectivament. El total de càrrega de combustible en superfície al municipi seria de 151.434 tones que representa un 7.6% més que actualment (Figura 16), fet preocupant respecte el risc de grans incendis forestals.

La producció agrícola s'estima que es reduiria en un 26% respecte a l'actual.

Les zones de prats/pastures ocuparien 496 ha i estarien concentrades a l'estatge subalpí majoritàriament. Aquestes zones suposen una contribució de només 252 UBM, menys de la meitat del que ho fan en l'actualitat, que potencialment suposen 576 UBM.

Els indicadors relacionats amb la biodiversitat forestal passarien a ser: la diversitat estructural de 0.52 a 0.43, el volum d'arbres grans de 9.9 m³/ha a 25.5 m³/ha i la biomassa de la fusta morta de 3.3 Mg/ha a 4.9 Mg/ha. L'índex de biodiversitat potencial que agrega aquests 3 factors s'elevaria de 0.29 a 0.36 (Figura 17). Així, l'envelliment dels boscos disminueix la seva diversitat estructural però augmenta la presència d'arbres grans i fusta morta. Ara bé, aquestes tendències estan subjectes a que cap pertorbació natural com els incendis forestals o les plagues afecti de forma severa els boscos.

Finalment, els estocs de carboni en peu en les zones arbrades augmentarien considerablement, tant per la pròpia dinàmica del bosc com per la poca activitat silvícola que s'ha plantejat, passant de 276 Mg C/ha a 405 Mg C/ha (+46.7%) (Figura 18). No obstant això, en les simulacions realitzades no s'ha inclòs l'efecte que els incendis forestals tenen sobre els estocs de carboni de la biomassa viva. Si aquestes pertorbacions són d'alta intensitat el potencial de reduir els estocs de carboni dels boscos és molt significatiu i s'hauria de tenir en compte en futurs estudis.

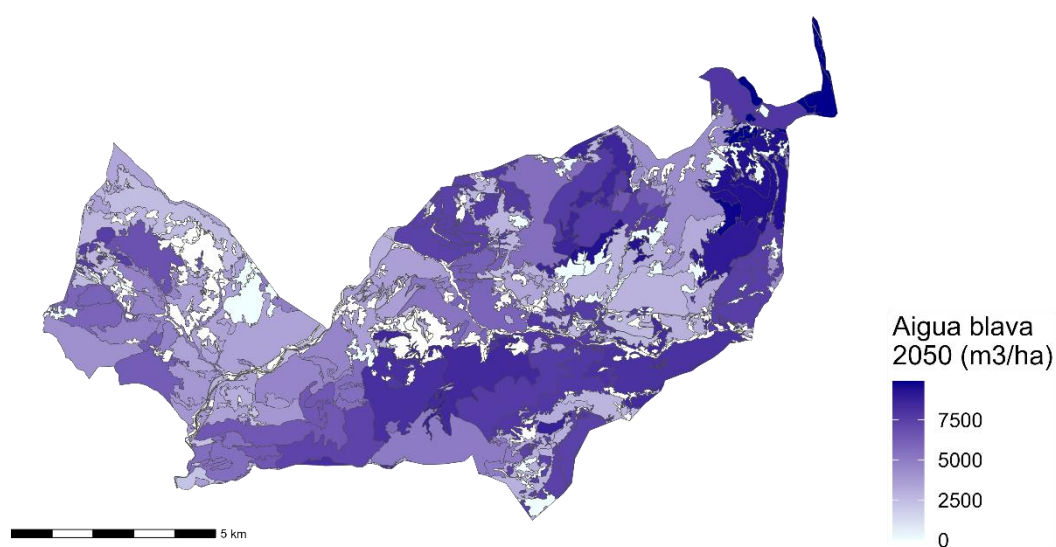


Figura 15. Provisió futura d'aigua blava en les zones forestals i agrícoles de Soriguera si es manté la tendència socioeconòmica i la gestió forestal de les darreres dècades.

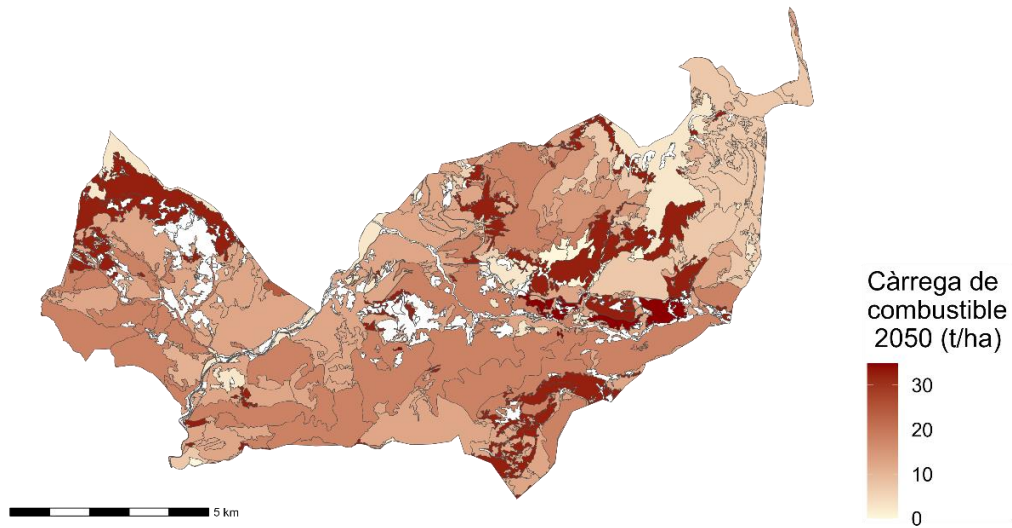


Figura 16. Càrrega de combustible en superfície en les zones forestals de Soriguera si es manté la tendència socioeconòmica i la gestió forestal de les darreres dècades.

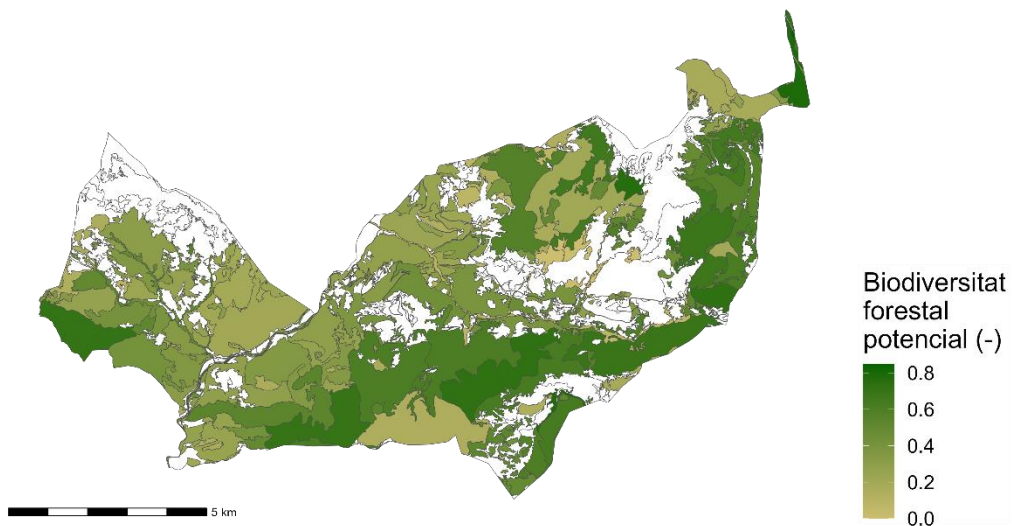


Figura 17. Índex de biodiversitat forestal potencial de les zones arbrades de Soriguera si es manté la tendència socioeconòmica i la gestió forestal de les darreres dècades.

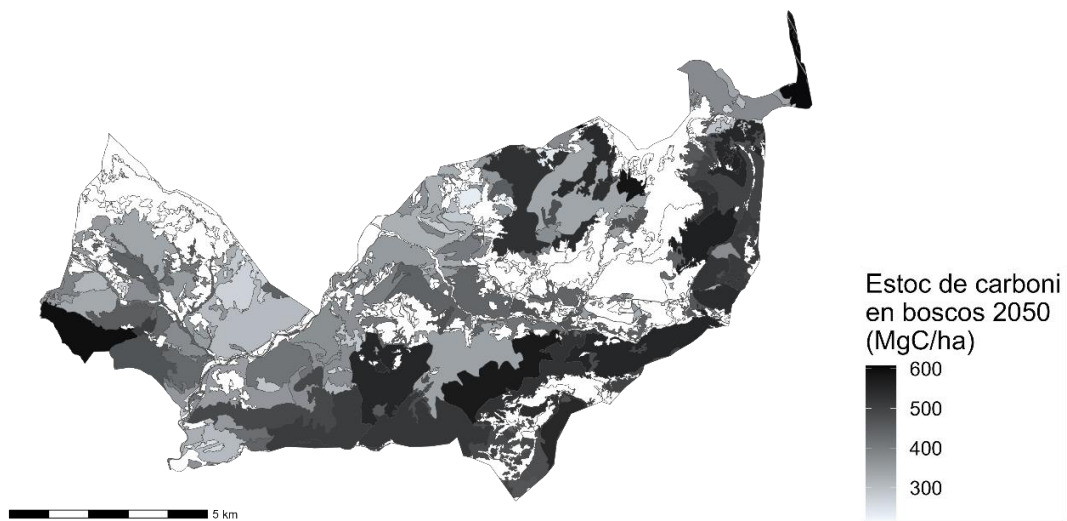


Figura 18. Estoc de carboni en les zones arbrades de Soriguera si es manté la tendència socioeconòmica i la gestió forestal de les darreres dècades.

Servei ecosistèmic	Variable (Unitats)	Actual	Futur mantenint tendència	Δ (%)
Aigua	Aigua blava (Hm3)	57.1	55.4	-3%
Activitat agro-ramadera	Càrrega ramadera (UBG)	1464	1085	-26%
	Producció agrícola (t)	3713	2747	-26%
Risc incendi	Càrrega combustible en superfície (Mg/ha)	10.8	12.2	13%
	Biomassa en peu (Mg/ha)	102	153	50%
Activitat silvícola	Producció fusta (m3/any)	2517	2517	0%
	Coeficient variació DBH (-)	0.52	0.43	-17%
Biodiversitat	Volum arbres grans (m3/ha)	9.85	25.5	159%
	Biomassa fusta morta (Mg/ha)	3.3	4.9	50%
	Índex biodiversitat forestal potencial [0,1]	0.29	0.36	25%
Mitigació canvi climàtic	Estoc de carboni / Biomassa en peu (-)	2.70	2.64	-2.0%

Taula 9. Comparativa de la provisió de serveis ecosistèmics a Soriguera en l'estat actual i en el supòsit de mantenir la tendència socioeconòmica de les darreres dècades.

3.5. Cap a una proposta de paisatge agroforestal resilient

Per tal d'elaborar una proposta preliminar de paisatge agroforestal resilient es van establir, per una banda, els canvis de cobertes del sòl potencials que poden afectar a les principals cobertes del sòl (Figura 19) i, per una altra banda, una sèrie d'itineraris de gestió forestal alternatius a l'actual que potencialment puguin contribuir favorablement a assolir les premisses de resiliència global.

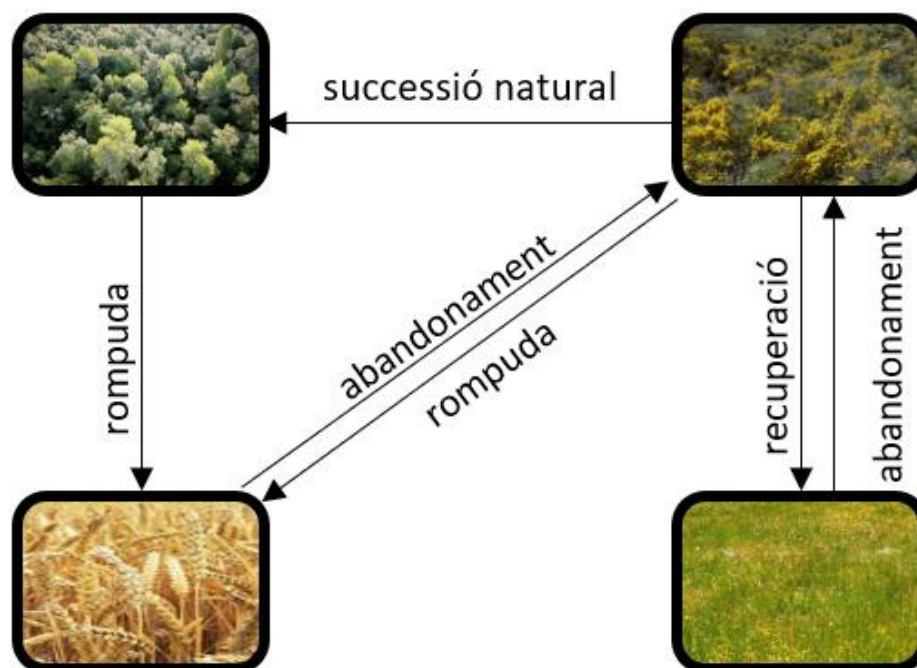


Figura 19. Canvis potencials de cobertes del sòl a Soriguera entre bosc, matollar, conreus i prats/pastures (d'esquerra a dreta i de dalt a baix).

