



IMPACTE DE LES TÈCNIQUES INNOVADORES DE GESTIÓ DE LA SUREDA EN DIFERENTS RODALS DEMOSTRATIUS



Projecte 'Difusió de les noves tècniques de gestió de la sureda per a la millora de la seva productivitat i resiliència'



Generalitat de Catalunya
**Departament d'Acció Climàtica,
Alimentació i Agenda Rural**



**Fons Europeu Agrícola de
Desenvolupament Rural:**
Europa inverteix en les zones rurals

Projecte finançat a través de l'Operació 01.02.01 de Transferència Tecnològica del Programa de Desenvolupament Rural de Catalunya 2014-2020

Informe 'Quantificació de l'impacte de les tècniques de gestió de la Sureda per a la millora de la seva productivitat i resiliència en diferents rodals demostratius'

Publicació: Maig 2024

Coordinació i edició: Fundació Institut Català del Suro.

Autors:

Avaluació silvodosomètrica i ecològica de l'impacte de diferents tractaments realitzats en suredes: Eduardo Collado, Míriam Piqué i Mario Beltrán. Programa Gestió Forestal Multifuncional. Centre de Ciència i Tecnologia Forestal de Catalunya.

Annex: Estimació de l'impacte de la gestió de les suredes en els serveis ecosistèmics, carboni, aigua i biodiversitat, a partir del monitoreig dels rodals del projecte Life Suber: Noemí Palero, Miquel Pedret i Teresa Cervera. Centre de la Propietat Forestal.

Amb la col·laboració de:

Consorci Forestal de Catalunya

Treball de camp: Forestal de Catalunya, SCCL

En el marc del projecte:

Projecte Demostratiu de Difusió de les noves tècniques de gestió de la sureda per a la millora de la seva productivitat i resiliència. Liderat per la Fundació Institut Català del Suro.

Amb el finançament de:

Departament d'Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural.

Fons Europeu Agrícola de Desenvolupament Rural.

Projecte finançat a través de l'Operació 01.02.01 de Transferència Tecnològica del Programa de Desenvolupament Rural de Catalunya 2014-2020.



Generalitat de Catalunya
**Departament d'Acció Climàtica,
Alimentació i Agenda Rural**



**Fons Europeu Agrícola de
Desenvolupament Rural:**
Europa inverteix en les zones rurals

Índex

1. Introducció i objectius	7
2. Material i mètodes	10
3. Avaluació de l'impacte dels tractaments sobre les característiques silvo-dasomètriques 16	
4. Avaluació de les accions B1 i B2 sobre diferents indicadors de producció forestal i resiliència als impactes del canvi climàtic.....	20
4.1. <i>Vitalitat (acció B1)</i>	20
4.2. <i>Diversitat florística (acció B1)</i>	22
4.3. <i>Característiques del recobriment de l'arbrat i sotabosc (acció B1)</i>	25
4.4. <i>Regenerat (acció B1)</i>	26
4.5. <i>Vulnerabilitat estructural a incendis forestals (accions B1 i B2)</i>	28
4.6. <i>Producció de suro (acció B1)</i>	30
5. Avaluació de l'acció B3 sobre la restauració de suredes degradades	32
6. Impacte de la gestió de les suredes en els serveis ecosistèmics	33
7. Conclusions	35
8. Bibliografia	40
9. Annex de figures	41
10. Annex d'estimació de l'impacte de la gestió en els serveis ecosistèmics	60

Índex de taules

Taula 1: Distribució de les parcel·les permanents dins de cada acció (B1, B2, B3). Només es mostren les parcel·les inventariades el 2023. El radi de les parcel·les és generalment de 17 m, a excepció de les parcel·les: B1.1.21C i B1.1.43C, de 12 m de radi; i B1.2.24C, de 14 m de radi. .	11
Taula 2: Caracterització silvícola dels tractaments realitzats en cada parcel·la.	18
Taula 3: Riquesa mitjana d'espècies arbustives i arbòries per tractament i inventari en cada àrea biogeogràfica.	24
Taula 4: Resum dels models mixtes ajustats per al creixement anual de suro pelagrí (de peus no pelats i pelats per sota de 1,3 m del sòl) i de reproducció (de peus pelats per sobre de 1,3 m del sòl).	31
Taula 5: Resultat de l'avaluació de l'abundància de regenerat de surera a les parcel·les B3 als inventaris disponibles.	32

Índex de figures

Figura 1: Ubicació de les 34 parcel·les inventariades el 2023. Els polígons verds representen l'extensió de les suredes, mostrant al seu torn zones de major (verd fosc) i menor (verd clar) ocupació de surera (Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación, 2009). Els punts marrons, vermells i blaus indiquen les parcel·les en les quals es van realitzar les accions B1, B2, i B3, respectivament.	8
Figura 2: Distribució diamètrica per inventari, acció i àrea biogeogràfica de les parcel·les gestionades.	17
Figura 3: Intensitat d'estassada real de cada tractament de l'acció B1. Les lletres, obtingudes mitjançant el Test HSD de Tukey per a avaluar la regressió lineal (intensitat~tractament), indiquen diferències significatives entre tractaments (lletres iguals entre dos tractaments indiquen que no hi ha diferència significativa, i viceversa). La intensitat d'estassada real és la diferència entre els valors de cobertura i/o alçada de Post i els de Pre. La intensitat d'estassada en "cobertura i alçada" s'ha estimat mitjançant la proporció de la suma de la intensitat d'estassada sobre la cobertura i la de l'alçada.	19
Figura 4: Efecte de cada tractament de l'acció B1 sobre diferents períodes de creixement, en àrea basal, de les sureres. Les lletres, obtingudes mitjançant el Test HSD de Tukey per a avaluar la regressió lineal (Creixement~tractament), indiquen diferències significatives entre tractaments (lletres iguals entre dos tractaments indiquen que no hi ha diferència significativa, i viceversa). En Post-7 es va trobar, de mitjana, 4 arbres morts en 9 parcel·les no gestionades (control) i 2,4 arbres morts en 7 parcel·les gestionades (parcial i total), els quals no s'inclouen en el creixement de AB.	20

Figura 5: Efecte de l'àrea basal total estreta sobre el creixement, en àrea basal, de les sureres. La línia és la representació del model no-lineal ($P\text{-valor}_{[AB\text{ estreta}]} = 0,03$) i els punts són dades observades. El creixement d'AB és la diferència entre l'AB de Post-2 i la de Post (s'assumeix que l'AB de Post de les parcel·les control és la mateixa que la de Pre)..... 21

Figura 6: Evolució del NDVI (índex de vegetació de diferència normalitzada) agrupat per a les parcel·les B1 tot comparant parcel·les d'actuació amb les control (excepte B3). La creu dins del diagrama de caixa indica el valor mitjà observat. 22

Figura 7: Histogrames del NDVI (índex de vegetació de diferència normalitzada) mitjà de totes les parcel·les avaluades, per anys des de 2014 a 2022 (gradient de més a menys fosc). 22

Figura 8: Coberta forestal per inventari, tractament i àrea biogeogràfica de las parcel·les de l'acció B1. Les dades són estimades a partir de fotos hemisfèriques preses arran de terra..... 25

Figura 9: Recobriment d'espècies arbustives per inventari, tractament i àrea biogeogràfica de las parcel·les de l'acció B1. 26

Figura 10: Nombre de peus no inventariables ($DN < 2,5\text{ cm}$) per inventari, tractament i àrea biogeogràfica de las parcel·les de l'acció B1. Les dades inclouen tots els individus d'alçada menor i major de 25 cm..... 27

Figura 11: Nombre de peus no inventariables ($DN < 2,5\text{ cm}$) per espècie, tractament i alçada del regenerat de las parcel·les de l'acció B1. Les dades són de 7 anys després dels tractaments (Post-7). No hi ha dades de la parcel·la B1.2.24C en Post-7. 27

Figura 12: Efecte dels tractaments en la vulnerabilitat estructural a incendis de capçades (TVFoC) en les parcel·les de l'acció B1 de les diferents àrees biogeogràfiques. Les categories de vulnerabilitat són alta (A), moderada (B) i baixa (C). 29

Figura 13: Efecte dels tractaments en la vulnerabilitat estructural a incendis de capçades (TVFoC) en les parcel·les de l'acció B2 de les diferents àrees biogeogràfiques. Les categories de vulnerabilitat (la lletra del codi de 'TVFoC') són alta (A), moderada (B) i baixa (C). El primer eix-Y (esq.) mostra: (i) l'alçada de combustible de superfície ('ACS'), (ii) la distància entre combustibles d'escala i aeri ('Dea'), i (iii) la distància entre combustibles de superfície i aeri ('Dsa'). El segon eix-Y (der.) mostra: (i) la coberta forestal del combustible aeri ('FCCa'), (ii) el recobriment de combustible d'escala ('RCE'), i (iii) el recobriment del combustible de superfície ('RCS'). 30

Figura 14: Efecte de la intensitat d'aclarida en el creixement anual de suro pelagrí (de peus no pelats i pelats per sota de 1,3 m del sòl) i de reproducció (de peus pelats per sobre de 1,3 m del sòl). El creixement anual de suro és la diferència entre els gruixos de suro mesurats en el inventari de Post-7 i en el de Post-2. Les línies són les prediccions dels models per a cada parcel·la aparellada (Taula 4) i els punts són dades observades. 31

Figura 15: Fotos hemisfèriques de cada rodal B3 d'abans d'actuació (esquerra) i al 2023 (dreta). De dalt a baix: Empordà, Gavarres i Montnegre. 33

Índex de figures addicionals

Figura A1: Àrea basal (AB) de peus vius inventariables de totes les espècies per inventari, acció, tractament i àrea biogeogràfica.	41
Figura A2: Composició, en base a l'àrea basal (AB), d'espècies arbòries per parcel·la en cada inventari, acció, tractament i àrea biogeogràfica. Les espècies són: <i>Arbutus unedo</i> ('Au'), <i>Prunus avium</i> ('Pa'), <i>Pinus halepensis</i> ('Ph'), <i>Pinus pinea</i> ('Ppa'), <i>Pinus pinaster</i> ('Ppr'), <i>Quercus ilex</i> ('Qi'), <i>Quercus suber</i> ('Qs') i <i>Quercus pubescens</i> ('Qu'). Les dades provenen de totes les parcel·les, gestionades i no gestionades. No es mostren les espècies amb una representació menor al 5% d'àrea basal.	42
Figura A3. Àrea basal (AB) de peus vius inventariables de totes les espècies per inventari i parcel·la de l'acció B1.	43
Figura A4. Àrea basal (AB) de peus vius inventariables de totes les espècies per inventari i parcel·la de l'acció B2 i B3.	44
Figura A5: Distribució diamètrica per inventari i parcel·la (control i gestionada) dels rodals totalment esbrossats de l'acció B1.	45
Figura A6: Distribució diamètrica per inventari i parcel·la (control i gestionada) dels rodals parcialment esbrossats de l'acció B1. La parcel·la aparellada B1.2.12 no té parcel·la control (no gestionada).	46
Figura A7: Distribució diamètrica per inventari i parcel·la (control i gestionada) dels rodals de l'acció B2 (adevesament) i B3 (restauració). No hi ha parcel·les control (no gestionades) en l'acció B3.	47
Figura A8: Evolució del NDVI (índex de vegetació de diferència normalitzada) agrupat per a les parcel·les B2 i B3 tot comparant parcel·les d'actuació amb les control (excepte B3). La creu dins del diagrama de caixa indica el valor mitjà observat.	48
Figura A9: Evolució del NDVI (índex de vegetació de diferència normalitzada) agrupat per àmbits geogràfics tot comparant parcel·les de tractament amb les control.	49
Figura A10: Evolució del NDVI (índex de vegetació de diferència normalitzada) per a cada parella de parcel·les tractament (T) i control (C) entre els anys 2014 i 2022.	50
Figura A11: Recobriment d'espècies arbustives per inventari i parcel·la de l'acció B1.	51
Figura A12: Alçada mitjana d'espècies arbustives per inventari i parcel·la de l'acció B1.	52
Figura A13: Recobriment d'espècies arbustives per inventari, i àrees biogeogràfiques de les parcel·les de l'acció B2 i B3.	53
Figura A14: Efecte dels tractaments en la vulnerabilitat estructural a incendis de capçades (TVFoC) en les parcel·les de l'acció B1 de les diferents àrees biogeogràfiques. Les categories de vulnerabilitat (la lletra del codi de 'TVFoC') són alta (A), moderada (B) i baixa (C). El primer eix-Y (esq.) mostra: (i) l'alçada de combustible de superfície ('ACS'), (ii) la distància entre combustibles	

d'escala i aeri ('Dea'), i (iii) la distància entre combustibles de superfície i aeri ('Dsa'). El segon eix-Y (der.) mostra: (i) la coberta forestal del combustible aeri ('FCCa'), (ii) el recobriment de combustible d'escala ('RCE'), i (iii) el recobriment del combustible de superfície ('RCS'). 54