3.5.1. Itineraris de gestió forestal

Per a les zones arbrades de Soriguera, es proposen tres models de gestió forestal alternatius a l'actual, o al que majoritàriament s'està aplicant avui en dia, per tal d'oferir variants de gestió que puguin modificar la provisió futura d'alguns serveis ecosistèmics. A continuació s'especifiquen les prescripcions silvícoles associades per a cada una de les espècies forestals dominants a Soriguera: pi roig, pi negre, pinassa i alzines i roures (Figura 5). El model ORGEST està basat principalment en una gestió regular en la qual s'intervé amb més freqüència que en l'itinerari actual, però extraient un percentatge d'àrea basal entre un 5% i un 15% inferior segons l'espècie (Taula 10). El model naturalístic o gestió forestal propera a la natura pretenen emular els efectes de les perturbacions naturals de baixa intensitat en les masses forestals. També busca aprofitar la forma i disposició dels arbres en peu per limitar la llum que arriba al sotabosc i regular així de forma natural la cobertura arbustiva de sota bosc (Taula 11). I en últim lloc, l'adevesament és un itinerari silvícola per transformar els boscos en una formació de devesa on es combina la presència de pocs arbres de gran diàmetre amb una coberta herbàcia que pot tenir finalitats de pasturatge i ser aprofitada pels ramats (Taula 12).

Espècie	Sistema gestió	Tipus aclarides	Llindar AB per l'aclarida ¹	Percentatge d'AB a extreure en l'aclarida	DBH mitjà ²	Percentatge d'AB a extreure en les tallades de regeneració ³
<i>Pinus sylvestris</i>	Regular	Mixta	33 m ² /ha	35%	45 cm	45% - 55% - 100%
<i>Pinus nigra</i>	Regular	Mixta	33 m ² /ha	35%	45 cm	45% - 55% - 100%
<i>Pinus uncinata</i>	Irregular	Alta	33 m ² /ha	30%		
<i>Quercus spp.</i>	Irregular	Mixta	27 m ² /ha	35%		

¹ determina la freqüència de les aclarides

² diàmetre mig (DBH) per a començar les tallades de regeneració

³ percentatge d'àrea basal (AB) a extreure del total d'àrea basal del rodal en la primera tallada, la segon tallada (10 anys després de la primera tallada) i la tercera tallada (20 anys després de la primera tallada)

Taula 10. Prescripcions silvícoles seguint un model ORGEST per les principals espècies forestals de Soriguera.

Espècie	Sistema gestió	Tipus aclarides	Llindar AB per l'aclarida	Percentatge d'AB a extreure en l'aclarida
<i>Pinus sylvestris</i>	Irregular	Mixta	27 m ² /ha	25%
<i>Pinus nigra</i>	Irregular	Mixta	27 m ² /ha	25%
<i>Pinus uncinata</i>	Irregular	Mixta	27 m ² /ha	25%
<i>Quercus spp.</i>	Irregular	Mixta	22 m ² /ha	30%

Taula 11. Prescripcions silvícoles seguint un model naturalística per les principals espècies forestals de Soriguera.

Espècie	Sistema gestió	Tipus aclarides	Llindar AB per l'aclarida	Percentatge d'AB a extreure en l'aclarida	Distribució d'AB a extreure en l'aclarida per classe diamètrica ¹
<i>Pinus sylvestris</i>	Irregular	Selectiva	30 m ² /ha	50%	CD 10-15: 35% CD 20-25: 45% CD ≥30: 20%
<i>Pinus nigra</i>	Irregular	Selectiva	30 m ² /ha	40%	CD 10-15: 35% CD 20-25: 45% CD ≥30: 20%
<i>Pinus uncinata</i>	Irregular	Selectiva	25 m ² /ha	40%	CD 10-15: 40% CD 20-35: 40% CD ≥30: 20%
<i>Quercus spp.</i>	Irregular	Mixta	27 m ² /ha	50%	

² classe diamètrica CD 10 cm = [7.5–12.5), CD 15 cm = [12.5–17.5), CD 20 cm = [17.5– 22.5), CD 25 cm = [22.5– 27.5), CD 30 cm = [27.5– 32.5), ...

Taula 12. Prescripcions silvícoles seguint un model d'adevesament per les principals espècies forestals de Soriguera.

3.5.2. L'eina d'optimització espacial

Per elaborar una proposta preliminar de paisatge agroforestal resilient per Soriguera a 2050 s'ha utilitzat el model de dinàmica i gestió forestal FORMES (Trasobares et al. 2022) per simular els diferents models de gestió i estimar l'evolució de les masses forestals segons cada model alternatiu (Taules 8, 10, 11 i 12). També s'han considerat tots els canvis de cobertes del sòl possibles per a cada segment del territori (Figura 4 i 19). Així es crea el que s'anomena l'espai de decisió, és a dir, una matriu de dades, on per cada segment de Soriguera figuren totes les alternatives de canvi possibles. A més, en aquest espai de decisió, cada una de les alternatives va acompanyada de l'estimació a futur de tots els serveis ecosistèmics considerats (Taula 9), que s'ha realitzat seguint la mateixa metodologia aplicada per estimar-ne la provisió actual (vegeu secció 3.3). L'eina d'optimització espacial es basa en aquest espai de decisió i en una sèrie de pesos associats a cada servei ecosistèmic per tal de trobar una solució òptima que maximitzi tots els serveis ecosistèmics respectant l'ordre de prioritització establert pels pesos. S'obté així una proposta genèrica paisatge agroforestal resilient per Soriguera en la que s'atorga la mateixa prioritat als quatre principals serveis ecosistèmics considerats (Taula 13). L'eina d'optimització dona com a resultat una solució òptima que maximitza els serveis ecosistèmics respectant tal prioritització.

Servei ecosistèmic	Variable	Pes
Producció d'aigua blava	Aigua blava	0.25
Risc d'incendi	Càrrega de combustible en superfície	0.25
Biodiversitat	Índex combinat que inclou la diversitat estructural, el volum d'arbres grans i la biomassa de fusta morta	0.25
Activitat ramadera	Càrrega ramadera	0.25

Taula 13. Pesos assignats a les variables de la funció objectiu optimitzada.

3.6. Inclusió de les zones específiques segons criteri expert

A partir de la proposta genèrica de paisatge resilient agroforestal a Soriguera, derivat del procés d'optimització dels principals serveis ecosistèmics de forma equitativa (Taula 13), s'han consultat els experts del territori en diferents àmbits d'acció per tal de caracteritzar i identificar aquelles zones específiques per a la prioritització d'una certa activitat, que requereixen mesures especials de gestió o que puguin presentar restriccions respecte als canvis proposats. D'aquesta manera es pretén dissenyar un pla d'accions que conduixin el territori a ser un paisatge agroforestal resilient respectant, de forma consensuada, les prioritzacions de cada àmbit expert. Les zones específiques segons criteri expert son, per una banda, les àrees amb vocació agro-ramadera, per l'altra les àrees prioritàries per a la conservació de la biodiversitat i per últim, les àrees estratègiques per a la prevenció de grans incendis forestals.

3.6.1. Priorització l'activitat agro-ramadera

Per delimitar les àrees amb vocació agro-ramadera es va considerar que la informació de l'ús del sòl de meitats del s. XX podria ser rellevant per identificar les zones amb potencial agrícola o ramader (Figura 20). Per a poder treballar amb aquesta cartografia, es va realitzar una fotointerpretació de les grans àrees de cultius i bosc dens el 1956 (Figura 21).

Les zones potencials per a ser conreades actualment resulten d'agrupar les zones de cultius passades i actuals, sent un total de 1.497 ha (Figura 22). Però potencials no significa viables, per aquest motiu hem incorporat unes restriccions o requisits: que siguin mecanitzables, amb pendent $\leq 20\%$, amb una distància a qualsevol nucli urbà ≤ 1.500 m, de superfície mínima > 3.000 m² i per sota d'una altitud ≤ 1500 m. Aplicant aquestes restriccions, 221 ha són zones òptimes per a nous conreus, podent doblar la superfície actual dedicada a la producció agrícola (Figura 23).

Les zones que potencialment podrien tenir una vocació ramadera i es podrien pasturar són aquelles que no eren ni cultius ni bosc dens el 1956 i que tampoc estan conreades en l'actualitat (Figura 24). De la mateixa manera que a partir de les zones agrícoles potencials es delimiten les viables, les zones amb vocació ramadera que permeten el manteniment mecanitzat són aquelles amb orientació sud o oest i pendent que permeti el manteniment mecanitzat $\leq 30\%$ (Figura 25). Aquestes zones representarien una extra de 961 ha per ser dedicat a l'activitat ramadera ja sigui adevesant el bosc o creant noves pastures.

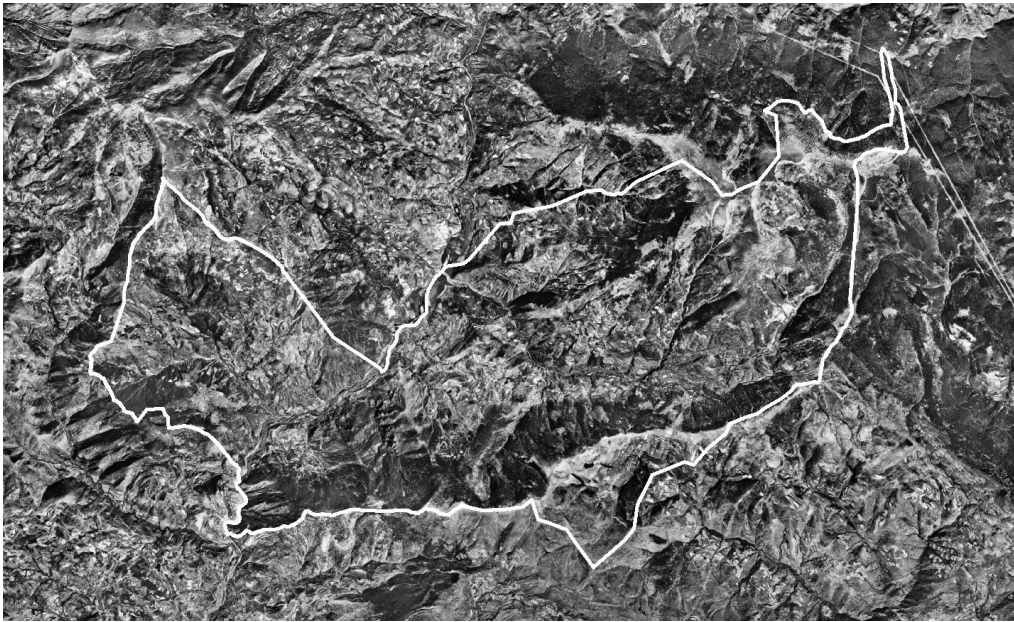


Figura 20. Ortofoto 1956 de Soriguera.

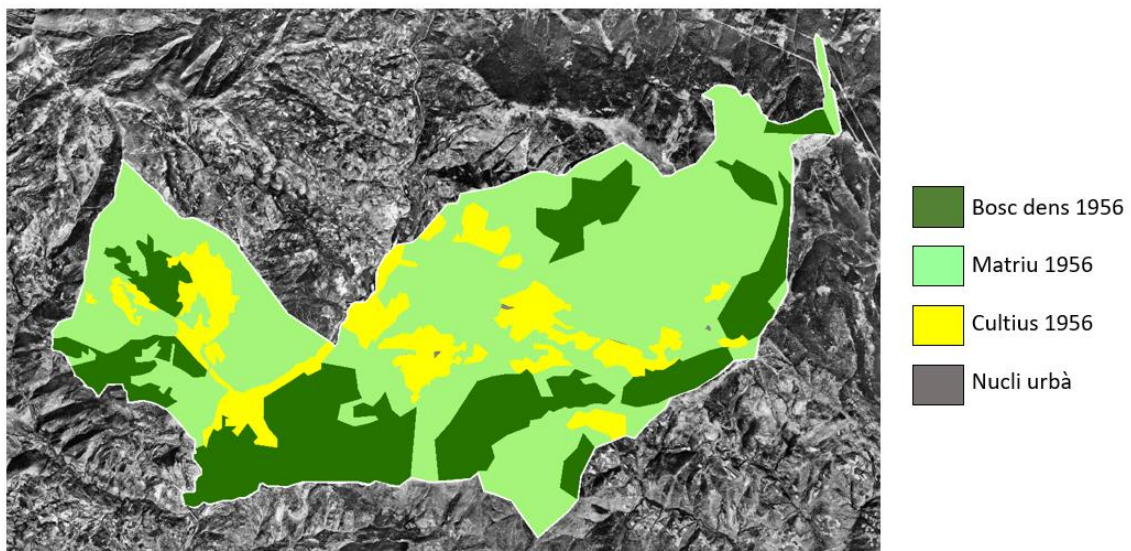


Figura 21. Delimitació per fotointerpretació de les zones de cultius i bosc dens el 1956 a Soriguera. La zona matriu engloba les zones forestals de bosc clar, matollars, prats, pastures, herbassars i sòls nus.



Figura 22. Els cultius potencials són les zones de cultius del 1956 agregades als cultius actuals. La zona matriu engloba les zones forestals de bosc clar, matollars, prats, pastures, herbassars i sòls nus.

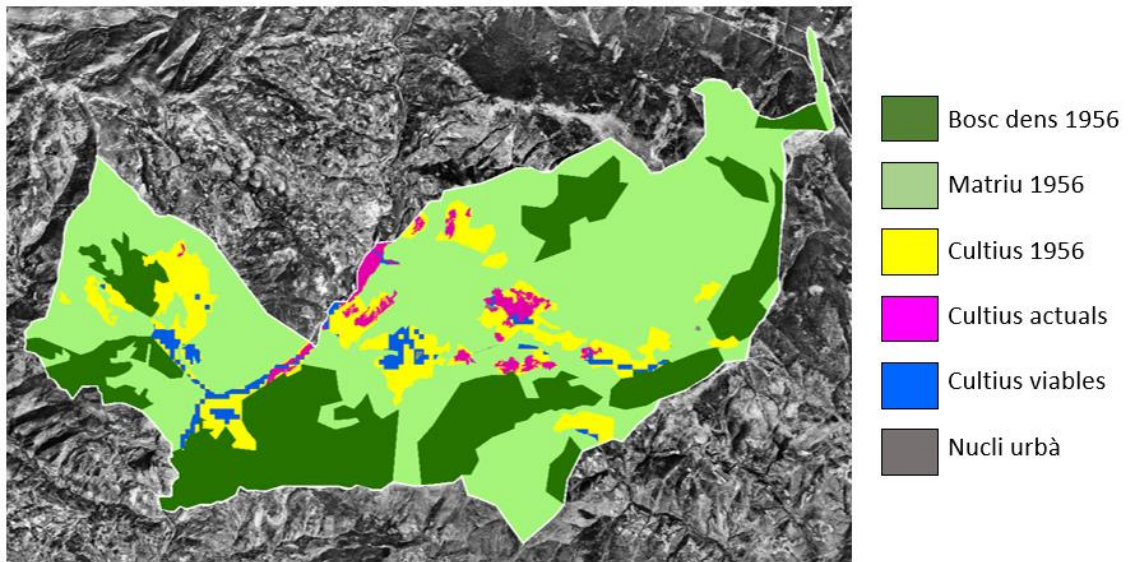


Figura 23. Els cultius viables són les zones de cultius del 1956 agregades als cultius actuals sempre i quan pendent $\leq 20\%$, distància nucli urbà $\leq 1500\text{m}$, superfície $> 3000\text{ m}^2$ i elevació $\leq 1500\text{ m}$. La zona matriu engloba les zones forestals de bosc clar, matollars, prats, pastures, herbassars i sòls nus.

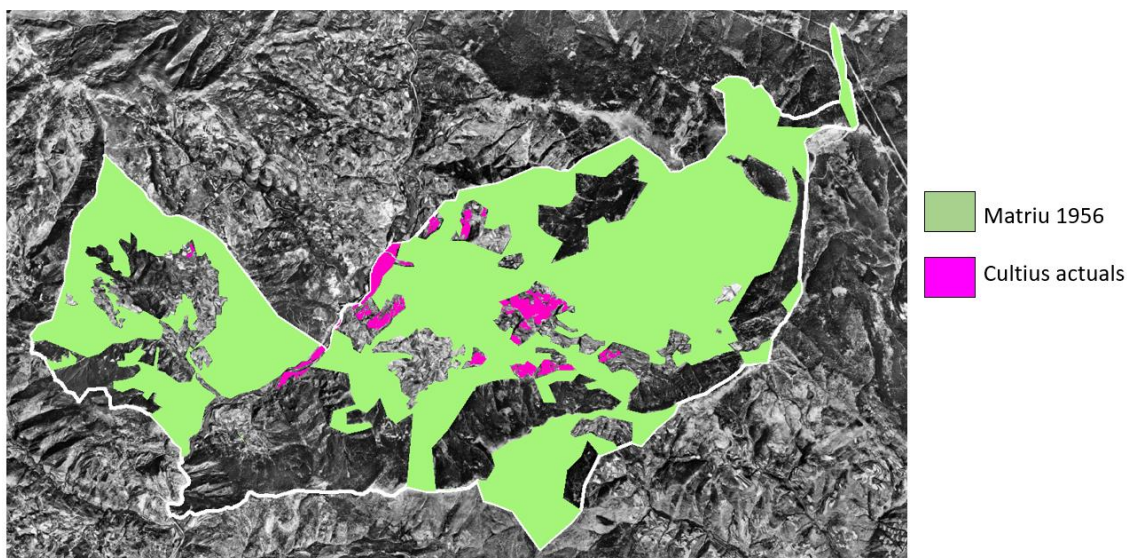


Figura 24. Les zones potencials per a l'activitat ramadera són les zones que no eren cultius ni bosc dens el 1956 i també s'exclouen els cultius actuals. La zona matriu engloba les zones forestals de bosc clar, matollars, prats, pastures, herbassars i sòls nus.

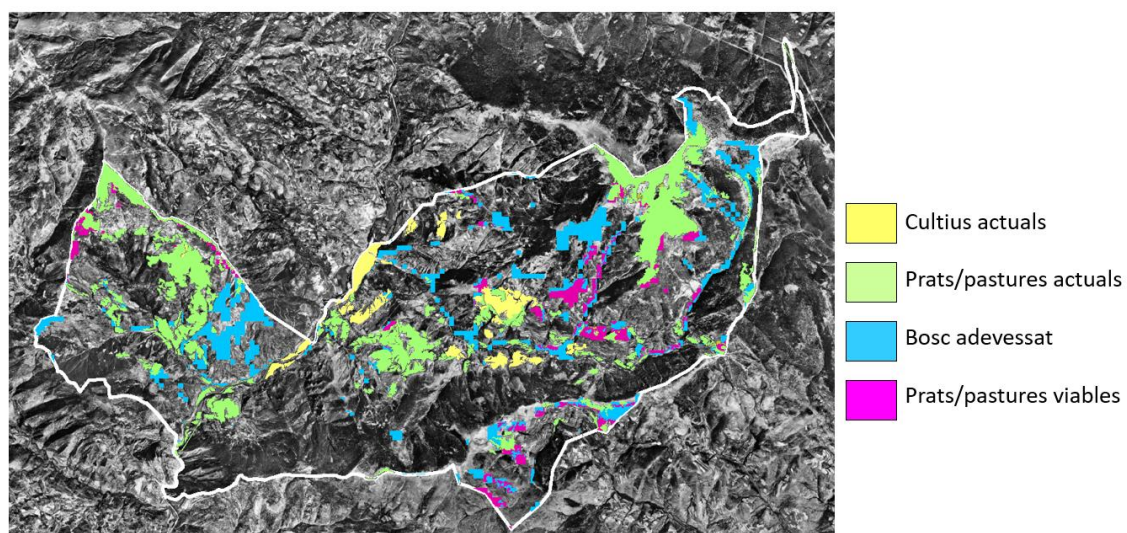


Figura 25. Les zones viables per a l'activitat ramadera són les zones potencials limitades a les orientacions sud i oest i amb pendent $\leq 30\%$ agregades als prats/pastures actuals.

A més es disposa del pla de recuperació de pastures dissenyat ad hoc per la DG d'Ecosistemes Forestals i Gestió del Medi, amb la col·laboració i aprovació dels ramaders de la zona i consensuat amb els tècnics del Parc Natural de l'Alt Pirineu que proposa crear noves àrees de pastures ja sigui estassant el matollar o reduint la densitat de peus de zones arbrades amb vocació silvo-pastoral en un total de 517 ha (Figura 26).

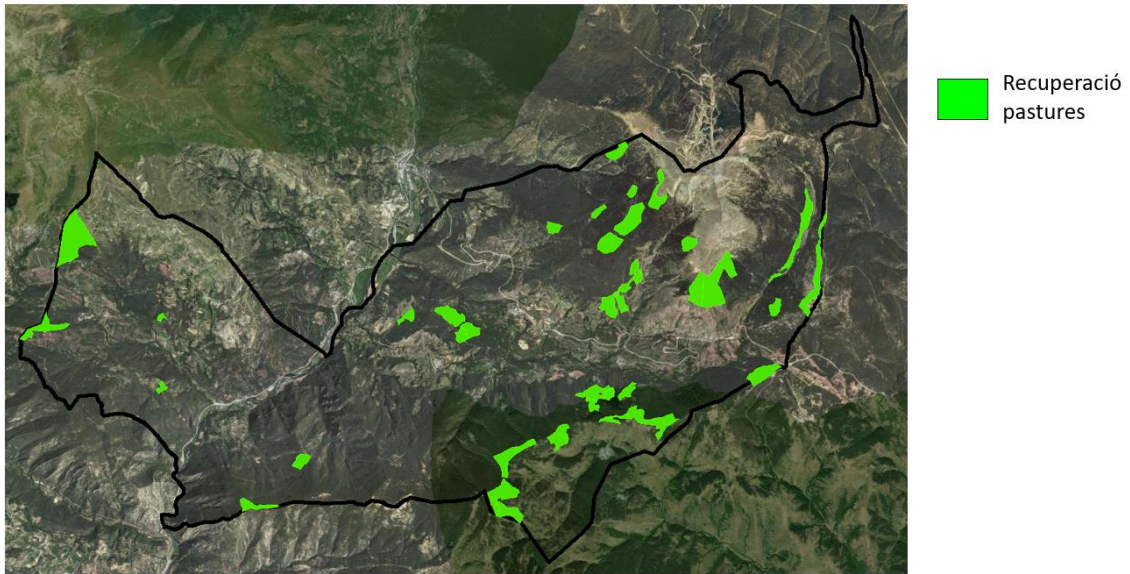


Figura 26. Pla de recuperació de pastures.

3.6.2. Priorització de la conservació de la biodiversitat

Els tècnics del Parc Natural de l'Alt Pirineu van delimitar una sèrie de zones prioritàries per a la conservació en les que les intervencions antròpiques com ara la construcció de pistes, les operacions silvícoles, etc. s'haurien d'evitar, minimitzar o dissenyar per produir el menor impacte a la fauna i la flora protegida que hi té l'hàbitat (Figura 27). També es van identificar zones d'un elevat o important ús social que haurien de rebre un tractament similar a aquelles zones prioritàries per a la conservació de la fauna i la flora (Figura 28).

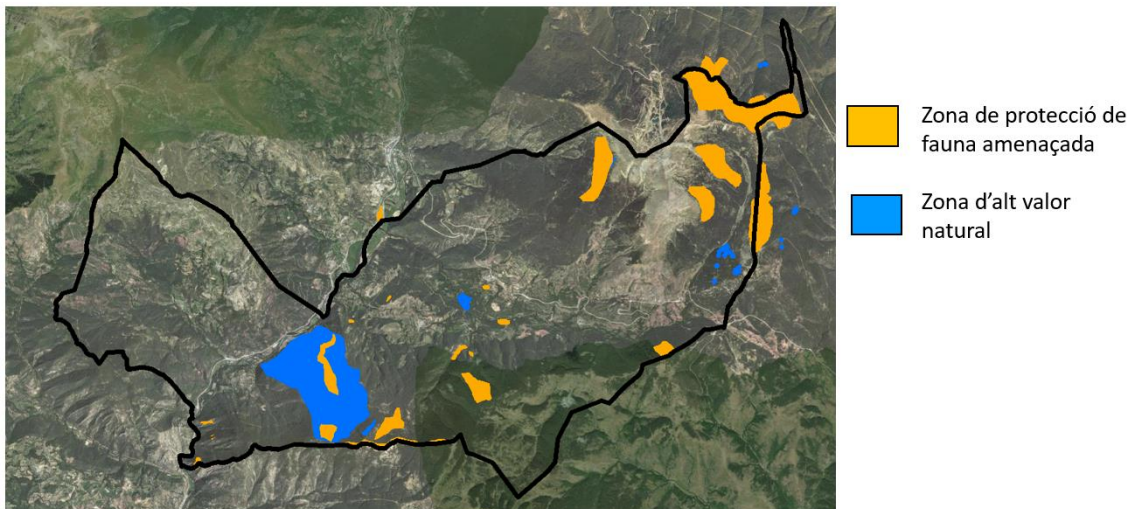


Figura 27. Zones prioritàries per a la conservació de la biodiversitat.

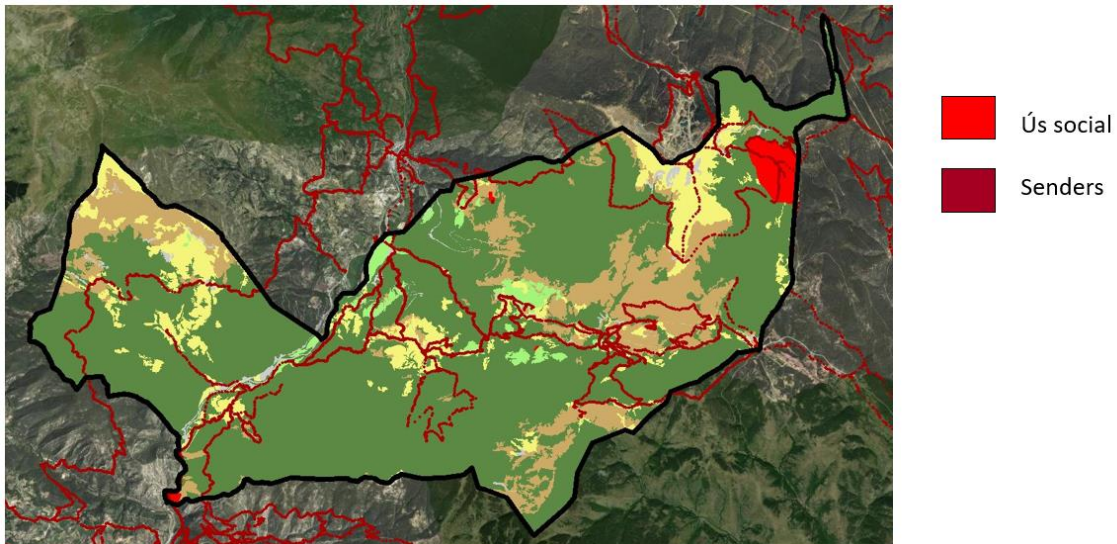


Figura 28. Priorització del paisatge i de l'ús social.

Considerant la informació disponible, es va considerar necessari **incloure com a zones que potencialment podrien requerir un tractament o gestió especial els Hàbitats d'Interès Comunitari (HIC)**, que estan recollits a l'annex I de la Directiva hàbitats i són la base per a la designació d'espais protegits de la xarxa Natura 2000 com a zones d'especial conservació (ZEC). Els instruments de gestió dels espais ZEC determinen les mesures de gestió aplicables als HICs que són element clau en cada espai ZEC.