Figura A15: Gruix mitjà de suro pelagrí (no pelats i pelats per sota de 1,3 m del sòl) mesurat en cada inventari i parcel·la de l'acció B1..... 55

Figura A16: Gruix mitjà de suro de reproducció (pelats per sobre de l'alçada del pit < 1,3 m) mesurat en cada inventari i parcel·la de l'acció B1. 55

Figura A17: Creixement anual mitjà de suro pelagrí (no pelats i pelats per sota de 1,3 m del sòl) mesurat en cada parcel·la de l'acció B1. El creixement es la diferència entre el gruix de suro mesurat en el inventari de Post-7 i en el de Post-2. 56

Figura A18: Creixement anual mitjà de suro de reproducció (pelats per sobre de l'alçada del pit < 1,3 m) mesurat en cada parcel·la de l'acció B1. El creixement es la diferència entre el gruix de suro mesurat en el inventari de Post-7 i en el de Post-2. 57

Figura A19: Efecte dels tractaments sobre el carboni fixat total per parcel·la, inventari i àrea biogeogràfica..... 58

Figura A20: Efecte dels tractaments sobre el carboni fixat total per inventari i àrea biogeogràfica de las parcel·les de l'acció B2 i B3. 59

1. Introducció i objectius

Els boscos d'alzina surera constitueixen un element característic del paisatge mediterrani de gran singularitat en l'àmbit mundial, amb una llarga cadena econòmica i sociocultural associada. A Catalunya ocupa una superfície de 124.134 ha (sent dominant en 69.212 ha, i present en forma de massa mixta en 54.922 ha).

Les suredes també es caracteritzen per acollir una nombrosa biodiversitat, amb una gran representació d'endemismes mediterranis. Degut a aquest interès, està considerada Hàbitat d'Interès Comunitari (HIC-9330) per l'UE. A més a més, aquests boscos compleixen funcions essencials de regulació hidrològica, protecció de sols i fixació de CO₂ atmosfèric.

Per altra banda, l'àrea mediterrània és una de les més crítiques des del punt de vista del canvi climàtic. Durant les pròximes dècades s'espera un increment de les temperatures i una major irregularitat en la distribució de la precipitació. La principal conseqüència és un increment de l'estrès hídric dels ecosistemes, que poden reduir la vitalitat i productivitat de les masses, especialment d'aquelles amb una densitat excessiva, fer-les més sensibles enfront de plagues i malalties, i augmentar la freqüència de grans incendis forestals.

Davant els reptes que presenta aquesta situació actual, es fa necessari fomentar la vitalitat de l'arbrat, limitar el desenvolupament del matollar i fomentar la regeneració, i en aquest sentit, la gestió forestal multifuncional es considera una eina clau per a la mitigació i la seva adaptació al canvi climàtic.

L'objectiu d'aquest informe és avaluar a mig termini (7 anys) l'impacte de diferents tractaments realitzats en rodals demostratius de sureda, implementats en el marc del projecte LIFE+ Suber (*LIFE13 ENV/ES/000255*) de *Gestió integral de les suredes per a l'adaptació al canvi climàtic*, dins les accions B1 (tractaments per a la millora de la vitalitat i la producció de suro), B2 (tractaments de prevenció d'incendis) i B3 (restauració de suredes degradades). Aquesta anàlisi s'ha realitzat a partir de les dades recollides en el marc del LIFE Suber i comptant amb una nova mesura realitzada al 2023 sobre la major part dels rodals i tot aplicant el mateix protocol d'inventari. La campanya d'inventaris del 2023 s'ha realitzat dins l'activitat demostrativa liderada per la Fundació Institut Català del Suro 'Difusió de les noves tècniques de gestió de la sureda per a la millora de la seva productivitat i resiliència'

L'informe se centra en mostrar comparativament els resultats dels diferents inventaris forestals sobre els principals paràmetres silvodosomètrics, i en analitzar l'impacte de la gestió forestal multifuncional de les suredes en els serveis ecosistèmics de l'aigua, carboni i biodiversitats. Les actuacions silvícoles de les accions B1, B2 i B3 es van realitzar entre finals de 2015 i principis de 2016, i els inventaris de seguiment es van realitzar, mitjançant les 51 parcel·les permanents instal·lades a l'inici del LIFE Suber, en tres etapes: abans de les actuacions (2015), just després (2016) i al cap de dos períodes vegetatius (2018). Una nova mesura al 2023, realitzada en un total de 34 parcel·les, corresponents a 19 rodals demostratius (Figura 1), suposa tenir noves dades relatives a 7 períodes vegetatius després dels tractaments.

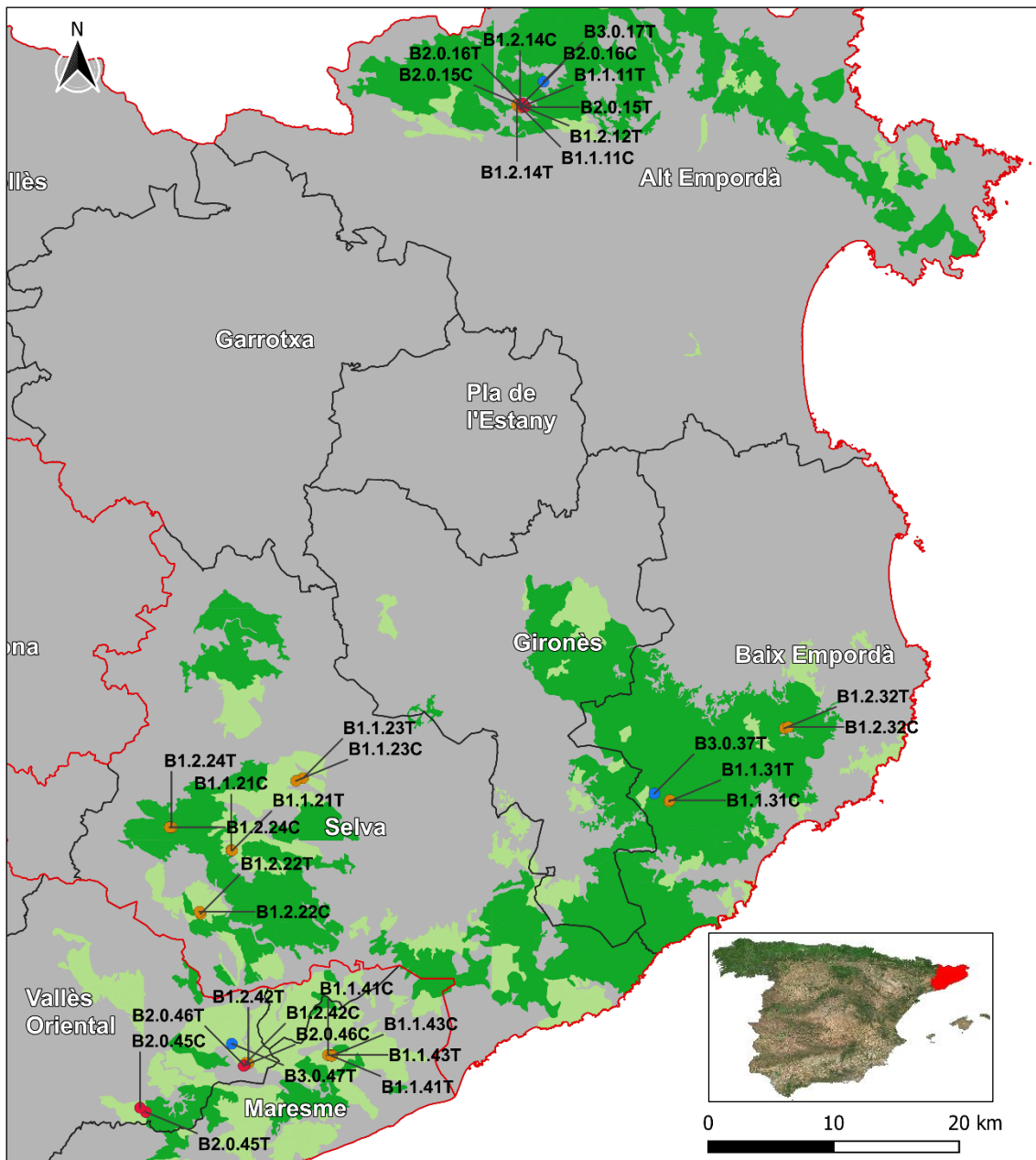


Figura 1: Ubicació de les 34 parcel·les inventariades el 2023. Els polígons verds representen l'extensió de les suredes, mostrant al seu torn zones de major (verd fosc) i menor (verd clar) ocupació de surera (Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación, 2009). Els punts marrons, vermells i blaus indiquen les parcel·les en les quals es van realitzar les accions B1, B2, i B3, respectivament.

Els objectius concrets del seguiment sobre els quals es basa l'anàlisi proposat són:

- 1) Caracteritzar l'evolució silvomasomètrica dels rodals en aquest període de temps, especialment pel que fa als canvis a l'estructura forestal.
- 2) Avaluar els efectes dels diferents tractaments de les accions B1 (diferent pes d'estassada) i B2 (actuacions per a la prevenció d'incendis), comptant amb parcel·les tractades vs parcel·les control, sobre diferents variables/indicadors de producció forestal i resiliència als impactes del canvi climàtic:
 - a) Vitalitat (i estat hídric) de la massa.
 - b) Diversitat florística.
 - c) Característiques del recobriment de l'arbrat i sotabosc.
 - d) Regenerat de *Quercus suber* i altres espècies.
 - e) Vulnerabilitat estructural a incendis forestals.
 - f) Producció de suro.
- 3) Avaluar els efectes dels diferents tractaments de l'acció B3 (restauració de suredes degradades).
- 4) Avaluar el balanç de carboni i de provisió d'aigua blava
- 5) Contribuir a valorar l'estat de l'Índex de Biodiversitat Forestal (IBP) de les suredes catalanes

2. Material i mètodes

Al 2015, es van instal·lar 51 parcel·les permanents (de les quals 28 corresponen a parcel·les de seguiment del tractament implementat, i la resta són parcel·les de control instal·lades en zones no tractades) repartides en diferents rodals dominats per sureres de qualitat d'estació alta i baixa amb la finalitat d'avaluar els tractaments realitzats en les accions B1, B2 i B3. Aquests rodals (amb total de 108 ha) estan repartits per quatre grans àrees biogeogràfiques de distribució de la sureda a Catalunya (Empordà, Montseny-Guilleries, Gavarres i Montnegre-Corredor).

➤ Cronologia dels tractaments

Els tractaments es van dur a terme durant la primavera de 2015 (en el cas de les estassades) i l'hivern i primavera de 2016 (en el cas de les tallades), per la qual cosa es van inventariar les parcel·les:

- prèviament a les intervencions (2015; 'Pre')
- immediatament després (2016; només les gestionades; 'Post')
- als 2 anys (2017-2018; 'Post-2')
- als 7 anys (2023; 'Post-7') dels tractaments

➤ Nombre de parcel·les objectes d'estudi

En l'últim inventari, es van mostrejar 34 de 51 parcel·les permanents, les quals són objecte d'estudi en aquest informe (Taula 1). D'aquestes parcel·les seleccionades per a les anàlisis, 23 parcel·les pertanyen a l'acció B1, 8 a l'acció B2 i 3 a l'acció B3.

➤ Tractaments duts a terme

L'acció B1 se centra en avaluar dues intensitats d'estassades (parcial i total) sobre la vitalitat i productivitat de les sureres; l'acció B2 avalua els efectes d'intervencions de millora de la resiliència enfront de grans incendis (adevesament); i l'acció B3 avalua els tractaments de restauració de suredes degradades. Els tractaments dissenyats aplicats en cada acció van ser principalment:

- **B1:** aclarida selectiva o mixta per a promoure les sureres més vigoroses i productives, mantenint un àrea basal (AB) de 20 m²/ha en qualitat d'estació alta i 15-17 m²/ha en qualitat d'estació baixa (segons els models ORGEST corresponents), una coberta forestal del 60-70% i el màxim d'espècies arbòries; reservació per al *Quercus ilex*; estassada total (90-100% de coberta arbustiva) o parcial (60-70% de coberta) segons la parcel·la d'estudi (Taula 1); i tractament de les restes de les tallades. La pela del suro es va realitzar a l'estiu de 2015, just després de l'estassada i abans de la tallada de millora.
- **B2:** tallada de millora (selecció) fins a deixar una AB de 8-10 m²/ha i una coberta forestal del 30-40%, mantenint peus d'interès per la seva vitalitat i

producció i per a la biodiversitat; tractament de les restes de les tallades; i estassada total o selectiva (> 60% de coberta arbustiva).

- **B3**: mateixos tractaments que en B1; poda de formació per a fomentar la qualitat del futur suro; i sembra de densificació de gla amb dos sistemes utilitzats per evitar la predació.

Cal tenir en compte que els tractaments silvícoles que es van implementar finalment en les parcel·les demostratives, no sempre van seguir estrictament el que estava previst en el disseny de les actuacions a escala de rodal. Per exemple, en el cas de l'Acció B1, l'objectiu era realitzar aclarides baixes d'intensitat més o menys similar en totes les parcel·les (segons l'estat inicial de la massa) i, en canvi, modificar la intensitat de les estassades, per avaluar l'impacte d'estassades totals i parcials en la vitalitat de l'arbrat i producció de suro. A la pràctica, amb el caràcter selectiu de les actuacions i la heterogeneïtat a micro-escala dels rodals, va resultar que les aclarides entre parcel·les de la mateixa acció (amb la mateixa qualitat d'estació) eren de diferents intensitats, sense assolir els valors d'AB de referència que estaven marcats com a objectiu a escala de rodal. També la intensitat d'estassada d'algunes parcel·les no acabava de coincidir amb l'estassada planificada. A més, de vegades, la parcel·la control i gestionada del mateix rodal presentaven diferències inicials significatives, i el nombre de parcel·les totals i per àrees biogeogràfiques ha estat limitat.

Taula 1: Distribució de les parcel·les permanents dins de cada acció (B1, B2, B3). Només es mostren les parcel·les inventariades el 2023. El radi de les parcel·les és generalment de 17 m, a excepció de les parcel·les: B1.1.21C i B1.1.43C, de 12 m de radi; i B1.2.24C, de 14 m de radi.

Àrea	Estassada total (B1)		Estassada parcial (B1)		Adevesament (B2)		Restauració (B3)
	Gestió	Control	Gestió	Control	Gestió	Control	
Qualitat d'estació: alta							
Empordà	B1.1.11T	B1.1.11C	B1.2.12T	-	B2.0.15T	B2.0.15C	B2.0.17T
Montseny	B1.1.21T	B1.1.21C	B1.2.22T	B1.2.22C	-	-	-
Gavarres	B1.1.31T	B1.1.31C	B1.2.32T	B1.2.32C	-	-	B2.0.37T
Montnegre	B1.1.41T	B1.1.41C	B1.2.42T	B1.2.42C	B2.0.45T	B2.0.45C	B2.0.47T
Sub-total	4	4	4	3	2	2	3
Qualitat d'estació: baixa							
Empordà	-	-	B1.2.14T	B1.2.14C	B2.0.16T	B2.0.16C	-
Montseny	B1.1.23T	B1.1.23C	B1.2.24T	B1.2.24C	-	-	-
Gavarres	-	-	-	-	-	-	-
Montnegre	B1.1.43T	B1.1.43C	-	-	B2.0.46T	B2.0.46C	-
Sub-total	2	2	2	2	2	2	0
TOTAL (34)	6	6	6	5	4	4	3

Dins de cada parcel·la es va establir 2 transsectes (10 x 0,5 m per transsecte) per al seguiment de l'estrat arbustiu.

Les variables principals mesurades en cada inventari i a cada parcel·la de seguiment silvomasomètric són:

- Estrat arbori: espècies, diàmetre normal (cm), estrat social (dominant, co-dominant, dominat), estat de l'arbre (viu o malalt), densitat (# peus), àrea basal (AB; m² ha⁻¹), calibre del suro (cm), alçada de la pela (cm).
- Sotabosc: espècies, recobriment (%), alçada (m).
- Regenerat: densitat (# individus; classificant en alçada menor i major a 25 cm) i espècies (només en Post-7).
- Altres: llum incident / cobertura de la massa (%).
- Índex de Biodiversitat Potencial: Presència d'espècies autòctones, nombre d'estrat, quantificació de la fusta morta en peu i a terra, nombre d'arbres vius de grans dimensions, nombre d'arbres amb dendromicrohàbitats, presència d'espais oberts amb flors, continuïtat temporal del bosc, i tipus de medis aquàtics i rocosos presents.

A partir d'aquestes variables mesurades s'han calculat, a part de variables típiques silvomasomètriques (AB, distribució diamètrica, etc), diferents indicadors ecològics per a avaluar els efectes de les actuacions de cada acció, encara que l'avaluació de l'acció B1 ha estat més intensa que altres accions a causa del seu disseny experimental (p. ex., major número de parcel·les aparellades). L'estudi de cada indicador es fa a nivell d'àrea biogeogràfica, ja que les àrees presenten particularitats diferents en les suredes, encara que hi ha indicadors que s'han centrat a nivell de tota Catalunya i/o a nivell de parcel·la. Els indicadors avaluats dins de l'acció B1, per a investigar l'efecte de diferents pesos d'estassada sobre les suredes, són: vitalitat, diversitat florística, recobriment de l'arbrat i sotabosc, regenerat, vulnerabilitat estructural a incendis forestals, producció de suro i fixació de carboni. L'avaluació de la acció B2 se centra en l'estudi de l'efecte de les actuacions sobre l'indicador de vulnerabilitat estructural a incendis. L'avaluació de les actuacions de restauració de l'acció B3 se centra en l'evolució dasomètrica de la massa, regenerat i vitalitat. Mentre que l'avaluació de les accions B1 i B2 es basa en comparacions de parcel·les gestionades i no gestionades (control), l'acció B3 només disposa de parcel·les gestionades. En totes les parcel·les es va fer el monitoratge en les 4 campanyes d'inventaris, a excepció de les parcel·les control que no van ser monitorades en Post, pel que, per a estimar alguns indicadors de les parcel·les control, s'assumeix que les dades de Post de les parcel·les control són les mateixes que les de Pre perquè no es va realitzar cap actuació silvícola. A continuació es detalla la metodologia d'estimació de cada indicador:

1) Vitalitat:

- a) Creixement, en àrea basal, de les sureres. S'investiga l'efecte de les actuacions sobre el creixement de AB entre diferents inventaris (Post – Post-2, Post-2 – Post-7, Post – Post-7). Per a avaluar estadísticament l'efecte dels tractaments (control, estassada parcial o total) s'ajusta, en primer lloc, una regressió lineal

(Creixement ~ tractament). A partir de la regressió s'avalua les diferències significatives entre dos tractaments (control vs est. parcial, control vs est. total, est. parcial vs est. total) mitjançant el Test (post-hoc) HSD de Tukey. Paral·lelament s'ajusta un model no lineal per a indagar detalladament els efectes de la intensitat real d'estassada i/o aclarida sobre el creixement de les sureres (Creixement ~ Intensitat estassada + Intensitat aclarida). Es tria l'enfocament del model no lineal perquè la relació entre el creixement i intensitats no és lineal i la linealització d'aquesta relació resulta en models no significatius. L'avaluació del model no lineal ha consistit, entre altres, en: consistència amb el coneixement ecològic actual, parsimònia, robustesa significança de les variables (P-valor < 0,05), homocedasticitat (homogeneïtat de variàncies) i distribució dels residus normal.

- b) NDVI (*normalized difference vegetation index*). El NDVI és un índex indirecte de la vitalitat (i estat hídic) de la massa forestal, ja que és una mesura per teledetecció de la reflectància de la zona ocupada per la vegetació en determinades bandes de l'espectre electromagnètic amb sensibilitat per l'activitat fotosintètica i el contingut d'humitat. És un índex polivalent àmpliament utilitzat per a l'estudi general de la vegetació en termes de vitalitat o estat sanitari. Per avaluar les parcel·les permanents del Life Suber que han estat reinventariades al 2023 s'ha calculat un valor de NDVI per a cada any entre 2014 i 2022, corresponent a la mitjana dels mesos de juny, juliol i agost. Per a això, s'ha calculat el NDVI per a la zona d'estudi amb les imatges multibanda de Landsat-8 amb una resolució de 30 x 30 m, de totes aquelles imatges disponibles sense núvols entre els mesos de juny i agost de cada any. El valor normalitzat oscil·la entre -1 i 1 com a resultat de la combinació de les bandes del roig (R) i l'infraroig proper (NIR): $NDVI = (NIR - R) / (NIR + R)$, essent valors negatius els corresponents a cobertes inerts i positius per a vegetació activa. El rang de 0 a 0,33 s'associa a vegetació amb elevat estrès hídic o problemes sanitaris, el rang de 0,33 a 0,66 s'associa a plantes sanes però amb cert estrès hídic i els valors superiors són situacions òptimes de vigorositat. El valor mitjà de cada any a cada parcel·la correspon a la mitjana dels valors de les imatges disponibles tot considerant només la superfície ocupada per cada parcel·la permanent.
- 2) Diversitat florística: la riquesa florística (nombre d'espècies) total de la vegetació, de l'arbrat i del sotabosc. Es calcula la mitjana i la desviació estàndard.
- 3) Recobriments de l'arbrat i sotabosc:
- a) Coberta forestal (incloent sotabosc i arbrat conjuntament; FCC) mitjançant fotos hemisfèriques arran de terra. Es calcula la mitjana i la desviació estàndard.
- b) Recobriments del sotabosc, mesurat mitjançant la realització de transsectes. Es calcula la mitjana i la desviació estàndard.

- 4) Regenerat: nombre d'individus de regenerat (peus menors a 2,5 cm de diàmetre normal). Es distingeix entre individus d'alçada menor i major de 25 cm. Es calcula la mitjana i la desviació estàndard.
- 5) Vulnerabilitat estructural a incendis forestals: vulnerabilitat estructural al foc de capçades (TVFoC; Piqué et al., (2013)). Aquesta metodologia quantitativa permet classificar un rodal forestal segons la seva vulnerabilitat per generar focs de capçades. Així, es diferencia entre vulnerabilitat alta (A), moderada (B) i baixa (C). Aquesta classificació es basa en la divisió de la vegetació en tres estrats de combustible (superfície, aeri i d'escala) i en l'avaluació del recobriment de cada un i de la distància vertical entre ells.
- 6) Producció de suro: creixement del gruix del suro pelagrí (de peus no pelats i pelats per sota d'1,3 m del sòl) i de reproducció (de peus pelats per sobre d'1,3 m del sòl). S'investiga l'efecte de les actuacions sobre el creixement del suro entre diferents inventaris (Post – Post-2, Post-2 – Post-7, Post – Post-7). Per a avaluar estadísticament l'efecte dels tractaments (control, estassada parcial o total) s'ajusta una regressió lineal (Creixement ~ tractament) i el seu post-avaluació amb el test de Tukey com en el cas de l'indicador de vitalitat. Paral·lelament s'ajusta un model lineal d'efectes mixtos per a indagar detalladament els efectes de la intensitat real d'estassada i/o aclarida sobre el creixement del suro (Creixement ~ Intensitat estassada + Intensitat aclarida), tenint en compte la variabilitat espacial de les parcel·les aparellades (altres tipus de models, p. ex. regressió lineal, no són capaços d'incloure aquesta variabilitat). Les intensitats d'estassada i aclarida es consideren efectes fixos, mentre que la parcel·la aparellada és l'efecte aleatori. A causa de la relació no lineal entre el creixement de suro i les intensitats dels tractaments, el creixement va ser linealitzat (mitjançant l'arrel quadrada d'aquesta variable). Per tal d'avaluar la idoneïtat dels models, es varen considerar els següents criteris: consistència amb el coneixement ecològic actual, parsimònia i robustesa, significança estadística ($t \geq 2$), absència de biaix, precisió, homoscedasticitat, distribució normal de residus, etc.