Segons la Directiva Hàbitats 92/43/CEE, un hàbitat és una zona terrestre o aquàtica diferenciada per les seves característiques geogràfiques, abiòtiques i biòtiques, tant si són totalment naturals com si són seminaturals. Els hàbitats d'interès comunitari són els hàbitats naturals que compleixen alguna d'aquestes característiques: estan amenaçats de desaparició en la seva àrea de distribució natural a la Unió Europea, tenen una àrea de distribució reduïda a causa de la seva regressió o a causa de tenir una àrea reduïda per pròpia naturalesa, o bé són exemples representatius d'una o diverses de les sis regions biogeogràfiques de la UE, és a dir l'alpina, l'atlàntica, la boreal, la continental, la macaronèsica i la mediterrània.

En la designació com a Zona d'Espacial Conservació de cada espai protegit es determinen quines espècies i hàbitats són els elements clau que justifiquen la protecció d'aquell espai, d'acord amb uns criteris estandarditzats. A Catalunya es considera que un HIC és un element clau si compleix els criteris següents:

- presenta a l'espai més del 2% de la superfície que ocupa a la regió biogeogràfica mediterrània o alpina de Catalunya
- presenta un valor d'amenaça 3 o 4 (segons l'avaluació del grau d'amenaça i de l'interès de conservació dels hàbitats de Catalunya; Carrerras i Ferré, 2013) i ocupa més del 5% de la superfície total de l'espai
- és un hàbitat puntual o sense cap superfície assignada, la representativitat del qual és considerada com a representativitat excel·lent o bona en l'espai
- és un hàbitat marí

Les mesures de gestió activa per a la conservació dels hàbitats definides per la regió biogeogràfica cal aplicar-les en les ZEC on els HIC són elements clau.

A Soriguera, hi ha presents 16 HIC, ocupant una superfície total efectiva de 5.729 ha, ja que es té en compte que els HIC “3240 - Rius de tipus alpí amb bosquines de muntanya” i “92A0 - Alberedes, salzedes i altres boscos de ribera” se superposen amb l’HIC “91E0 - Vernedes i altres boscos de ribera afins” (Figura 29).

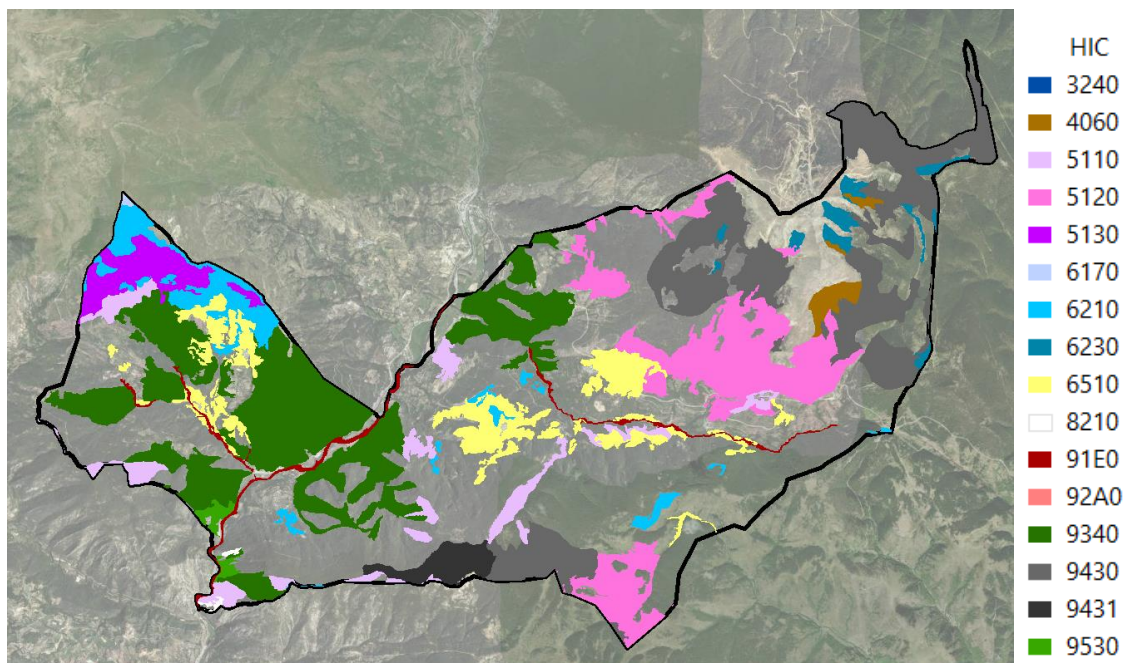


Figura 29. Hàbitats d'Interès Comunitari a Soriguera.

Per determinar quines zones on hi ha presents els HIC cal realitzar-hi mesures de gestió, s’ha creuat la cartografia dels Hàbitats d’Interès Comunitari amb la de la Xarxa Natura 2000 i s’han identificat els polígons dels HIC que són element clau per cada un dels espais Natura 2000 presents a Soriguera (“ES0000022 - Aigüestortes” i “ES5130003 - Alt Pallars”) i segons la regió biogeogràfica a la qual es troba l’HIC (Taula 14). **Els HIC que són element clau i seran considerats en la prioritització espacial per a determinar el paisatge resilient potencial a Soriguera, ocupen un total de 3.704 ha i representen el 35% del territori municipal** (Figura 30). En aquests espais HIC, en ser elements clau requereixen una gestió activa per garantir el bon estat de conservació d’aquests hàbitats. En canvi, pels que només són presents però no es consideren elements clau també cal garantir-ne el bon estat de conservació tot i no requerir gestió activa, o sigui cal prevenir i evitar possibles impactes negatius en aquests HIC. Aquesta gestió s’haurà de compatibilitzar amb altres prioritats rellevants com per exemple la prevenció d’incendis.

Codi HIC	Nom de l'Hàbitat d'Interès Comunitari	Regió biogeogràfica	ES0000022 Aigüestortes	ES5130003 Alt Pallars
3240	Rius de tipus alpí amb bosquines de muntanya	Mediterrània		EC
4060	Matollars alpins i boreals	Alpina		EC
5110	Boixedes xerotermòfiles permanents, dels vessants rocosos	Alpina	PR	PR
		Mediterrània	PR	PR
5120	Formacions muntanyenques de bàlec (<i>Genista balansae subsp. europaea</i> = <i>Cytisus purgans</i>)	Alpina		EC

5130	Formacions de <i>Juniperus communis</i> colonitzadores de landes o de pastures calcícoles	Alpina	EC	
6170	Prats calcícoles alpins i subalpins	Alpina	EC	
6210	Prats -i fàcies emmatades- medioeuropeus, seminaturals, sobre substrat calcari (<i>Festuco-Brometea</i>)	Alpina	EC	PR
		Mediterrània		PR
6230	Prats de pèl caní (<i>Nardus stricta</i>), rics florísticamet, dels terrenys silícis de la muntanya mitjana atlàntica o subatlàntica	Alpina		EC
6510	Prats de dall de terra baixa i de la muntanya mitjana (<i>Arrhenatherion</i>)	Alpina		EC
		Mediterrània		EC
8210	Costers rocosos calcaris amb vegetació rupícola	Alpina	EC	EC
		Mediterrània	EC	EC
91E0p	Vernedes i altres boscos de ribera afins (<i>Alno-Padion</i>)	Alpina		EC
		Mediterrània		EC
92A0	Alberedes, salzedes i altres boscos de ribera	Mediterrània		PR
9340	Alzinars i carrascars	Alpina	PR	EC
		Mediterrània	PR	EC
9430	Boscos de pi negre (<i>Pinus uncinata</i>) sobre substrat silici	Alpina		EC
9430p	Boscos de pi negre (<i>Pinus uncinata</i>) sobre substrat calcari	Alpina		EC
9530p	Pinedes submediterrànies de pinassa (<i>Pinus nigra</i> subsp. <i>salzmannii</i>)	Mediterrània	PR	EC

Taula 14. Hàbitats d'Interès Comunitari presents a cada espai de la XN2000 de Soriguera. Es determina per cada HIC en cada espai si només hi és present (PR) o si es considera element clau (EC).

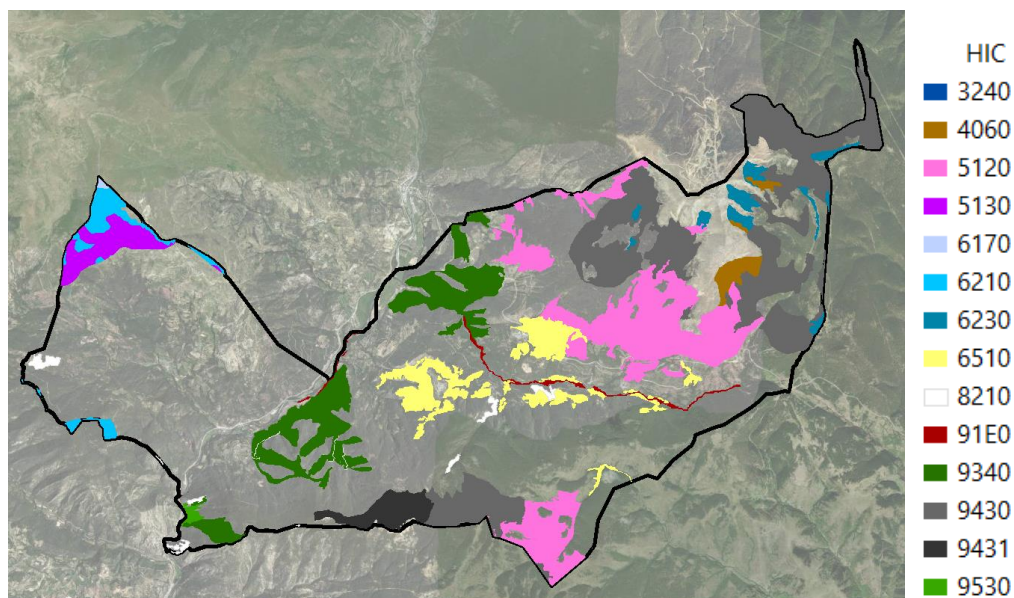


Figura 30. Hàbitats d'Interès Comunitari que són element clau a cada espai de la XN2000 de Soriguera.

3.6.3. Priorització de la prevenció de grans incendis forestals

Tècnics del Grup de Recolzament d'Actuacions Forestals del cos de Bombers de la Generalitat van proporcionar les zones estratègiques per prevenir grans incendis forestals (Figura 31). En conjunt, vas ser una proposta de condicions òptimes, és a dir, un seguit

d'actuacions tàcticament ideals per reduir el risc d'incendi però que responen a una situació de màxima capacitat d'actuació en el territori sense contemplar altres prioritats. En aquestes zones les actuacions a realitzar van molt lligades a trencar la continuïtat de les grans masses de combustible per minimitzar el potencial dels grans incendis forestals i evitar que traspassin d'un vessant a un altre dels diferents massissos que es troben en el municipi.

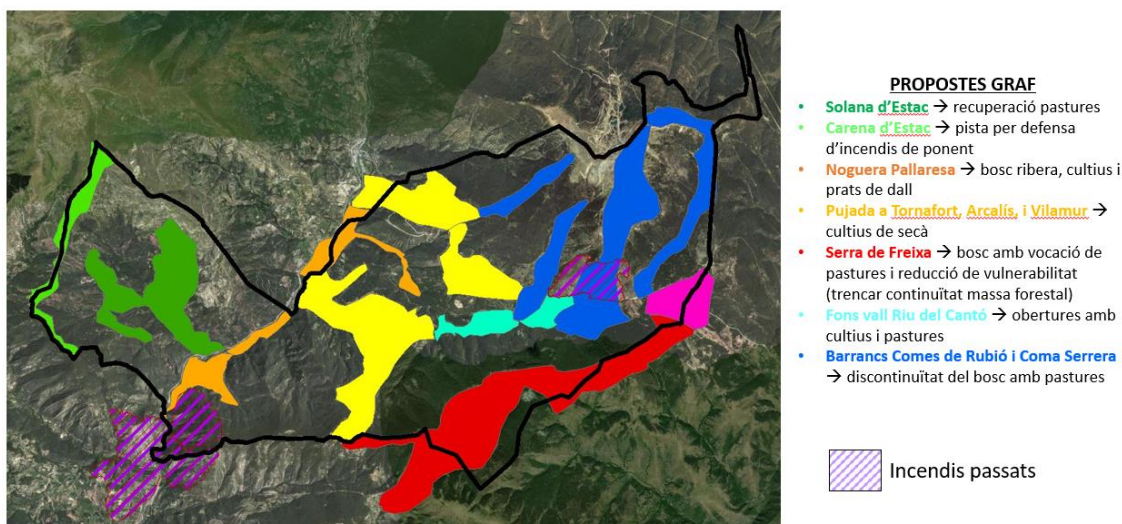


Figura 31. Zones estratègiques per a la prevenció de grans incendis forestals proposades pels GRAF amb el tipus d'actuacions que preferiblement s'haurien de dur a terme.

3.6.4. Resolució de zones de solapament

Es va posar un especial èmfasi en acordar entre tots els actors involucrats les actuacions que es podrien dur a terme en les zones de superposició amb diferents prioritats, entre les quals hi havia zones per a la conservació de la biodiversitat, la prevenció d'incendis, actuacions forestals previstes i prioritització de l'activitat agro-ramadera.

Els tècnics de la DG d'Ecosistemes Forestals i Gestió del Medi van recalcar que dins de la zona proposada per a evolució natural per part dels tècnics del PN, hi ha una zona estratègica de prevenció d'incendis forestals propera a les pistes forestals i que caldria considerar-se com a prioritària (Figura 32). La silvicultura que es plantegi en aquesta àrea hauria d'acompanyar les masses forestals a ser resistents al foc i alhora minimitzar les intervencions.