Cal destacar que, per a l'avaluació d'aquests indicadors silvo-dasomètrics i ecològics, no s'ha tingut en compte els arbres morts, la qual cosa pot condicionar els resultats i la seva interpretació. Per exemple, dins de l'acció B1 es va trobar en Post-7 (2023), de mitjana, 4 arbres morts en 9 parcel·les no gestionades (control) i 2,4 arbres morts en 7 parcel·les gestionades (parcial i total).

- 7) Balanç de carboni i de provisió d'aigua blava: Els càlculs s'han realitzat en base a la metodologia de càlcul de l'impacte de la gestió forestal establerta en el marc del projecte LIFE CLIMARK (Cervera et al., 2022), utilitzant les dades de només 7 rodals demostratius. Dels 19 rodals inventariats el 2016 (post actuació) i el 2023 (segon seguiment) realitzats en el marc del "Projecte Demostratiu de Difusió de les noves tècniques de gestió de la sureda per a la millora de la seva productivitat i resiliència", s'han exclòs de l'anàlisi 11 rodals que, 7 anys després de l'actuació,

presentaven dades inconsistentes, tant dels valors de densitat com de les àrees basals. També s'ha exclòs de l'estudi un rodal que no disposava de control.

A banda, degut a la manca d'informació específica sobre els models de creixement de les suredes i altra referent als productes, l'estudi presenta algunes variants respecte la metodologia indicada. Per una part, per obtenir el balanç de carboni de la gestió en comparació amb la no gestió, s'han utilitzat les dades d'inventari obtingudes abans i després dels tractaments efectuats i la informació de les parcel·les de control del projecte LIFE SUBER. Per una altra, les emissions evitades per substitució del suro per altres productes no ha estat analitzat. En els rodals sense dades sobre el percentatge de producte destinat a cada ús final s'ha assumit l'escenari més restrictiu (100% del producte destinat a trituració). Aquests fets condicionen totalment l'estudi d'impacte i per tant és important remarcar que els resultats estan relacionats directament en aquests rodals i no en les suredes del territori (Palero, N., et al. 2024).

- 8) **Biodiversitat Potencial:** En el cas de la biodiversitat, el càlcul de l'impacte es basa en l'aplicació de l'Índex de Biodiversitat Potencial (IBP). En aquest estudi però, no s'ha pogut fer la comparativa donat que abans de l'actuació no es va aplicar l'IBP i per tant, no es disposa de les dades inicials. Alternativament, s'han aprofitat les dades recopilades pel "Projecte Demostratiu de Difusió de les noves tècniques de gestió de la sureda per a la millora de la seva productivitat i resiliència" i les de les parcel·les de sureda que formen part de la Xarxa de Parcel·les Demostratives (XPD) del Centre de la Propietat Forestal, per fer una valoració de l'estat de l'IBP de les suredes catalanes, traslladant les principals conclusions en aquest estudi (informe redactat en el marc del projecte LIFE BIORGEST). En aquest cas, s'ha partit d'un total de 33 inventaris del Projecte Demostratiu als que s'hi ha sumat 10 inventaris més de la XPD del Centre de la Propietat Forestal. En total s'ha analitzat una mostra de 43 inventaris IBP. Aquests inventaris inclouen dades de rodals en els quals s'ha realitzat una gestió tradicional, no integrativa de biodiversitat, així com rodals on no s'havia actuat en els darrers anys, amb informació preactuació (Palero, N., et al. 2024).

3. Avaluació de l'impacte dels tractaments sobre les característiques silvo-dasomètriques

A nivell d'estrat arbori, les intervencions van reduir el $21,2 \pm 12,3\%$ de l'àrea basal (AB) en els rodals de l'acció B1, si bé en les parcel·les parcialment estassades es va extreure més AB ($23,8 \pm 14,5\%$) que en les parcel·les totalment estassades ($18,5 \pm 10,2\%$) (Taula 2). La intensitat d'aclarida va variar entre parcel·les per ajustar-se en la mesura del possible a una AB final de 17-20 m²/ha, si bé aquesta intensitat s'allunyava molt de la mitjana en algunes d'aquestes parcel·les. Per exemple, es va observar dues parcel·les amb tallades per sota del 5% d'AB i una parcel·la estassada parcialment en la qual es va reduir gairebé el 50% de l'AB. Aquesta intensitat d'aclarida en les parcel·les de l'acció B1 es va centrar principalment en les classes diamètriques petites i mitjanes (CD10-25), mantenint, 7 anys després de la intervenció, la mateixa estructura irregular inicial (Figura 2). Com a excepció, s'observa que l'estructura final de les parcel·les de l'Empordà tendeix a ser semiregular, ja que dominen dues classes diferents (CD15, CD30). D'altra banda, l'AB extreta de les parcel·les de l'acció B2 i B3 va ser aproximadament del $31,0 \pm 16,0\%$, sent la intensitat d'aclarida de l'acció B3 lleugerament superior (Taula 2). La intervenció en els rodals de la B3 va ser molt similar a les de l'acció B1 (es va centrar en CD petites i mitjanes), mentre que amb l'aclarida dels rodals de la B2 es va tallar de manera proporcional en pràcticament totes les classes diamètriques (<CD50), però amb un major pes en CD petites per a regularitzar la massa (Figura 2). En l'apartat 5 es presenten més detalladament les característiques silvo-dasomètriques de l'acció B3. Per a més informació dasomètrica de les 3 accions: (i) les Figures A1-A4 (veure annexos) mostren l'evolució d'AB per àrea biogeogràfica o per parcel·la, tant a nivell de totes les espècies com de la proporció de cada espècie dins de la parcel·la; i (ii) les Figures A5-A7 presenten la distribució diamètrica per inventari i parcel·la (control i gestionada).

A nivell d'estrat arbustiu, les intervencions van reduir el $87,7 \pm 11,4\%$ de cobertura i el $50,7 \pm 45,4\%$ d'altura mitjana de les parcel·les totalment estassades, mentre que la reducció de recobriment i alçada mitjana del sotabosc en parcel·les parcialment estassades va ser de $51,4 \pm 48,1\%$ i $15,2 \pm 42,8\%$, respectivament (Taula 2). Aquesta gran variabilitat en intensitats d'estassada dins de cada tipus de tractament (estassada parcial i total) i el baix nombre de parcel·les resulta finalment en absència de diferències significatives entre tractaments d'estassada (Figura 3). Aquest patró, avaluat mitjançant el test de Tukey, es va observar tant en el recobriment com en l'alçada del sotabosc. D'altra banda, la reducció en el recobriment i alçada mitjana va ser, respectivament, de $29,6 \pm 18,5\%$ i $84,4 \pm 15,3\%$ en les parcel·les de l'acció B2 i de $32,9 \pm 15,6\%$ i $90,6 \pm 7,7\%$ en les parcel·les de l'acció B3.

La Taula 2 mostra més informació sobre la caracterització silvícola dels tractaments realitzats en cada parcel·la, així com altres característiques dasomètriques i de sotabosc.

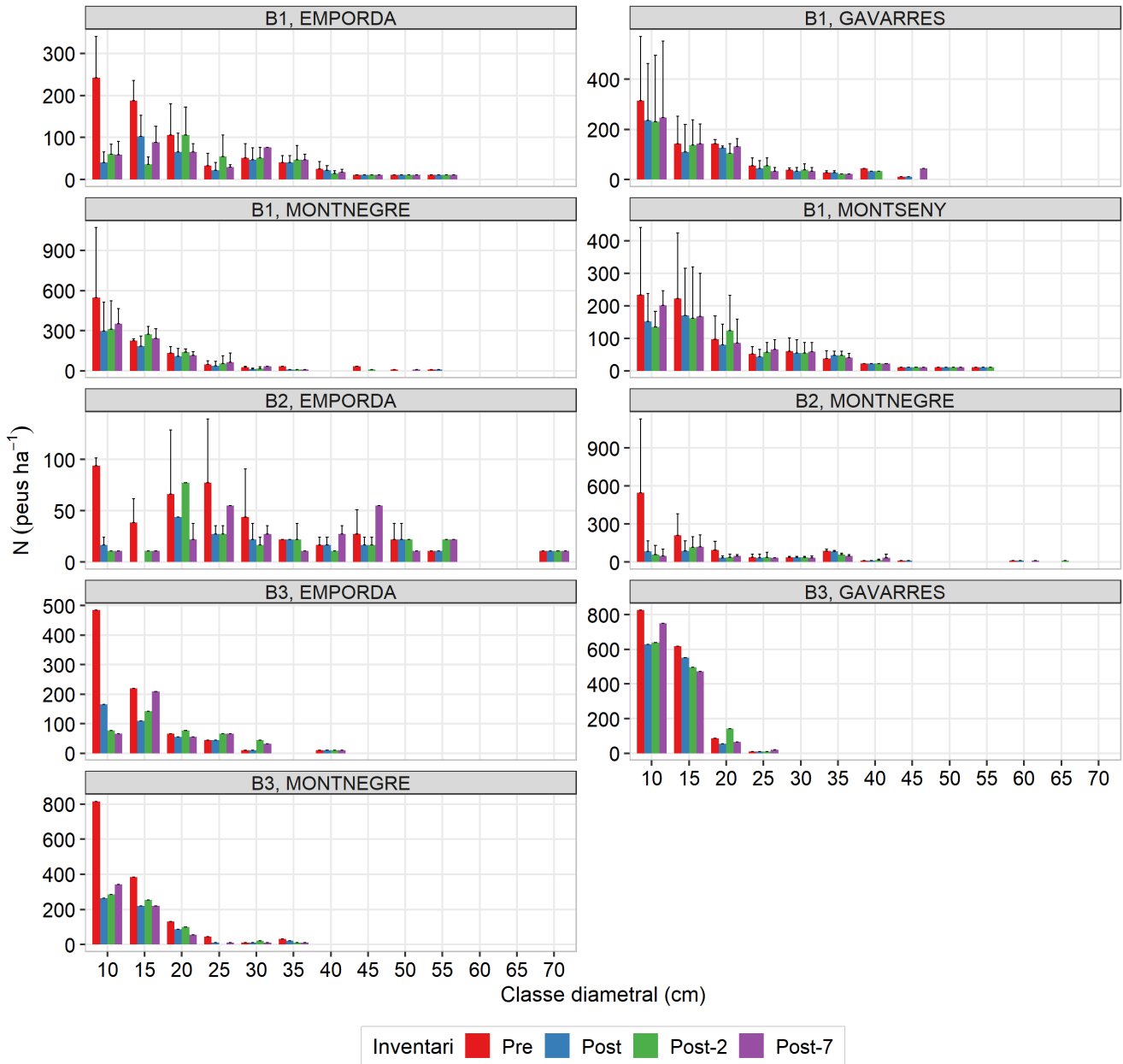


Figura 2: Distribució diamètrica per inventari, acció i àrea biogeogràfica de les parcel·les gestionades.

Taula 2: Caracterització silvícola dels tractaments realitzats en cada parcel·la.