Algunes de les zones delimitades dins del pla de recuperació de pastures coincideixen amb zones de protecció de fauna amenaçada. Com que aquest pla va estar consensuat amb els tècnics del Parc Natural de l'Alt Pirineu, s'ha acordat que les intervencions que potencialment es duguin en aquestes àrees haurien de minimitzar l'impacte negatiu que pogués causar en l'hàbitat de les espècies protegides (Figura 33).

S'han contrastat les zones estratègiques per a la prevenció d'incendis forestals amb un ús clarament forestal. Els tècnics de la DG d'Ecosistemes Forestals i Gestió del Medi van indicar que les activitats silvícoles no representaven un conflicte i que fins i tot algunes accions no seria viable dur-les a terme ja sigui per la falta d'accessos o els forts pendents (Figura 34).

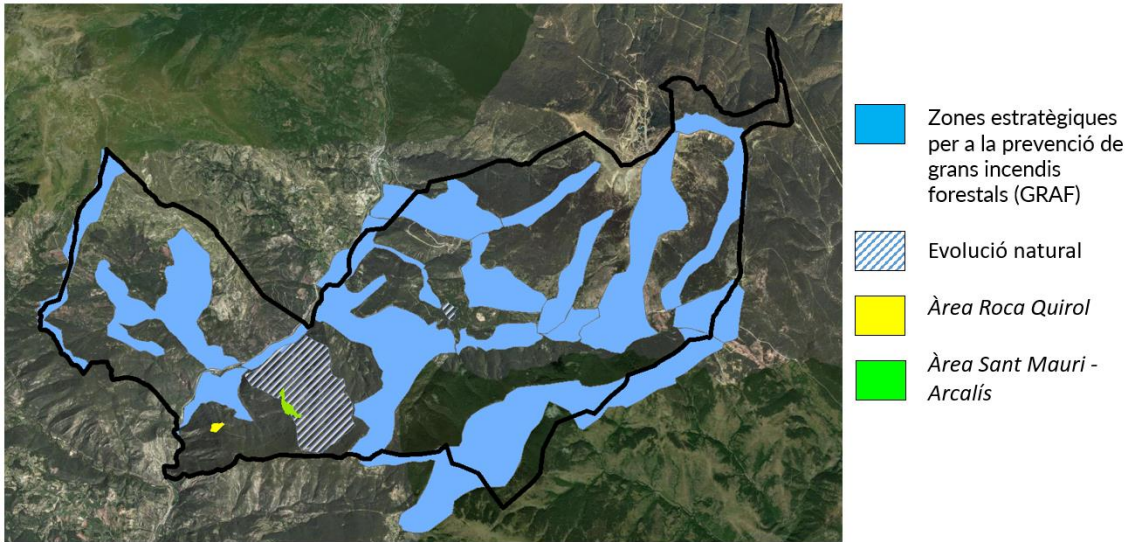


Figura 32. Inclusió de dues àrees estratègiques per a la prevenció d'incendis forestals.

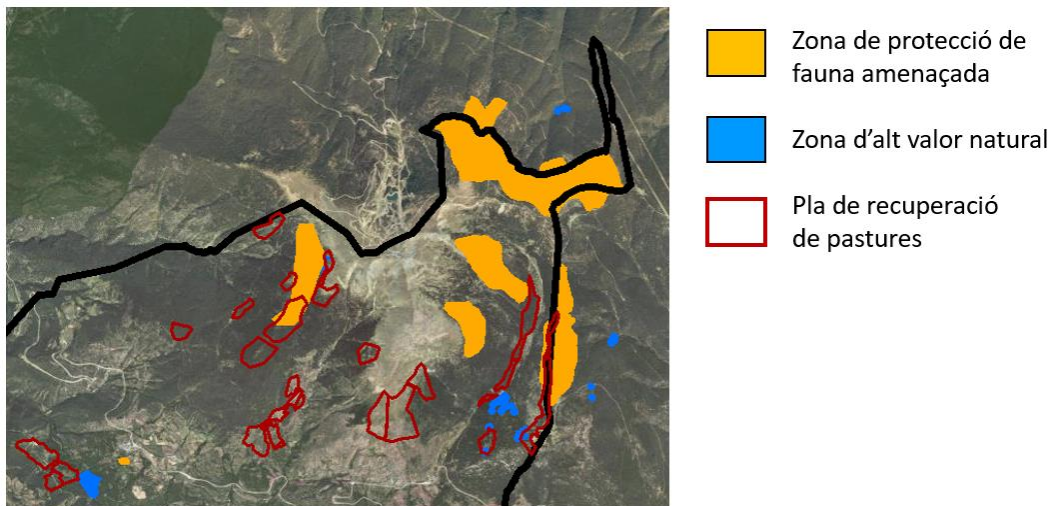


Figura 33. Solapament entre el pla de recuperació de pastures i les zones de protecció de fauna amenaçada.

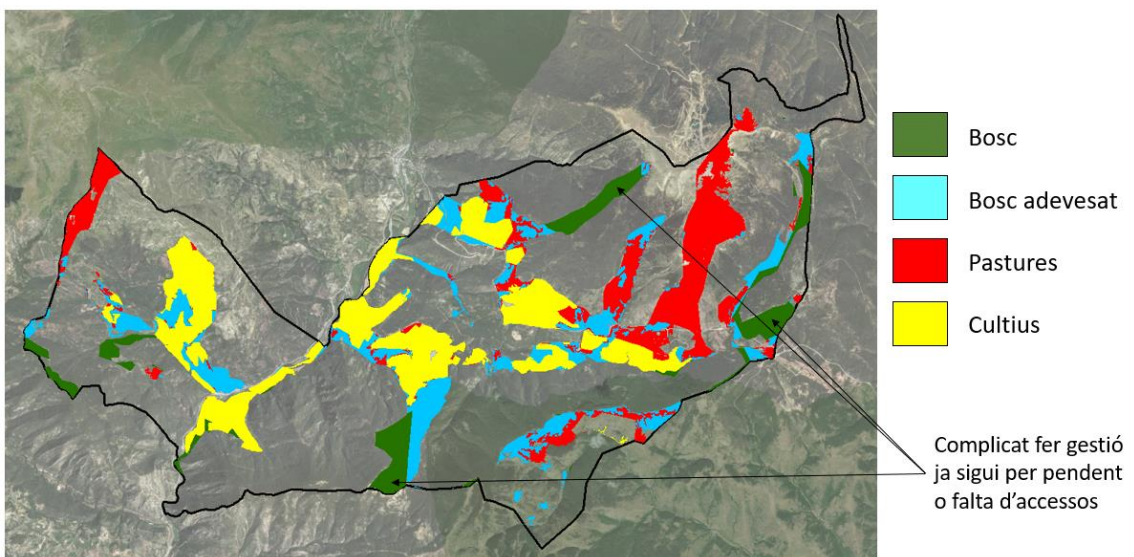


Figura 34. Solapament entre les àrees estratègiques per a la prevenció de grans incendis forestals i usos potencials.

En total hi ha 5.671 ha afectades per almenys una prioritització, ja sigui la conservació de la biodiversitat, la prevenció de grans incendis forestals, l'activitat agrícola, el pla de recuperació de pastures o la promoció de l'activitat ramadera, el que representen un 54% de tot el municipi (Taula 15). Les zones de solapament de priorititzacions ocupen 1.886 ha el que representa un 33% de totes les zones amb prioritització.

A partir de la resolució consensuada de la majoria de zones de solapament, per cada una de les priorititzacions o combinació de priorititzacions s'assigna una alternativa de canvi d'ús del sòl o itinerari de gestió silvícola, segons la coberta del sòl afectada per dita prioritització o priorititzacions (Figura 19). **Els canvis proposats són:**

- En les zones delimitades d'especial interès per a la conservació de la biodiversitat, no es proposa cap canvi de coberta i gran part de les zones de bosc es deixen a evolució natural (malgrat que pugui haver-hi encavalcament amb les zones estratègiques per a la prevenció dels grans incendis forestals).
- En les zones estratègiques per a la prevenció dels grans incendis forestals, es proposa adevesar les àrees de bosc que són aptes (tenint en compte els condicionants de pendent i orientació) i aplicar una gestió forestal regular que redueixi la intensitat i velocitat de propagació dels incendis forestals.
- Es proposa el canvi a ús agrícola per a totes les zones identificades com a aptes per desenvolupar-ne l'activitat agrícola.
- Es proposa adevesar totes les zones arbrades delimitades pel pla de recuperació de pastures així com aquelles zones arbrades amb vocació ramadera. En ambdós casos també es proposa transformar a pastures els matollars.

Nombre de priorititzacions	Priorització o priorititzacions solapades	Àrea
1	Biodiversitat	807
1	Incendis	2043
1	Activitat agrícola	25
1	Pla recuperació pastures	240
1	Activitat ramadera	670
2	Biodiversitat i activitat ramadera	24
2	Biodiversitat i incendis	98
2	Biodiversitat i pastures	25
2	Incendis i activitat agrícola	411
2	Incendis i activitat ramadera	1083
2	Incendis i pastures	232
3	Incendis, biodiversitat i activitat ramadera	13

Taula 15. Superfície (ha) afectada per una o més d'un prioritització a Soriguera. La prioritització Biodiversitat correspon únicament a les zones delimitades pels agents del PN Alt Pirineu com prioritàries per a la conservació de la biodiversitat (Figura 27) i no a la superfície ocupada per tot el PN.

3.7. Proposta de paisatge agroforestal resilient per Soriguera a 2050

Per elaborar una proposta definitiva de paisatge agroforestal resilient per Soriguera a 2050 que respecti les premisses globals de resiliència i integri les priorititzacions dels experts, s'ha utilitzat l'eina d'optimització espacial amb el mateix espai de decisió (aquest

és, el conjunt d'alternatives de canvi de cobertes del sòl i d'alternatives de gestió forestal per a les zones arbrades) i la mateixa prioritització dels serveis ecosistèmics que per generar la proposta genèrica (Taula 13), tan sols que s'ha descartat de l'espai de decisió, en les zones amb una o més prioritzacions (Taula 15) aquelles alternatives de canvi que no s'adeqüen a la consecució de la prioritziació, ja sigui de conservació de la biodiversitat, de la prevenció de grans incendis forestals o la promoció de l'activitat agro-ramadera. D'aquesta manera, l'eina d'optimització espacial basada en aquest espai de decisió més restringit acompanyat de la prioritziació equitativa que es dona a cada servei ecosistèmic (Taula 13) retorna la solució òptima que maximitza tots els serveis ecosistèmics al mateix temps que es respecten les restriccions específiques segons criteri expert. S'obté així la proposta de paisatge agroforestal resilient per Soriguera (Taula 16 i Figures 35 i 36).

Coberta del sòl	Àrea (ha)	%	Gestió forestal	Àrea (ha)	%
Bosc	7.035	66.4	No intervenció	2.021	28.8
			Clàssic	78	1.1
			ORGEST	1.410	20.1
			Naturalística	2.953	42.0
			Successió natural	573	8.2
Bosc ade vessat	1.072	10.1			
Matollar	636	6.0			
Agrícola	411	3.9			
Prat/Pastures	1.300	12.3			
No productiu	145	1.4			

Taula 16. Àrea total i percentatge d'ocupació per coberta del sòl i en les zones arbrades, àrea d'aplicació dels models de gestió forestals considerats.

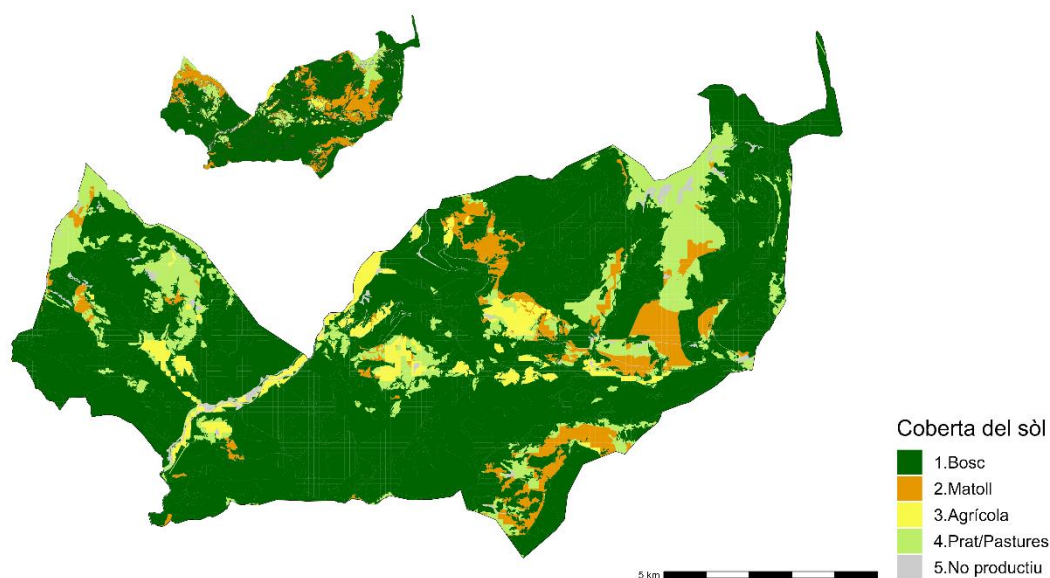


Figura 35. Proposta de paisatge agro-forestal resilient a 2050 per Soriguera comparat amb el paisatge actual (imatge superior esquerra).