Parcel·la	Gestió	Qualitat	Abans del tractament (2015)					Després del tractament (2016)					Extret (%)				
			N (peus/ha)	AB (m ² /ha)	Dg (cm)	Rec. arbus. (%)	Hm arbus. (cm)	N (peus/ha)	AB (m ² /ha)	Dg (cm)	Rec. arbus. (%)	Hm arbus. (cm)	N	AB	Rec.	Hm	
B1.1.11C	Control	Alta	1.101	28,3	14,7	28	152	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B1.1.11T	Total	Alta	474	18,2	13,8	37	184	242	15,0	20,4	0	25	48,9	17,6	100,0	86,4	
B1.1.21C	Control	Alta	508	24,6	19,0	60	208	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
B1.1.21T	Total	Alta	518	22,8	18,4	54	306	496	22,6	18,9	6,8	27	4,2	0,9	87,4	91,2	
B1.1.23C	Control	Baixa	441	19,6	21,0	35	194	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
B1.1.23T	Total	Baixa	738	22,1	15,0	36	215	540	16,1	14,6	7,6	236	26,8	27,1	78,9	-9,8	
B1.1.31C	Control	Alta	947	20,3	14,7	72	146	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
B1.1.31T	Total	Alta	507	16,7	17,0	58	233	385	14,3	17,9	1	13	24,1	14,4	98,3	94,4	
B1.1.41C	Control	Alta	816	21,0	14,3	71	217	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
B1.1.41T	Total	Alta	738	12,4	11,4	55	202	540	8,8	11,2	5	151	26,8	29,0	90,9	25,2	
B1.1.43C	Control	Baixa	354	8,0	13,1	43	154	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
B1.1.43T	Total	Baixa	540	11,5	14,4	61	150	474	9,0	13,8	18	125	12,2	21,7	70,5	16,7	
B1.2.12C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
B1.2.12T	Parcial	Alta	914	27,4	14,7	34	171	441	19,7	19,8	11	146	51,8	28,1	67,6	14,6	
B1.2.14C	Control	Baixa	716	17,2	13,8	29	172	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
B1.2.14T	Parcial	Baixa	705	20,8	14,3	48	158	374	16,0	20,8	11	59	47,0	23,1	77,1	62,7	
B1.2.22C	Control	Alta	760	21,4	13,8	27	148	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
B1.2.22T	Parcial	Alta	385	22,0	17,0	61	284	352	21,5	17,4	62	303	8,6	2,3	-1,6	-6,7	
B1.2.24C	Control	Baixa	1.056	25,3	14,5	29	119	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
B1.2.24T	Parcial	Baixa	1.256	21,5	11,4	45	202	837	15,8	13,0	7	59	33,4	26,5	84,4	70,8	
B1.2.32C	Control	Alta	1.024	15,0	10,9	47	245	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
B1.2.32T	Parcial	Alta	991	24,3	13,2	76	209	815	20,3	13,4	2	247	17,8	16,5	97,4	-18,2	
B1.2.42C	Control	Alta	518	18,4	18,5	51	223	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
B1.2.42T	Parcial	Alta	1.740	36,5	10,9	12	113	936	19,6	11,6	14	149	46,2	46,3	-16,7	-31,9	
B2.0.15C	Control	Alta	529	29,8	16,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
B2.0.15T	Adevesament	Alta	319	28,1	20,5	49	91	165	23,0	36,3	2	33	48,3	18,1	95,9	63,7	
B2.0.16C	Control	Baixa	540	22,7	18,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
B2.0.16T	Adevesament	Baixa	518	25,0	20,5	51	84	187	13,6	26,0	2	29	63,9	45,6	96,1	65,5	
B2.0.45C	Control	Alta	1.586	33,7	14,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
B2.0.45T	Adevesament	Alta	1.597	31,6	12,7	99	433	474	17,4	17,1	36	405	70,3	44,9	63,6	6,5	
B2.0.46C	Control	Baixa	474	16,3	14,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
B2.0.46T	Adevesament	Baixa	463	21,9	13,9	44	131	275	19,8	19,9	8	194	40,6	9,6	81,8	-48,1	
B3.0.17T	Restauració	Alta	837	13,3	11,9	89	100	397	8,9	14,4	9	82	52,6	33,1	89,9	18,0	
B3.0.37T	Restauració	Alta	1.542	19,7	11,7	73	297	1.245	16,3	11,9	1	96	19,3	17,3	98,6	67,7	
B3.0.47T	Restauració	Alta	1.421	22,3	11,9	36	248	617	11,5	12,8	6	278	56,6	48,4	83,3	-12,1	

Nota: En 'Gestió', 'Total' és l'estassada total, 'Parcial' és l'estassada parcial, i 'Control' indica absència de gestió; 'Qualitat' és la qualitat d'estació; 'N' és la densitat de peus vius inventariables (i.e., peus de diàmetre normal > 7,5 cm), 'AB' és l'àrea basal dels peus vius inventariables, 'Dg' és el diàmetre mig quadràtic dels peus vius inventariables; 'Rec. arbus.' és el recobriment arbustiu, i 'Hm arbus.' és l'altura mitjana de l'arbustiu.

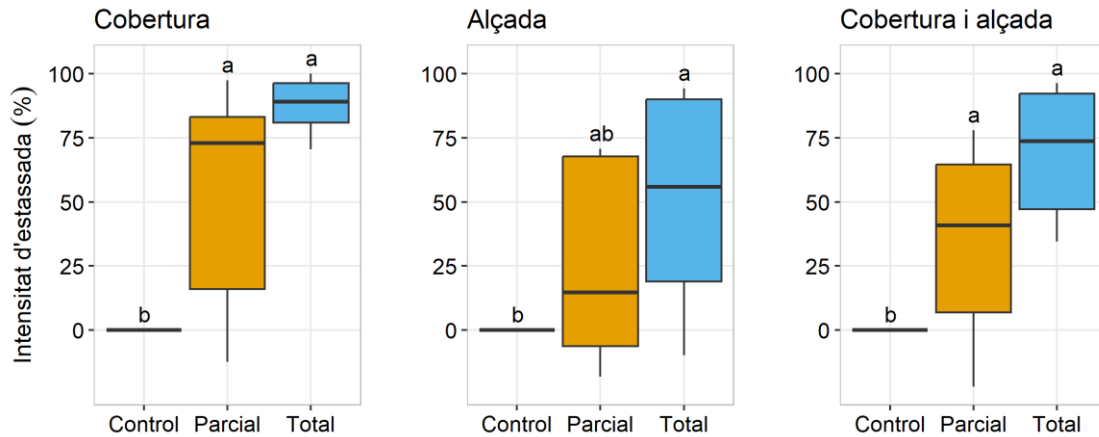


Figura 3: Intensitat d'estassada real de cada tractament de l'acció B1. Les lletres, obtingudes mitjançant el Test HSD de Tukey per a avaluar la regressió lineal (intensitat~tractament), indiquen diferències significatives entre tractaments (lletres iguals entre dos tractaments indiquen que no hi ha diferència significativa, i viceversa). La intensitat d'estassada real és la diferència entre els valors de cobertura i/o alçada de Post i els de Pre. La intensitat d'estassada en "cobertura i alçada" s'ha estimat mitjançant la proporció de la suma de la intensitat d'estassada sobre la cobertura i la de l'alçada.

4. Avaluació de les accions B1 i B2 sobre diferents indicadors de producció forestal i resiliència als impactes del canvi climàtic

4.1. Vitalitat (acció B1)

La intervenció va tenir un efecte positiu inicial en l'àrea basal de les sureres de les parcel·les de l'acció B1, si bé aquest efecte va ser el resultat de la intensitat d'aclarida. S'observa que els tractaments van tenir un impacte significatiu sobre l'AB només a curt termini (entre el Post i el Post-2) (Figura 4). No obstant això, només va haver-hi diferències significatives entre les parcel·les gestionades i les control, sense observar-se diferències entre les parcel·les estassades parcial i totalment. De fet, el model no lineal sobre l'efecte de les estassades i aclarides en l'acció B1 revela que l'increment en AB després dels 2 primers anys de gestió es va deure realment a la intensitat d'aclarida (P-valor $_{[AB \text{ extreta}]} = 0,03$), però no a la intensitat d'estassada (P-valor $_{[cobertura \text{ i/o } alçada \text{ extreta}]} > 0,05$) (Figura 5). És a dir, el creixement anual d'AB va augmentar de manera exponencial a major intensitat d'aclarida. Per exemple, s'estima que el creixement anual en AB de sureres a intensitats d'aclarida de 0%, 20% i 40% és de 0,4, 1,1 i 3,4 $m^2 \text{ ha}^{-1} \text{ any}^{-1}$, respectivament.

El creixement de AB de sureres entre Post-2 i Post-7 mostra valors mitjans negatius per a tots els tractaments, a conseqüència de la mortalitat d'arbres ocorreguda en aquest període de temps.

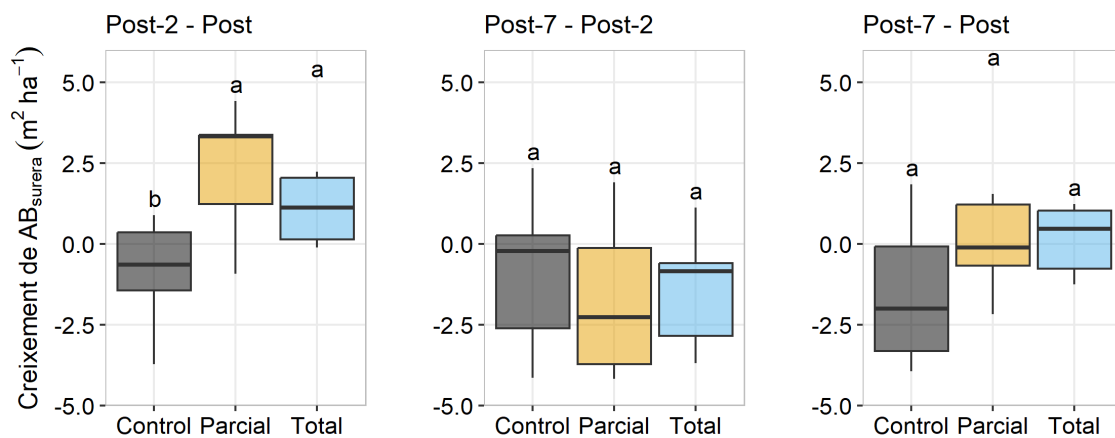


Figura 4: Efecte de cada tractament de l'acció B1 sobre diferents períodes de creixement, en àrea basal, de les sureres. Les lletres, obtingudes mitjançant el Test HSD de Tukey per a avaluar la regressió lineal ($\text{Creixement} \sim \text{tractament}$), indiquen diferències significatives entre tractaments (lletres iguals entre dos tractaments indiquen que no hi ha diferència significativa, i viceversa). En Post-7 es va trobar, de mitjana, 4 arbres morts en 9 parcel·les no gestionades (control) i 2,4 arbres morts en 7 parcel·les gestionades (parcial i total), els quals no s'inclouen en el creixement de AB.

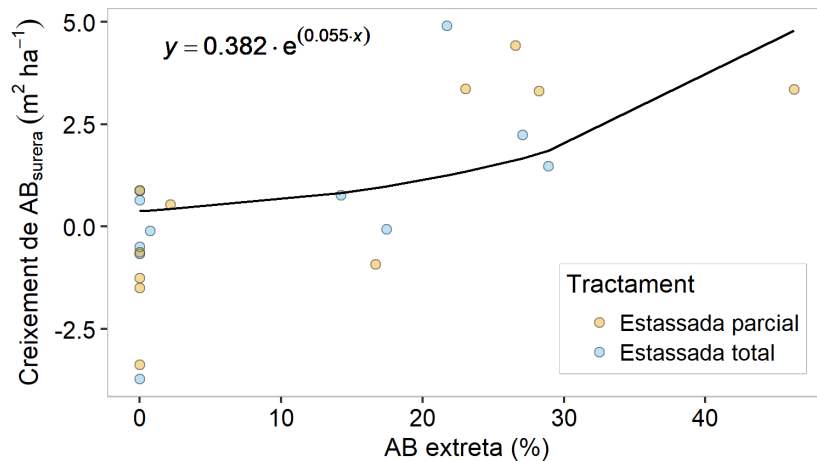


Figura 5: Efecte de l'àrea basal total extreta sobre el creixement, en àrea basal, de les sureres. La línia és la representació del model no-lineal (P-valor $_{[AB_{extreta}]} = 0,03$) i els punts són dades observades. El creixement d'AB és la diferència entre l'AB de Post-2 i la de Post (s'assumeix que l'AB de Post de les parcel·les control és la mateixa que la de Pre).

Respecte a l'avaluació de la vitalitat mitjançant NDVI, les Figures 6 i A8 mostren l'evolució temporal del valor mitjà de l'estiu tot comparant les parcel·les amb actuació amb les controls, per cada tipus d'actuació. S'observa una gran variabilitat per cada grup, fins al punt de no tenir diferències significatives. La Figura A9 mostra l'evolució agrupant les parcel·les per àmbits geogràfics, també sense significança entre les diferències. Hi ha una gran diversitat de factors que determinen el valor de NDVI i la seva evolució, i amb aquestes figures s'observa que els factors locals (climàtics, ecològics i fisiogràfics), a més petita escala de la d'àmbit, tenen una gran influència, mentre que els factors lligats al tractament són menys determinants. La Figura A10 mostra l'evolució del NDVI per a cada parcel·la. Es destaquen els anys 2018 i 2020 com de més vitalitat, associada a una bona meteorologia en època estival, i l'any 2016 com de menys vitalitat, associada a l'efecte de les actuacions quant a la retirada de vegetació de les parcel·les però també a una meteorologia més adversa (ja que les control també disminueixen activitat vegetal) (Figura 6, A8, A9). En general, però, cal anotar que el rang de NDVI observat (de 0,1 a 0,4) és limitat, tal com es veu als histogrames per anys (Figura 7), el que s'associa a una vegetació amb elevat estrès hídric o problemes sanitaris. En tot cas, el tipus de vegetació (espècie, estructura) també té influència en la resposta en NDVI per la manera en què es regula el contingut d'humitat als teixits, per la qual cosa s'han obtingut valors esperats per a la vegetació mediterrània escleròfil·la com és la de les suredes catalanes. Amb tot, els resultats de l'avaluació mitjançant NDVI mostren lleugeres tendències generals sense acabar de discriminar per àmbit o per actuació i donant molt pes als factors locals de cada parcel·la.