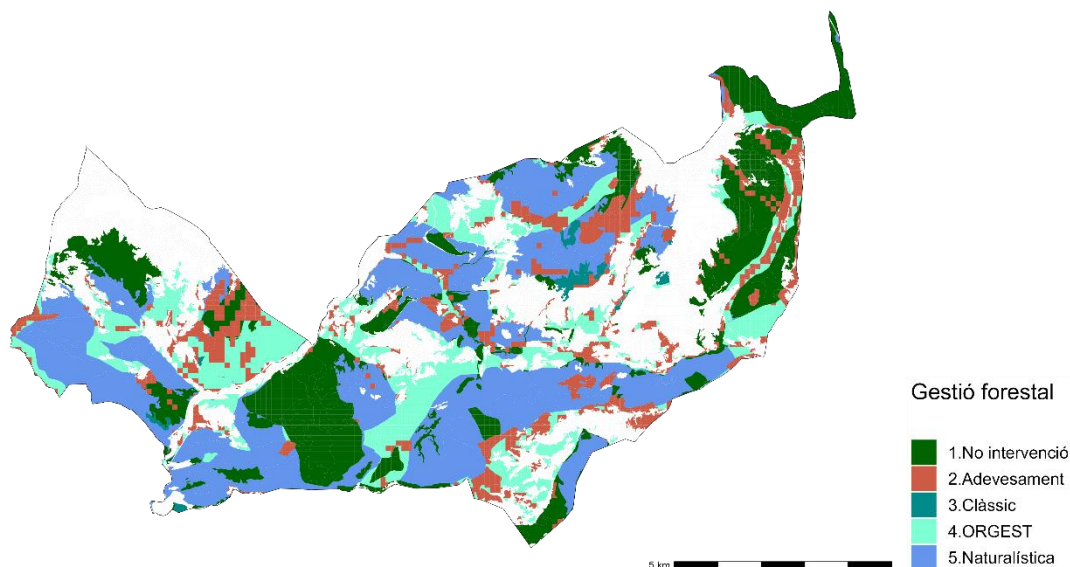


Figura 36. Proposta de gestió forestal de les zones arbrades actuals per al paisatge agro-forestal resilient a 2050 per Soriguera.

3.7.1. Anàlisi dels canvis de cobertes del sòl proposats

La proposta de paisatge resilient a 2050 per Soriguera comporta una sèrie de canvis de cobertes del sòl, així com la implementació de models de gestió forestals diferents al que de forma majoritària s'aplica actualment. La Taula 17 recull la matriu de canvis, on els matollars que es converteixen a bosc per successió natural i no són gestionats apareixen explícitament sota la categoria de 'Bosc'.

		Coberta del sòl en el paisatge resilient futur				
		Bosc	Bosc adevesat	Matollar	Agrícola	Prat/pastures
Coberta del sòl actual	Bosc	6.462	1.072	-	68	-
	Matollar	573	-	636	11	332
	Agrícola	-	-	-	215	-
	Prat/Pastures	-	-	-	117	968

Taula 17. Matriu de canvis de cobertes del sòl segons la proposta de paisatge agro-forestal resilient a 2050 per Soriguera.

Caldrà que la gestió a implementar en els HIC on es proposa algun canvi de cobertes del sòl, es consensui amb la Direcció General de Polítiques Ambientals i Medi Natural de la Generalitat de Catalunya, responsable de la seva conservació (Figura 30). Del total de les 411 ha potencialment destinades a l'activitat agrícola, 151 ha (35%) coincideixen amb algun HIC, en concret 144 ha pertanyen al HIC "6510 - Prats de dall de terra baixa i de la muntanya mitjana" que és un hàbitat seminatural i agrícola, i 7 ha al HIC "91E0 - Vernedes i altres boscos de ribera afins". De la nova superfície amb vocació ramadera que es proposa es transformi a prat/pastures només 263 ha estan integrades en algun HIC, en concret 16.4 ha al HIC 4060 'Matollars alpins i boreals', 160 ha al HIC 5120 'Formacions muntanyenques de bàlec', 41.6 ha al HIC 5130 'Formacions de *Juniperus communis*

colonitzadores de landes o de pastures calcícoles' i 44.6 ha al HIC 6120 'Prats -i fàcies emmatades- medioeuropeus, seminatural, sobre substrat calcari'. Finalment, l'adevesament **suggerit** afectaria a 12.4 ha del HIC 91E0 'Vernedes i altres boscos de ribera afins', 26.7 ha del HIC 9340 'Alzinars i carrascars', 207 ha del HIC 9430 'Boscos de pi negre acidòfils' i 3.1 ha del HIC 9430p 'Boscos de pi negre calcícoles'. Els canvis de cobertes proposats però, no es podrien portar a terme en els HIC coincidents amb algun espai XN2000. Així, en tots els casos, la implementació de qualsevol canvi de coberta o d'un nou itinerari de gestió forestal haurà d'estar avalat per l'autoritat competencial i considerant la totalitat del paisatge i de l'espai XN2000.

3.7.2. Provisió futura de serveis ecosistèmics en un context de resiliència socioecològica

Seguint la mateixa aproximació metodològica utilitzada per calcular els serveis ecosistèmics si es manté la tendència socioeconòmica de les darreres dècades, s'ha cartografiat també aquesta provisió futura en un context de resiliència socioecològica per als serveis de provisió d'aigua (Figura 37), càrrega de combustible en superfície (Figura 38), biodiversitat (Figura 39), i estoc de carboni en les zones arbrades (Figura 40).

Finalment, s'ha comparat la distribució actual de les cobertes del sòl (Taula 18) així com l'estimació de la provisió actual dels serveis ecosistèmics considerats rellevants per a descriure la resiliència socioecològica d'un paisatge (Taula 19) amb la distribució i provisió futures ja sigui (a) mantenint la tendència socioeconòmica de les darreres dècades o bé (b) adoptant mesures i accions per dotar al paisatge de Soriguera de major resiliència socioecològica enfront del canvi global.

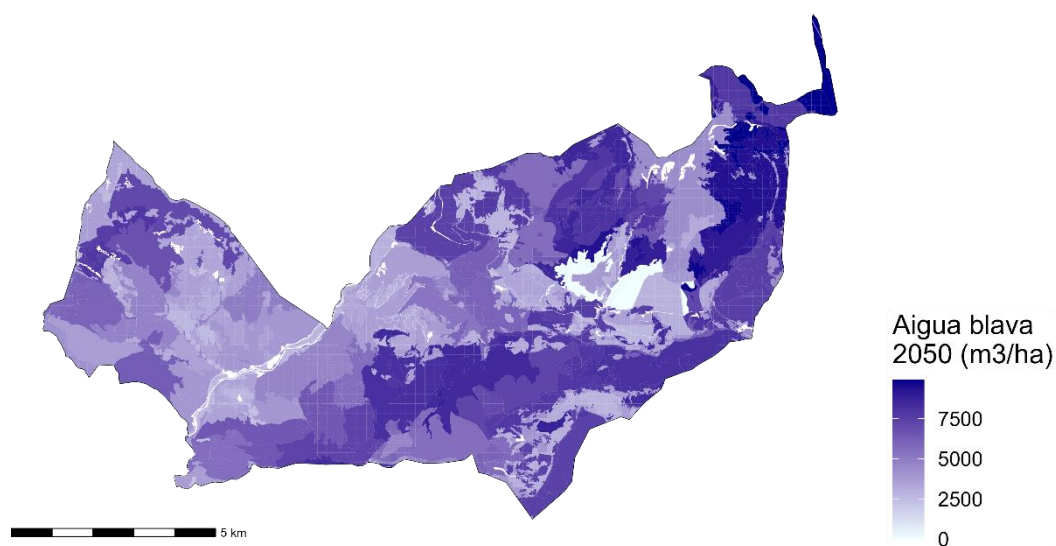


Figura 37. Provisió futura d'aigua blava en les zones forestals i agrícoles de Soriguera en un context de resiliència socioecològica.

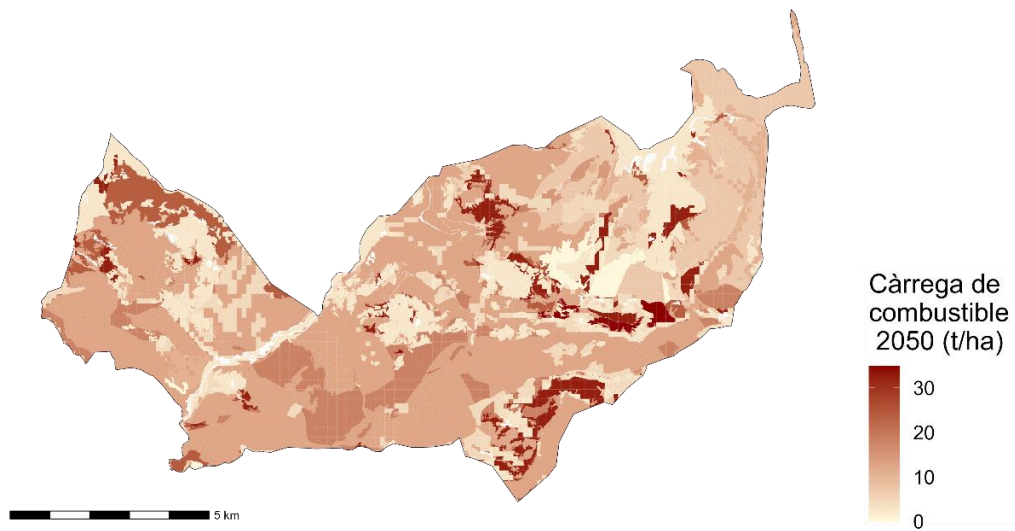


Figura 38. Càrrega de combustible en superfície en les zones forestals de Soriguera en un context de resiliència socioecològica.

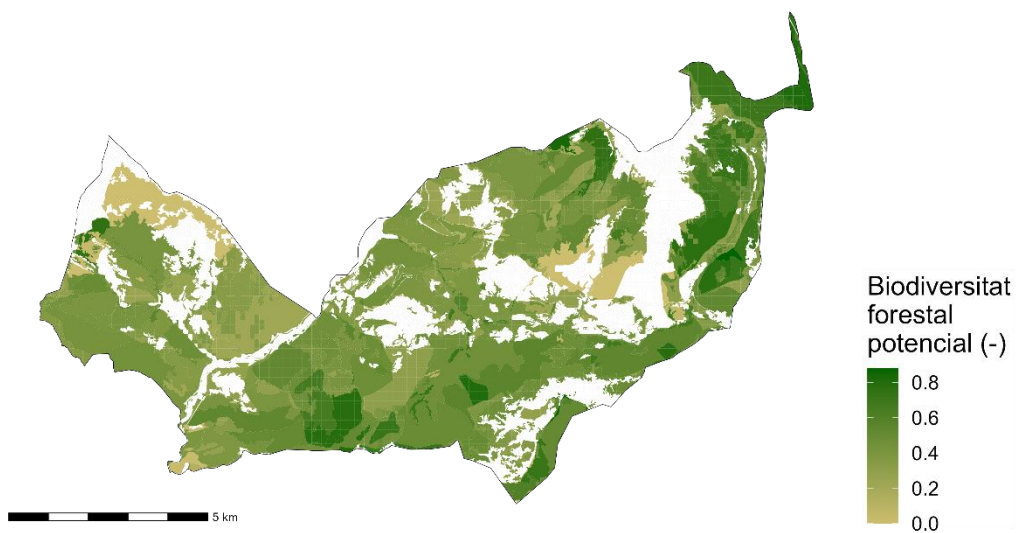


Figura 39. Índex de biodiversitat forestal de les masses arbrades de Soriguera en un context de resiliència socioecològica.



Figura 40. Estoc de carboni en les zones arbrades de Soriguera en un context de resiliència socioecològica.

Coberta del sòl	Actual	Futur mantenint tendència	Δ (%)	Futur resilient	Δ (%)
Bosc	7601	7601	0%	8107	6.7%
Matollar	1553	2197	41.5%	636	-59%
Agrícola	215	159	-26%	411	91.2%
Prats / Pastures	1085	496	-54.3%	1300	19.8%
No productiu	145	145	0%	145	0%

Taula 18. Comparativa de la distribució de les cobertes del sòl (en ha) a Soriguera en l'estat actual, en el supòsit de mantenir la tendència socioeconòmica de les darreres dècades i en el paisatge agroforestal resilient proposat a 2050.

Servei ecosistèmic	Variables (Unitats)	Actual	Futur mantenint tendència	Δ (%)	Futur resilient	Δ (%)
Aigua	Aigua blava (Hm3)	57.1	55.4	-3%	61.1	7%
Activitat agro-ramadera	Càrrega ramadera (UBG)	1464	1085	-26%	1783	22%
	Producció agrícola (t)	3713	2747	-26%	4851	31%
Risc incendi	Càrrega combustible en superfície (Mg/ha)	10.8	12.2	13%	9.4	-12%
	Biomassa en peu (Mg/ha)	102	153	50%	82.2	-20%
Activitat silvícola	Producció fusta (m3/any)	2517	2517	0%	14874	491%
	Coeficient variació DBH (-)	0.52	0.43	-17%	0.48	-9%
Biodiversitat	Volum arbres grans (m3/ha)	9.85	25.5	159%	32	220%
	Biomassa fusta morta (Mg/ha)	3.3	4.9	50%	4.2	33%
	Índex biodiversitat forestal potencial [0,1]	0.29	0.36	25%	0.43	48%
Mitigació canvi climàtic	Estoc de carboni / Biomassa en peu (-)	2.70	2.64	-2.0%	2.63	-2.5%

Taula 19. Comparativa de la provisió de serveis ecosistèmics a Soriguera en l'estat actual, en el supòsit de mantenir la tendència socioeconòmica de les darreres dècades i en el paisatge agroforestal resilient proposat.