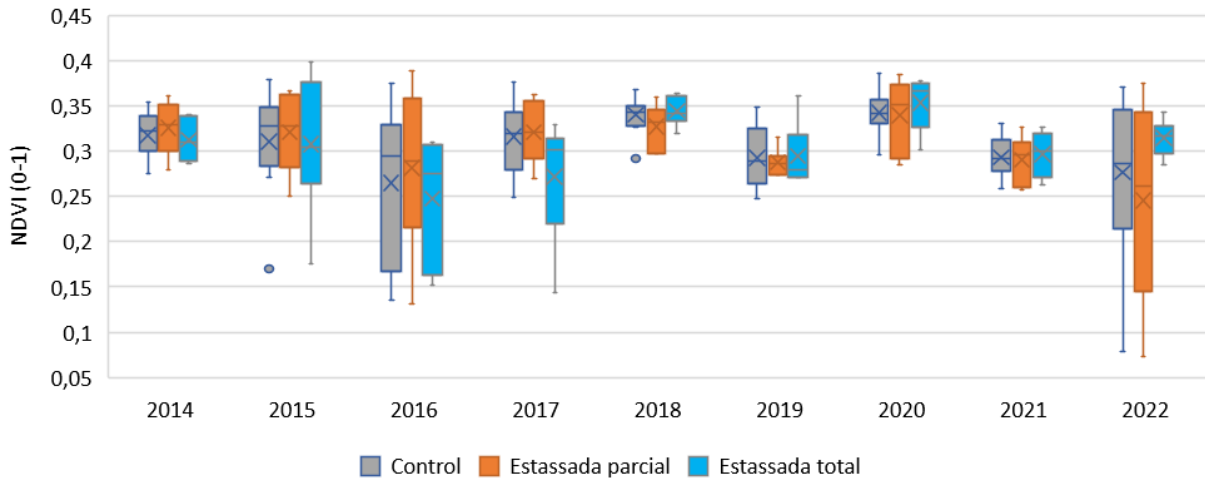


Figura 6: Evolució del NDVI (índex de vegetació de diferència normalitzada) agrupat per a les parcel·les B1 tot comparant parcel·les d'actuació amb les control (excepte B3). La creu dins del diagrama de caixa indica el valor mitjà observat.

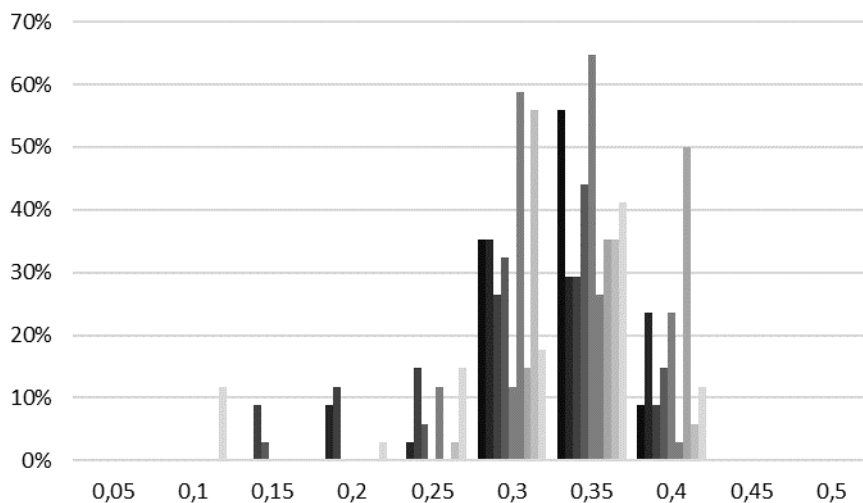


Figura 7: Histogrames del NDVI (índex de vegetació de diferència normalitzada) mitjà de totes les parcel·les avaluades, per anys des de 2014 a 2022 (gradient de més a menys fosc).

4.2. Diversitat florística (acció B1)

Els tractaments van provocar canvis en la riquesa d'espècies vegetals, principalment en les arbustives. És a dir, s'ha observat, de forma generalitzada en totes les àrees biogeogràfiques (en menor mesura al Montseny), un augment en el nombre d'espècies arbustives de les parcel·les gestionades després de 7 anys de les intervencions, mentre que la riquesa arbustiva de les parcel·les control va romandre de mitjana invariable en el temps segons l'àrea biogeogràfica. Entre Post i Post-7, la riquesa arbustiva va incrementar de mitjana en 3,5 espècies, tant en parcel·les parcialment estassades com en aquelles totalment estassades. Algunes de les espècies noves que van aparèixer en Post-7 en parcel·les amb totes dues intensitats d'estassada van ser: *Genista*

monspessulana, *Phillyrea angustifolia*, *Smilax aspera* i *Pteridium* sp. D'altra banda, l'augment en la riquesa de l'arbrat durant aquest període de 7 anys va ser insignificant (+0,3 espècies en totes dues intensitats d'estassada). De forma generalitzada en les parcel·les (gestionades i control), va aparèixer amb el temps més individus d'*Arbutus unedo* i *Quercus ilex*, mentre que l'abundància de *Quercus suber* es va veure reduïda.

La Taula 3 mostra més informació sobre la riquesa mitjana d'espècies arbustives i arbòries per tractament i inventari en cada àrea biogeogràfica.

Taula 3: Riquesa mitjana d'espècies arbustives i arbòries per tractament i inventari en cada àrea biogeogràfica.

	EMPORDÀ			GAVARRES			MONTNEGRE			MONTSENY		
	Control (n = 2)	Parcial (n = 2)	Total (n = 1)	Control (n = 2)	Parcial (n = 1)	Total (n = 1)	Control (n = 3)	Parcial (n = 1)	Total (n = 2)	Control (n = 4)	Parcial (n = 2)	Total (n = 2)
Arbustiu												
Pre	6,0 ± 0,0	8,0 ± 1,4	10,0	7,5 ± 0,7	11,0	10,0	9,0 ± 3,0	3,0	8,0 ± 1,4	5,8 ± 1,3	4,5 ± 0,7	6,5 ± 2,1
Post	6,0 ± 0,0	6,0 ± 0,0	1,0	7,5 ± 0,7	3,0	2,0	9,0 ± 3,0	3,0	7,0 ± 2,8	5,8 ± 1,3	5,0 ± 1,4	6,0 ± 1,4
Post-7	8,0 ± 0,0	9,5 ± 2,1	11,0	8,0 ± 1,4	10,0	10,0	6,3 ± 0,6	8,0	8,0 ± 0,0	6,0 ± 1,8	6,0 ± 0,0	6,5 ± 0,7
Arbrat												
Pre	2,5 ± 0,7	2,5 ± 0,7	4,0	3,5 ± 2,1	5,0	2,0	3,0 ± 1,7	6,0	4,5 ± 0,7	2,8 ± 1,0	2,5 ± 0,7	3,0 ± 1,4
Post	2,5 ± 0,7	1,0 ± 0,0	3,0	3,5 ± 2,1	5,0	2,0	3,0 ± 1,7	4,0	3,0 ± 1,4	2,8 ± 1,0	2,5 ± 0,7	3,0 ± 1,4
Post-2	3,0 ± 0,0	1,5 ± 0,0	3,0	3,0 ± 1,4	5,0	2,0	4,5 ± 0,7	5,0	3,0 ± 1,4	3,0 ± 1,4	2,5 ± 0,7	2,5 ± 2,1
Post-7	3,0 ± 1,4	1,5 ± 0,7	3,0	3,0 ± 1,4	5,0	2,0	3,3 ± 2,1	4,0	4,0 ± 0,0	3,5 ± 1,0	3,0 ± 0,0	3,0 ± 1,4
Arbustiu + Arbrat												
Pre	8,5 ± 0,7	10,5 ± 1,6	14,0	11,0 ± 2,2	16,0	12,0	12,0 ± 3,4	9,0	12,5 ± 1,6	8,5 ± 1,6	7,0 ± 1,0	9,5 ± 2,5
Post	8,5 ± 0,7	7,0 ± 0,0	4,0	11,0 ± 2,2	8,0	4,0	12,0 ± 3,4	7,0	10,0 ± 3,1	8,5 ± 1,6	7,5 ± 1,6	9,0 ± 2,0
Post-7	11,0 ± 1,4	11,0 ± 2,2	14,0	11,0 ± 2,0	15,0	12,0	9,7 ± 2,2	12,0	12,0 ± 0,0	9,5 ± 2,1	9,0 ± 0,0	9,5 ± 1,6

Nota: no va haver-hi inventari en les parcel·les control en l'inventari Post, però s'assumeix que la riquesa d'espècies és la mateixa que la de Pre. La riquesa d'espècies arbustives d'una parcel·la és la suma d'espècies arbustives dels 2 transectes (10 x 0,5 m) dins d'aquesta parcel·la. Respecte a la riquesa d'espècies arbòries, es va estimar el nombre d'espècies en parcel·les generalment de 17 m de radi, a excepció de les parcel·les: B1.1.21C (Montseny) i B1.1.43C (Montnegre), de 12 m de radi; i B1.2.24C (Montseny), de 14 m de radi.

4.3. Característiques del recobriment de l'arbrat i sotabosc (acció B1)

Després de les intervencions, els tractaments de l'acció B1 van reduir inicialment el recobriment forestal (sotabosc i arbrat). Mitjançant les fotos hemisfèriques, s'ha observat que la major reducció de la coberta forestal (FCC) és deguda principalment a l'estassada, més que a l'aclarida (Figura 8). De fet, a major intensitat d'estassada, major reducció de la FCC. La diferència entre la FCC de Post-estassada i la de Pre va ser, de mitjana: -1,1% en parcel·les parcialment estassades i -12,8% en parcel·les totalment estassades. A nivell d'estrat arbustiu, mesurat mitjançant mesuraments en transectes també es va observar aquest patró (Taula 2, Figura 9). D'altra banda, la recuperació de cobertura després dels tractaments va ser molt pronunciada, depenent de l'àrea biogeogràfica, observant-se majors increments entre Post (estassada i aclarida) i Post-7 en parcel·les totalment estassades (Figura 8). És a dir, l'augment mitjà en FCC després de les intervencions en parcel·les amb estassada parcial i total va ser 6,1% i 13,3%, respectivament. De la mateixa manera, el recobriment del sotabosc (mesurat en transectes) va seguir la mateixa tendència observada en la FCC entre Post i Post-7 (Figura 9): major increment de cobertura arbustiva en parcel·les amb estassada total (+53,3%) que en aquelles parcialment estassades (+17,5%).

Les Figures A11 i A12 mostren més informació sobre el recobriment i alçada mitjana d'espècies arbustives, respectivament, per inventari i parcel·la de l'acció B1, mentre que la Figura A13 presenta el recobriment de sotabosc de parcel·les gestionades de les accions B2 i B3 (no hi ha dades de parcel·les control).