4. Conclusions

La proposta de paisatge agroforestal a Soriguera en un context de resiliència socioecològica contempla les premisses globals de resiliència així com les prioritzacions per criteri expert adaptades al territori. El paisatge resilient proposat millora tots els indicadors globals considerats (Taula 19):

- El nou mosaic de paisatge més heterogeni afavoreix el manteniment i creació d'hàbitats rics i diversos per contribuir a una millor conservació de la biodiversitat en zones de muntanya, les quals s'han vist altament afectades per l'abandonament rural en les darreres dècades, minvant gran part dels hàbitats d'espais oberts.
- La proposta de paisatge resilient integra explícitament totes les zones específiques i d'alt valor per a la conservació de la biodiversitat i en particular d'espècies protegides i amenaçades. A més, s'ha analitzat de manera exhaustiva els canvis proposats en les zones declarades Hàbitats d'Interès Comunitaris, donat que el 75% del municipi pertany a espais de la Xarxa Natura 2000.
- La producció d'aigua blava en el paisatge agroforestal resilient experimenta un salt quantitatiu molt important, amb un increment absolut de 4 Hm³ (assumint un règim de precipitacions similar al de referència). En el supòsit que aquesta quantitat d'aigua es transferís sense pèrdues a l'embassament de Sant Antoni (aigües avall) suposaria un 1.7% de la seva capacitat màxima.
- La gestió activa del paisatge i els boscos contribueix a la creació d'ecosistemes més diversos i complexos que els fa més resilents enfront del canvi climàtic i la sequera. Les aclarides i adevesaments proposats redueixen l'evapotranspiració de les masses forestals i la competència i, per tant, l'estrès hídric de la vegetació restant, que creixerà en millors condicions i podrà ser més resilient a les pertorbacions.
- La disminució tant de la càrrega de combustible en superfície, com de la biomassa forestal en peu en tot el paisatge, i sobretot en les zones estratègiques, suposa una reducció considerable del risc de grans incendis forestals en el futur paisatge resilient.
- El fet de reduir el risc d'incendi, a més, permet assumir que l'efecte negatiu sobre el balanç de carboni que exerceixen els grans incendis forestals seria menor en aquest futur més resilient.
- La creació d'un mosaic més heterogeni pel que fa a la composició però també en la distribució espacial (Figura 40), contribuiria tant en la reducció de continuïtat horitzontal del combustible com en la creació de zones segures per a les maniobres d'extinció, generant doncs un paisatge més resistent als grans incendis forestals.
- La potenciació de l'activitat agrària i ramadera que té cabuda en el context de resiliència socioecològica i promoció de la bioeconomia a Soriguera, resulta fonamental pel manteniment del sector socioeconòmic més rellevant a la zona per mantenir a llarg terme un mosaic de paisatge viu i heterogeni.
- L'increment tan significatiu de la capacitat de mobilització forestal, de fins a 5 vegades més que l'actual, implica el manteniment explícit d'un mosaic de paisatge més heterogeni, la reactivació del sector forestal a la zona creant llocs de treball locals i la promoció de la bioeconomia.
- L'estoc total de carboni en la biomassa forestal en peu en la proposta de paisatge agroforestal resilient seria lleugerament inferior a l'actual. Tanmateix, falta comptabilitzar l'estoc en els sòls agrícoles i forestals. Tot i que l'estoc pugui ser inferior no ho seria el balanç net d'emissions de carboni.
- L'alta mobilització de fusta també té un impacte positiu en el balanç de carboni, ja que la fusta de qualitat que es destina a productes forestals de llarga vida útil permet fixar el carboni en cicles més llargs. A poca distància de Soriguera es troba

una empresa emblemàtica de construcció amb fusta local que podria assumir la matèria primera per produir productes forestals d'alt valor afegit.

- Aproximadament el 50% de la fusta mobilitzada es podrà utilitzar també com a bioenergia en xarxes locals de calor. Substituir combustibles de base fòssil per fonts d'energia basades en biomassa forestal, l'anomenat efecte de substitució, és un dels principis de la mitigació al canvi climàtic perquè contribueix a la reducció d'emissions de gasos d'efecte hivernacle.

El gran valor dels resultats assolits en aquest plantejament és la multifuncionalitat i la integració de múltiples factors clau del paisatge. L'actual proposta de paisatge agroforestal resilient estableix les bases d'una nova manera de planificar la gestió del territori al nostre país, mitjançant la implementació de la bioeconomia. És un punt de trobada de reptes, necessitats i inquietuds per fer front al canvi global.

5. Referències

- Carreras i Raurell, J., & Ferré Codina, A. 2013. *Avaluació del grau d'amenaça i de l'interès de conservació dels hàbitats de Catalunya*. Grup de Geobotànica i Cartografia de la Vegetació, Universitat de Barcelona. <http://hdl.handle.net/2445/53346>.
- Coll, L., González-Olabarria, J. R., Mola-Yudego, B., Pukkala, T., & Messier, C. 2011. Predicting understory maximum shrubs cover using altitude and overstory basal area in different Mediterranean forests. *European journal of forest research*, 130, 55-65.
- De Cáceres, M., Martínez-Vilalta, J., Coll, L., Llorens, P., Casals, P., Poyatos, R., Pausas, J.G., Brotons, L. 2015. Coupling a water balance model with forest inventory data to predict drought stress: The role of forest structural changes vs. climate changes. *Agric. For. Meteorol.* 213, 77-90.
- Krsnik, G., Busquets Olivé, E., Piqué Nicolau, M., Larrañaga, A., Cardil, A., García-Gonzalo, J., & González Olabarria, J. R. 2020. Regional level data server for fire hazard evaluation and fuel treatments planning. *Remote Sensing*, 12(24), 4124.
- Larrieu, L., Gonin, P. 2008. L'indice de Biodiversité Potentielle (IBP): une méthode simple et rapide pour évaluer la biodiversité potentielle des peuplements forestiers; *Rev. For. Fr.* 06-2018; pp. 727-748.
- Montero, G., Ruiz-Peinado, R., Muñoz, M. 2005 *Producción de biomasa y fijación de CO2 por los bosques españoles*. Monografías INIA: Serie Forestal nº 13.
- Montero, G., López-Leiva, C., Ruiz-Peinado, R., López-Senespleda, E., Onrubia, R., Pasalodos, M. 2020. *Producción de biomasa y fijación de carbono por los matorrales españoles y por el horizonte orgánico superficial de los suelos forestales*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación: Madrid, Spain.
- Piqué, M., Vericat, P., Beltrán, M. 2017. ORGEST: Regional guidelines and silvicultural models for sustainable forest management. *For. Syst.* 26, eRC01S-eRC01S.
- Roces-Díaz, J. V., Vayreda, J., Banqué-Casanovas, M., Cusó, M., Anton, M., Bonet, J. A., Brotons, L., De Cáceres, M., Herrando, S., Martínez de Aragón, J., de-Miquel, S., Martínez-Vilalta, J. 2018. Assessing the distribution of forest ecosystem services in a highly populated Mediterranean region. *Ecological indicators*, 93, 986-997.

Scott, J. H., Burgan, R. E. 2005. Standard fire behavior fuel models: a comprehensive set for use with Rothermel's surface fire spread model. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-153. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 72 p.

Trasobares, A., Mola-Yudego, B., Aquilué, N., González-Olabarria, J. R.; Garcia-Gonzalo, J., García-Valdés, R., De Cáceres, M. 2022. Nationwide climate-sensitive models for stand dynamics and forest scenario simulation. Forest Ecology and Management, 505, 119909.

Willaarts, B. 2012. Linking land management to water planning: Estimating Spanish forest water consumption. In. Stefano and Llamas (eds). Water, Agriculture and the Environment: can we square the circle? Taylor and Francis 139-152.

6. Annex

Tipus estructural MFE25			Coberta del sòl
Classe 1	Classe 2	Classe 3	
SUPERFÍCIE FORESTAL	ARBRAT FORESTAL (FccArb \geq 10%)	Bosque	Bosc
		Bosque de Plantación	
		Bosque Adehesado	
		Bosque de Galeria	
		Bosquetes (<20 ha)	
		Alineaciones	
		Mosaico de arbolado con cultivo y/o prado (FccArb \geq 20%)	
		Mosaico de arbolado con artificial (FccArb \geq 20%)	
		Mosaico de arbolado con forestal desarbolado	
		Mosaico de repoblaciones	
	ARBRAT TEMPORALMENT SENSE COBERTA (FccArb < 10%)	Talas	Matollar
		Superficies arboladas quemadas	
		Cortafuegos	
	MATOLLAR	Arbustedos	Matollar
		Galerías arbustivas	
		Pastizal-Matorral	
		Mosaico de matorral con pastizal	
		Mosaico de matorral con cultivo y/o prado (FccMato \geq 50%)	
		Mosaico de matorral y/o pastizal con suelo desnudo	
		Superficie Forestal Residual (< 6ha)	
		Matorral con arbolado disperso ($5\% \leq$ FccArb < 10%)	
	Matorral con dehesa hueca ($5\% \leq$ FccArb < 10%)		
	HERBASSAL	Herbazal-Pastizal	Prat / Pastures
		Mosaico de pastizal con Cultivo y/o prado(FccHerbazal \geq 50%)	
		Galería de herbáceas	
		Herbazal-Pastizal con arbolado disperso ($5\% \leq$ FccArb < 10%)	
		Pastizal con dehesa hueca ($5\% \leq$ FccArb < 10%)	

	TESEL·LES AMB ESCASA O NUL·LA VEGETACIÓ	Playas, dunas y arenales Superficies desarboladas quemadas Acantilados marinos Afloramientos rocosos Canchales Coladas lávicas cuaternarias Roturado no agrícola Cárcavas Otras zonas erosionadas Glaciares y nieves permanentes	No productiu
ZONES HUMIDES	SUPERFÍCIES HUMIDES	Zonas pantanosas Turberas Salinas continentales Marismas Salinas	No productiu
SUPERFÍCIES D'AIGUA	SUPERFÍCIES D'AIGÜES	Cursos de agua Lagunas Pantano, embalse Laguna de alta montaña Ramblas Lagunas costeras Estuarios Mares y océanos	No productiu
SUPERFÍCIES AGRÍCOLES	AGRÍCOLA	Cultivos	Agrícola
		Cultivos con arbolado disperso	
		Prados	Prat / Pastures
		Prados con setos	
		Mosaico de cultivo con artificial (Cobertura cultivo $\geq 50\%$)	Agrícola
		Mosaico de cultivo con arbolado (FccArb $< 20\%$)	
		Mosaico de cultivo con matorral y/o herbaza (FccMato + FccHerb $< 50\%$)	
SUPERFÍCIES ARTIFICIALS	ARTIFICIAL	Urbano continuo	No productiu
		Urbano discontinuo	
		Primario	
		Industrial	
		Terciario	
		Equipamiento/Dotacional	
		Transportes	
		Energía	
		Suministros de agua	
		Telecomunicaciones	
		Residuos	
		Otras superficies artificiales	
		Mosaico de artificial con arbolado (FccArb $< 20\%$)	
		Mosaico de artificial con cultivo (Cobertura artificial $> 50\%$)	

Taula A1. Correspondència entre el tipus estructural MFE25 i l'ús del sòl de les tessell·les.

Codi model combustible en superfície	Càrrega combustible en superfície (t/ha)					
	1h	10h	100h	Viu herbaci	Viu llenyós	Total
GR1	0.23	0.00	0.00	0.68	0.00	0.90
GR2	0.23	0.00	0.00	2.25	0.00	2.48
GR3	0.23	0.90	0.00	3.38	0.00	4.50
GR4	0.56	0.00	0.00	4.28	0.00	4.84
GR5	0.90	0.00	0.00	5.63	0.00	6.53
GR6	0.23	0.00	0.00	7.65	0.00	7.88
GR7	2.25	0.00	0.00	12.15	0.00	14.40
GR8	1.13	2.25	0.00	16.43	0.00	19.80
GR9	2.25	2.25	0.00	20.25	0.00	24.75
GS1	0.45	0.00	0.00	1.13	1.46	3.04
GS2	1.13	1.13	0.00	1.35	2.25	5.85
GS3	0.68	0.56	0.00	3.26	2.81	7.31
GS4	4.28	0.68	0.23	7.65	15.98	28.80
SH1	0.56	0.56	0.00	0.34	2.93	4.39
SH2	3.04	5.40	1.69	0.00	8.66	18.79
SH3	1.01	6.75	0.00	0.00	13.95	21.71
SH4	1.91	2.59	0.45	0.00	5.74	10.69
SH5	8.10	4.73	0.00	0.00	6.53	19.35
SH6	6.53	3.26	0.00	0.00	3.15	12.94
SH7	7.88	11.93	4.95	0.00	7.65	32.40
SH8	4.61	7.65	1.91	0.00	9.79	23.96
SH9	10.13	5.51	0.00	3.49	15.75	34.88
TU1	0.45	2.03	3.38	0.45	2.03	8.33
TU2	2.14	4.05	2.81	0.00	0.45	9.45
TU3	2.48	0.34	0.56	1.46	2.48	7.31
TU4	10.13	0.00	0.00	0.00	4.50	14.63
TU5	9.00	9.00	6.75	0.00	6.75	31.50
TL1	2.25	4.95	8.10	0.00	0.00	15.30
TL2	3.15	5.18	4.95	0.00	0.00	13.28
TL3	1.13	4.95	6.30	0.00	0.00	12.38
TL4	1.13	3.38	9.45	0.00	0.00	13.95
TL5	2.59	5.63	9.90	0.00	0.00	18.11
TL6	5.40	2.70	2.70	0.00	0.00	10.80
TL7	0.68	3.15	18.23	0.00	0.00	22.05
TL8	13.05	3.15	2.48	0.00	0.00	18.68
TL9	14.96	7.43	9.34	0.00	0.00	31.73
SB1	3.38	6.75	24.75	0.00	0.00	34.88
SB2	10.13	9.56	9.00	0.00	0.00	28.69
SB3	12.38	6.19	6.75	0.00	0.00	25.31
SB4	11.81	7.88	11.81	0.00	0.00	31.50

Taula A2. Correspondència entre els models de combustible en superfície Scott & Burgan 2005 i la càrrega total de combustible en superfície.