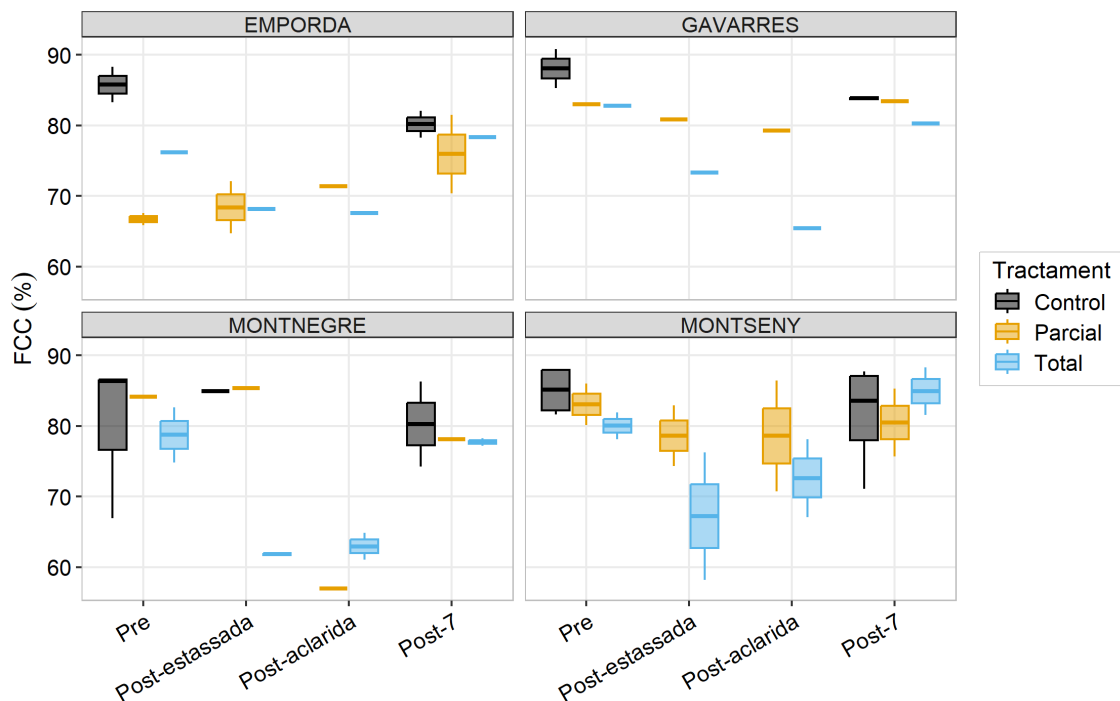


Figura 8: Cobertura forestal per inventari, tractament i àrea biogeogràfica de les parcel·les de l'acció B1. Les dades són estimades a partir de fotos hemisfèriques preses arran de terra.

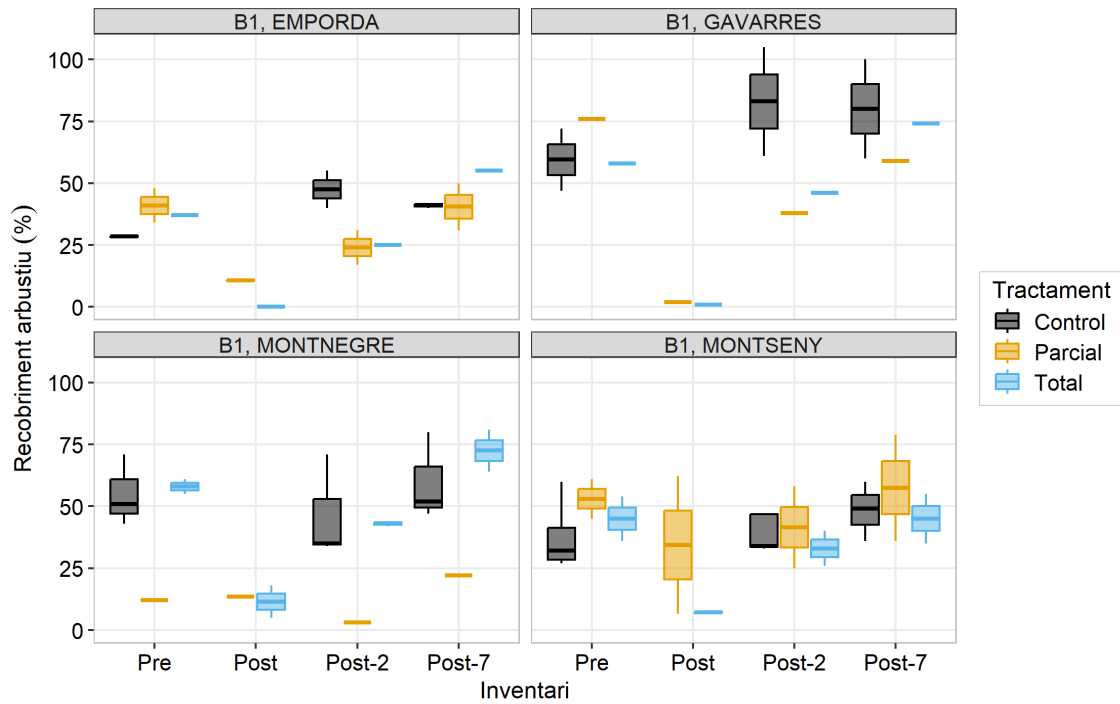


Figura 9: Recobriment d'espècies arbustives per inventari, tractament i àrea biogeogràfica de les parcel·les de l'acció B1.

4.4. Regenerat (acció B1)

Els tractaments de l'acció B1 van causar un efecte negatiu immediatament després de les intervencions en el nombre d'individus de regenerat del conjunt de les espècies (peus menors a 2,5 cm de diàmetre normal) (Figura 10). És a dir, entre l'inventari Pre i el Post, a major intensitat d'estassada, major reducció en el regenerat: -7.500 individus ha^{-1} (-58%) en parcel·les amb estassada parcial, i -18.167 individus ha^{-1} (-65%) en parcel·les amb estassada total, de mitjana. En els 7 anys després de les intervencions, el regenerat va incrementar de manera considerable, observant-se un major regenerat a major intensitat d'estassada (diferència entre Post-7 i Post; Figura 10): 27.500 individus ha^{-1} (+500%) en parcel·les amb estassada parcial, i 50.500 individus ha^{-1} (+514%) en parcel·les amb estassada total, de mitjana. Respecte a la mida del regenerat, cal destacar que les plàntules menors de 25 cm d'alçada dominaven en totes les parcel·les gestionades immediatament després dels tractaments (Post; 90% de mitjana), mentre que la proporció de peus menors a 25 cm en Post-7 va ser, de mitjana, 54% en parcel·les amb estassada parcial i 67% en parcel·les totalment estassades. Mentre que el regenerat dels inventaris Post i Post-2 sembla ser molt similar entre tractaments, el regenerat de Post-7 es caracteritza per mostrar diferències entre estassades (Figura 10). En concret, en Post-7, l'increment en regenerat de parcel·les totalment estassades va ser generalment molt superior a parcel·les amb estassada parcial i control. Aquesta diferència significativa s'associa al fort regenerat en parcel·les totalment estassades de *Q. ilex* (11.666 ± 7.930 ind. ha^{-1} amb alçada menor de 25 cm) i, en menor mesura, de *Q. suber* (6.667 ± 5.794 ind. ha^{-1} i 8.167 ± 6.262 ind. ha^{-1} amb alçada menor i major de 25

cm, respectivament), encara que hi ha molta variabilitat entre parcel·les en el regenerat (Figura 11).

No es pot estimar ni comparar l'evolució en el regenerat de les parcel·les control, ja que no va haver-hi inventari després de les actuacions (Post). Per a aquest indicador, no es pot assumir que el regenerat de Post pugui ser igual al de Pre (el regenerat canvia molt d'un any per a un altre).

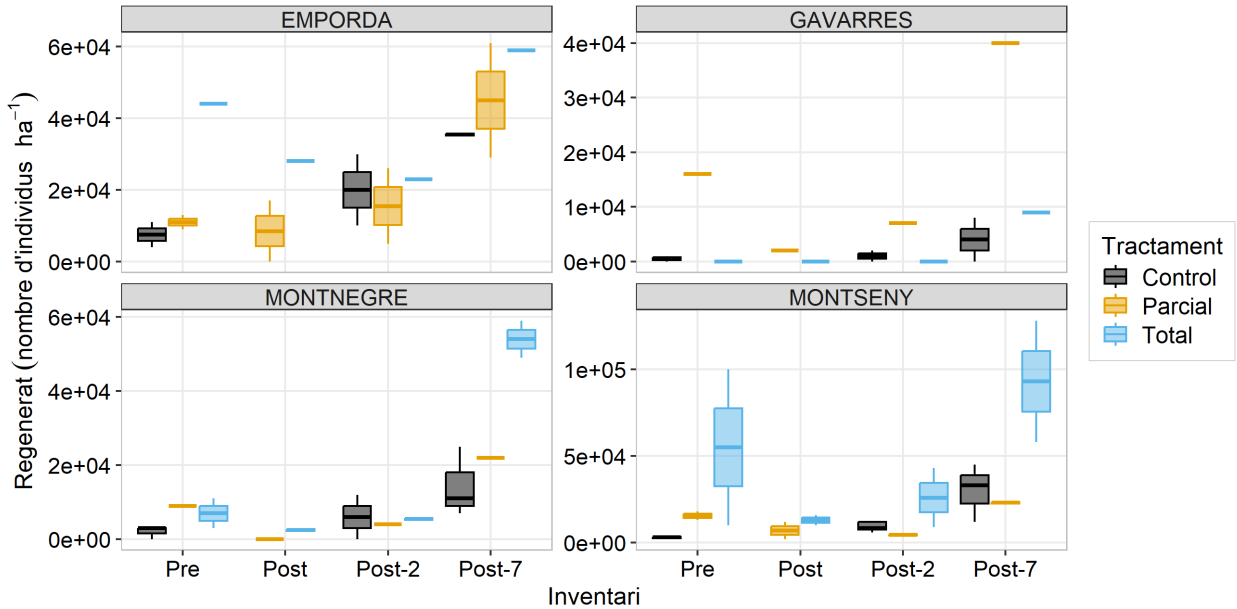


Figura 10: Nombre de peus no inventariables (DN < 2,5 cm) per inventari, tractament i àrea biogeogràfica de las parcel·les de l'acció B1. Les dades inclouen tots els individus d'alçada menor i major de 25 cm.

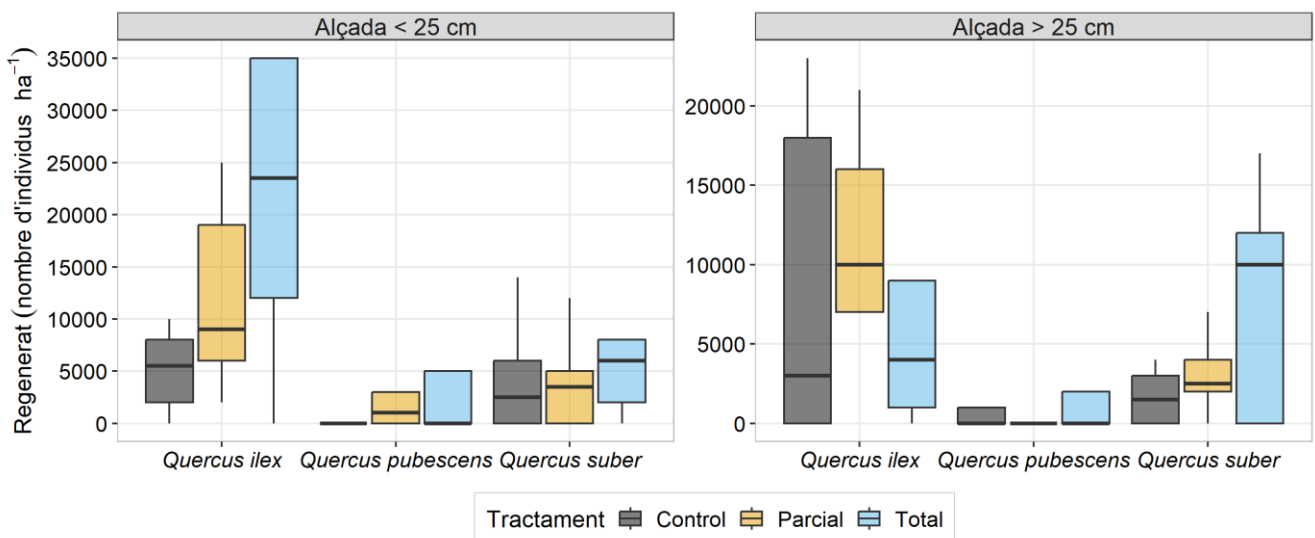


Figura 11: Nombre de peus no inventariables (DN < 2,5 cm) per espècie, tractament i alçada del regenerat de las parcel·les de l'acció B1. Les dades són de 7 anys després dels tractaments (Post-7). No hi ha dades de la parcel·la B1.2.24C en Post-7.