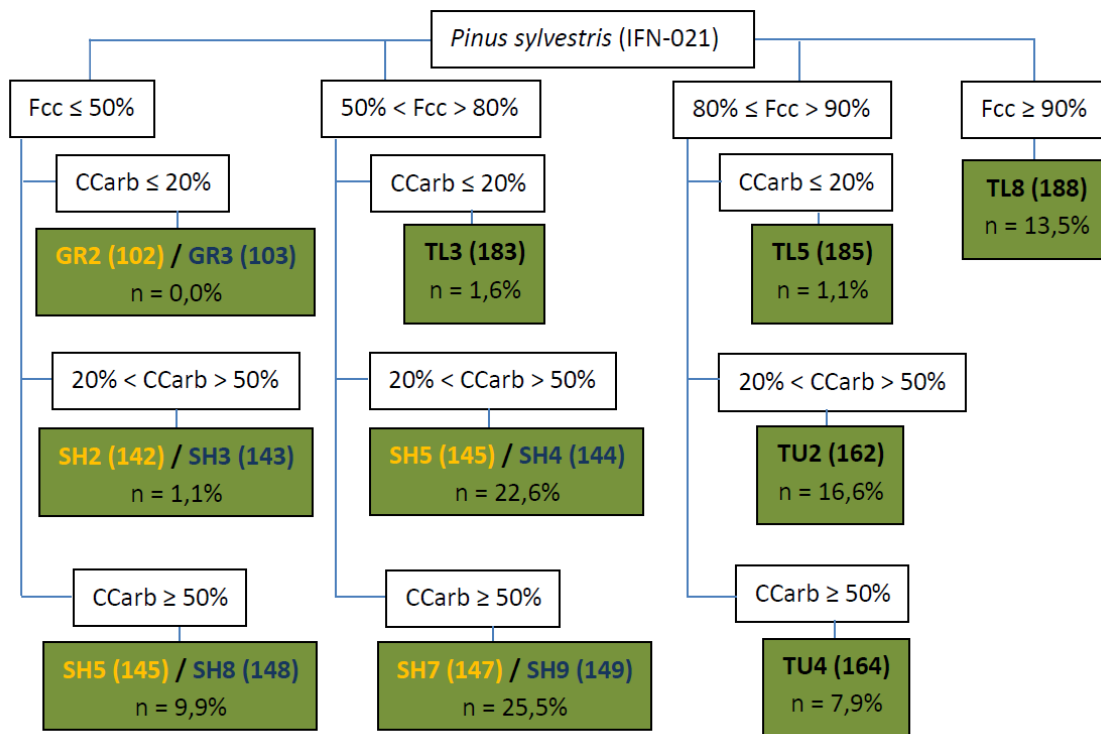


Figura A1. Arbre de decisió del model de combustible en superfície per a les espècies *Pinus sylvestris*, *Pinus nigra*, *Pinus pinea* i *Pinus pinaster* del PREVINCAT. Fcc és la fracció cabuda coberta arbrada i CCarb és la cobertura arbustiva. Si la zona té superàvit de precipitació s'assigna el model de combustible en superfície ressaltat en blau i si té dèficit, el model ressaltat en groc.

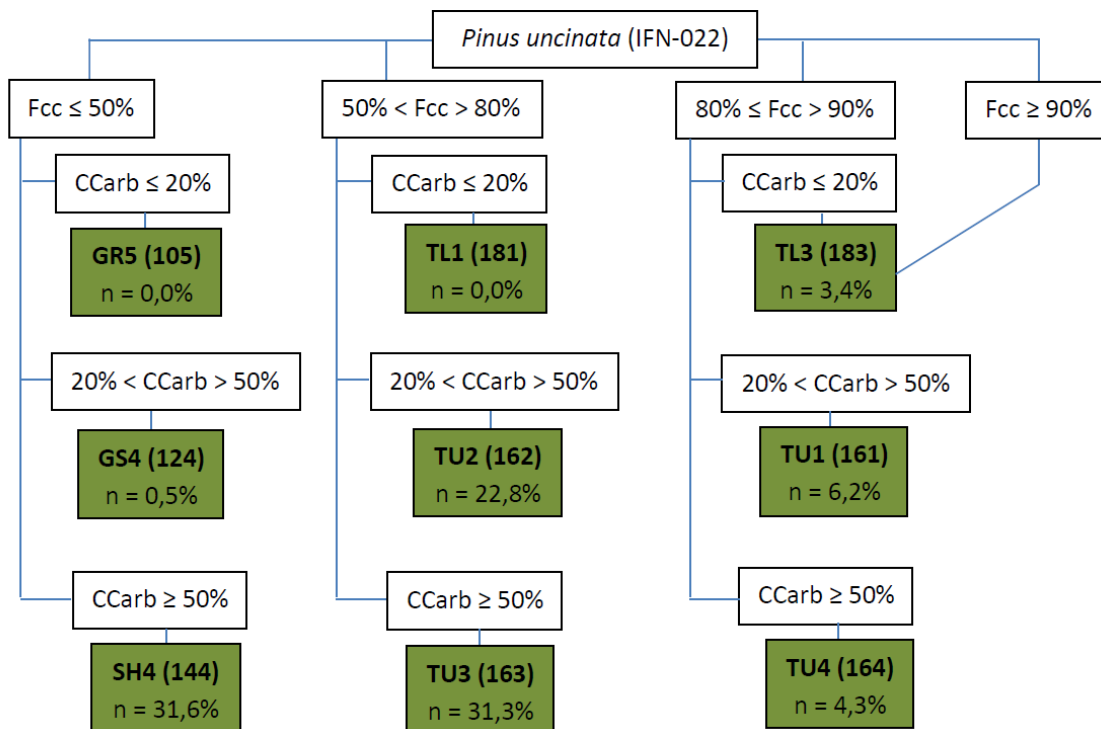


Figura A2. Arbre de decisió del model de combustible en superfície per a les espècies *Pinus uncinata* del PREVINCAT.

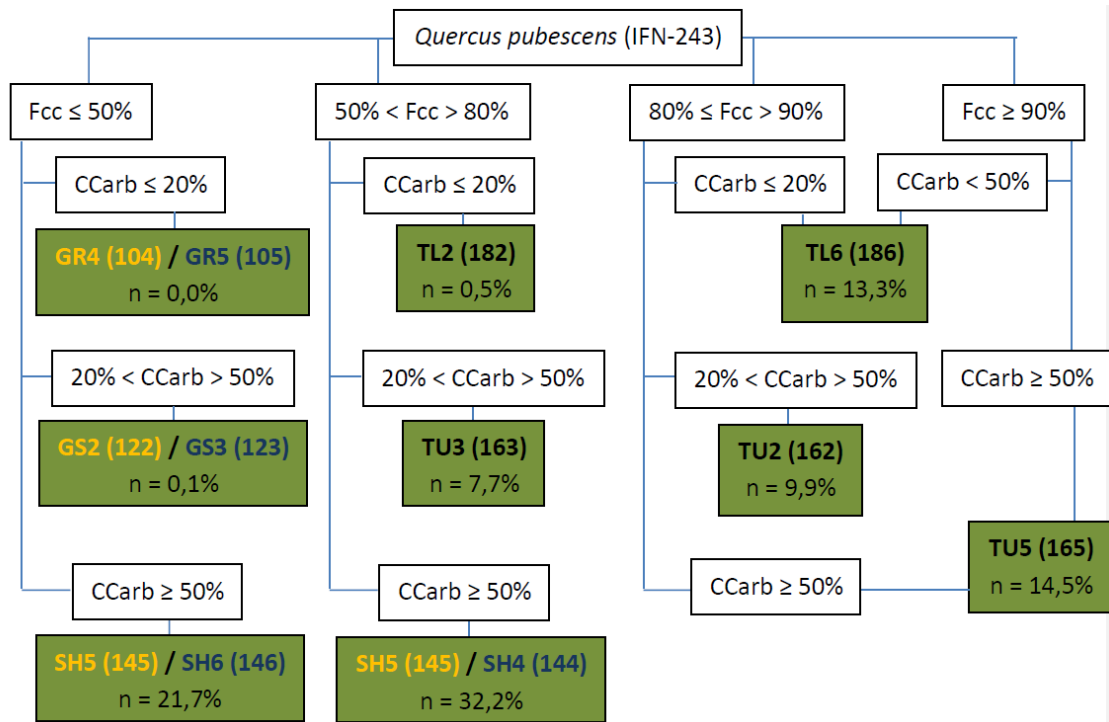


Figura A3. Arbre de decisió del model de combustible en superfície per a les espècies *Quercus pubescens*, *Quercus humilis*, *Quercus faginea* i *Quercus canariensis* del PREVINCAT.

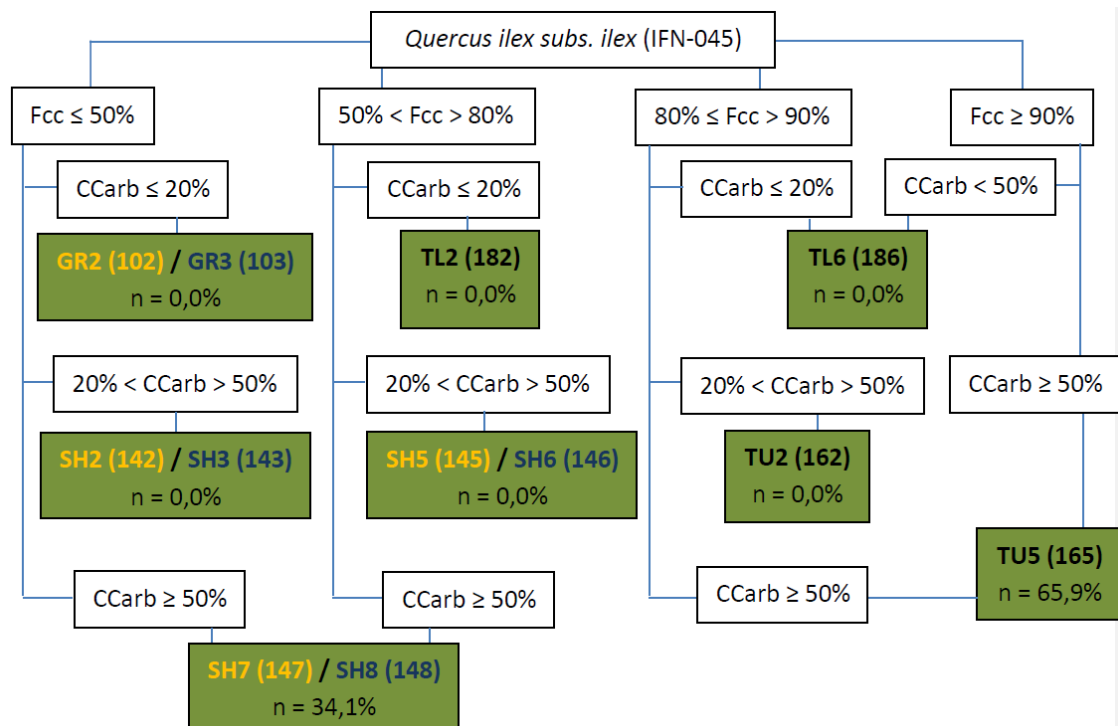


Figura A4. Arbre de decisió del model de combustible en superfície per a les espècies *Quercus ilex* i *Quercus suber* del PREVINCAT.

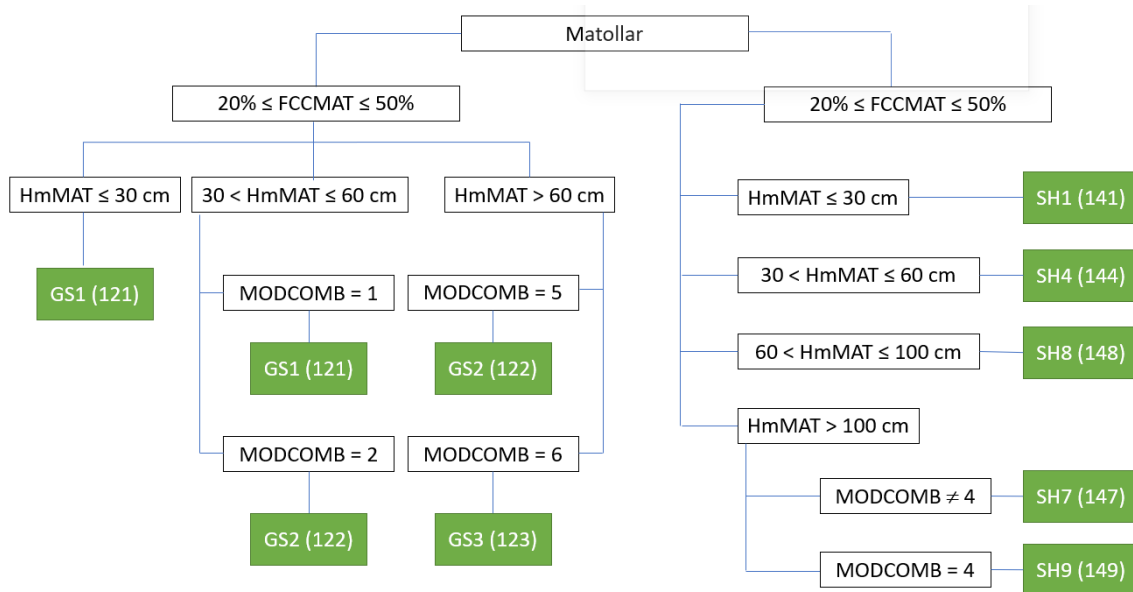


Figura A5. Arbre de decisió del model de combustible per als matollars del PREVINCAT.