4.5. Vulnerabilitat estructural a incendis forestals (accions B1 i B2)

Els tractaments de l'acció B1 han mostrat tenir un efecte limitat en el temps en la reducció de la vulnerabilitat als incendis (Figura 12). Inicialment (Post), les estassades (parcial i total) i aclarides van reduir parcialment la vulnerabilitat estructural a incendis de capçades, encara que s'ha observat al Montseny un major efecte reductor de l'estassada total sobre la vulnerabilitat. Aquesta reducció en la vulnerabilitat s'associa sobretot a la lleugera i generalitzada disminució de la coberta forestal del combustible aeri (FCCa), però també a la reducció puntual d'altres factors (segons la parcel·la) com (Figura A14): l'alçada de combustible de superfície (ACS) o el recobriment de combustible d'escala (RCE). Al llarg dels 7 anys després de les actuacions (entre Post i Post-7), els rodals, en general, mostren una tendència d'increment de vulnerabilitat estructural a incendis (Figura 12). No obstant això, encara que els tractaments en Post-7 van mostrar resultats molt semblants entre ells, les estructures de les parcel·les amb estassada total i control van mostrar una menor vulnerabilitat a incendis que les parcel·les amb estassada parcial. D'una banda, les parcel·les control mostren al llarg del temps (de Post-2 a Post-7) una lleugera reducció generalitzada del recobriment i/o alçada del combustible, generant estructures de moderada vulnerabilitat a incendis (Figura A14). D'altra banda, no hi ha un patró clar sobre quins factors avantatgen a les parcel·les amb estassades total sobre aquelles amb estassades parcial en termes de vulnerabilitat estructural (és a dir, depèn de la singularitat de la parcel·la). La Figura A14 mostra detalladament l'evolució per parcel·la dels factors que condicionen la vulnerabilitat a incendis segon la CVFoC (claus per a determinar la vulnerabilitat d'un rodal forestal a generar focs de capçades).

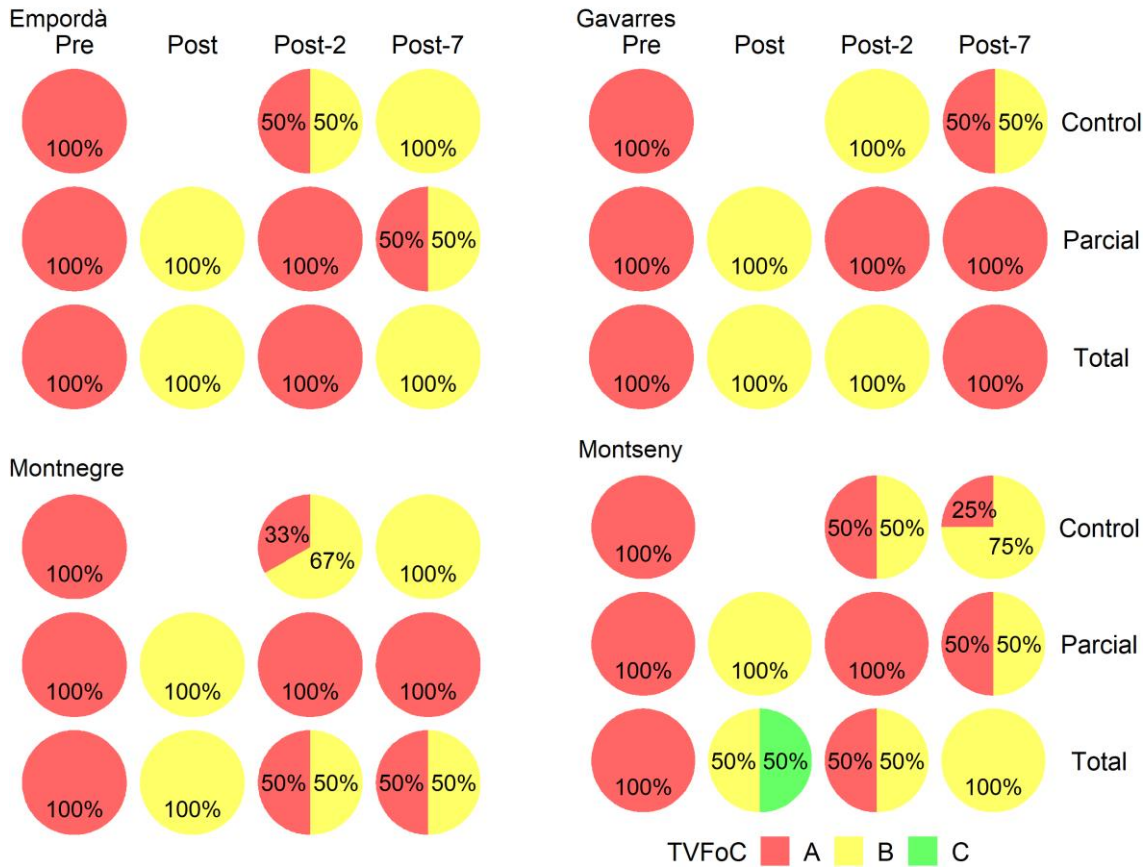


Figura 12: Efecte dels tractaments en la vulnerabilitat estructural a incendis de capçades (TVFoC) en les parcel·les de l'acció B1 de les diferents àrees biogeogràfiques. Les categories de vulnerabilitat són alta (A), moderada (B) i baixa (C).

Els tractaments de l'acció B2, dirigits específicament a la millora de la resiliència enfront de grans incendis, han mostrat resultats semblants als trobats en l'acció B1 (Figura 12-13). És a dir, les parcel·les gestionades, en comparació amb les parcel·les control, van reduir la vulnerabilitat a incendis immediatament després de les intervencions (Figura 13). Aquesta reducció va ser fruit de la disminució mitjançant les gestions de factors com l'alçada de combustible de superfície (ACS), el recobriment de combustible d'escala (RCE) i, en menor mesura, de la coberta forestal del combustible aeri (FCCa). Després de 7 anys de les intervencions, la vulnerabilitat a incendis de totes les parcel·les gestionades de l'acció B2 va incrementar, mentre que algunes parcel·les control (Montnegre) van mostrar una reducció en aquesta vulnerabilitat (Figura 13). Aquesta reducció en parcel·les control en Post-7 sembla estar vinculada a la disminució en RCE principalment, mentre que l'augment de vulnerabilitat en parcel·les gestionades es deu a un increment en RCE i ACS. La Figura 13 mostra detalladament l'evolució per parcel·la dels factors que condicionen la vulnerabilitat a incendis segons la CVFoC (claus per a determinar la vulnerabilitat d'un rodal forestal a generar focs de capçades).

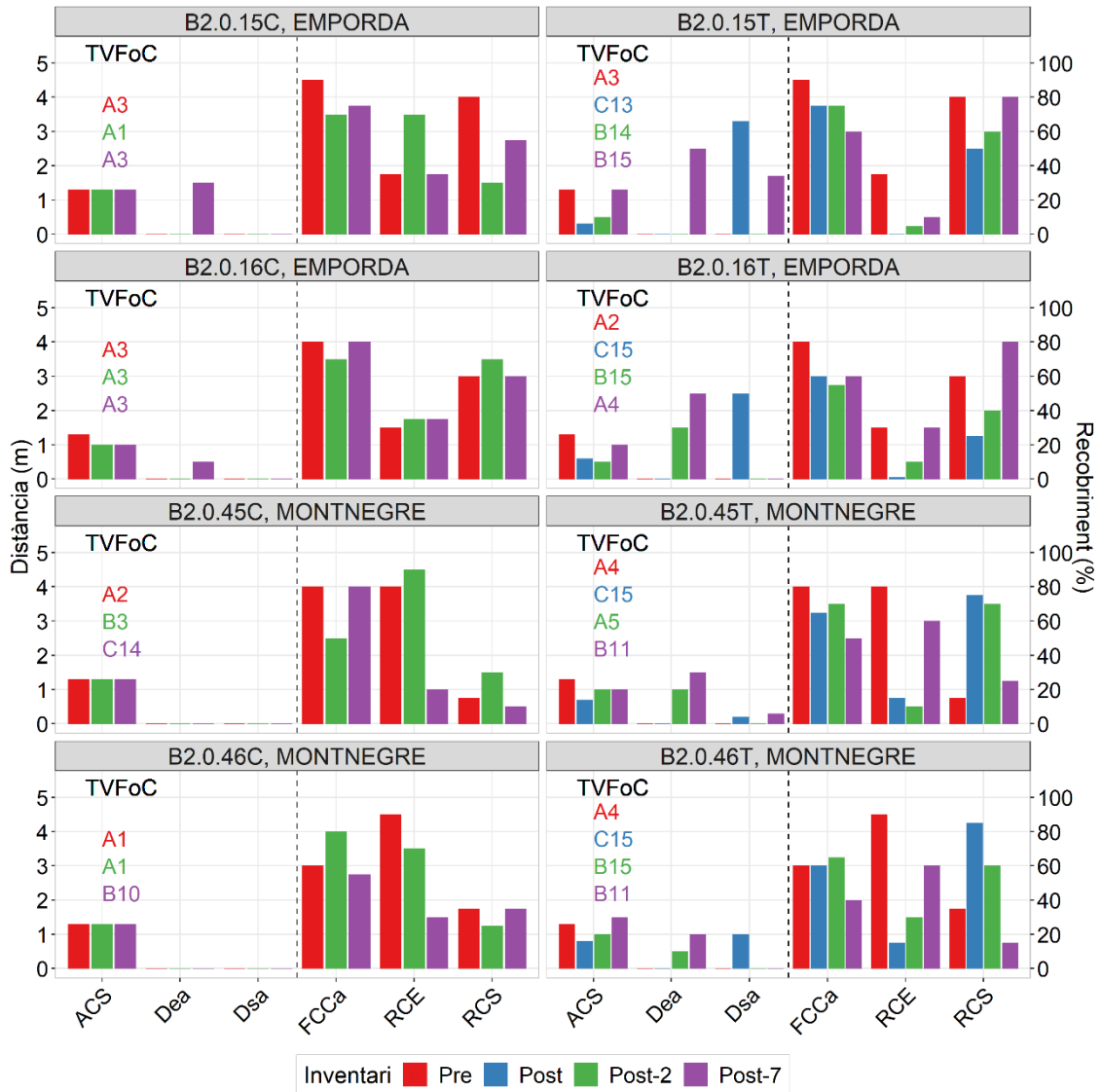


Figura 13: Efecte dels tractaments en la vulnerabilitat estructural a incendis de capçades (TVFoC) en les parcel·les de l'acció B2 de les diferents àrees biogeogràfiques. Les categories de vulnerabilitat (la lletra del codi de 'TVFoC') són alta (A), moderada (B) i baixa (C). El primer eix-Y (esq.) mostra: (i) l'alçada de combustible de superfície ('ACS'), (ii) la distància entre combustibles d'escala i aeri ('Dea'), i (iii) la distància entre combustibles de superfície i aeri ('Dsa'). El segon eix-Y (der.) mostra: (i) la coberta forestal del combustible aeri ('FCCa'), (ii) el recobriment de combustible d'escala ('RCE'), i (iii) el recobriment del combustible de superfície ('RCS').

4.6. Producció de suro (acció B1)

Els tractaments silvícoles de l'acció B1 han aconseguit augmentar lleugerament la producció de suro durant els últims 5 anys (entre Post-2 i Post-7). És a dir, els models, tant per al suro pelagrí com el de reproducció, mostren com la intensitat d'aclarida (sobre la base d'AB) influeix positivament en el creixement anual de suro (Figura 14, Taula 4). Per exemple, s'estima que el creixement anual de pelagrí a intensitats d'aclarida de 0%, 20% i 40% és de 0,09, 0,13 i 0,17 cm any⁻¹ respectivament, mentre que el creixement anual de suro de reproducció a aquestes mateixes intensitats és de 0,14, 0,21 i 0,29 cm any⁻¹ respectivament. Això demostra, d'altra banda, que el suro de

reproducció té un creixement anual major que el suro pelagrí. D'altra banda, la intensitat d'estassada no ha mostrat cap efecte significatiu sobre el creixement del suro. Tampoc es va observar cap efecte de la intensitat d'aclarida ni de l'estassada sobre el creixement del suro entre Post i Post-2. A causa del baix nombre de parcel·les no ha estat possible avaluar la producció de suro entre àrees biogeogràfica ni qualitat de lloc.

En les Figures A15 i A16 es mostren dades observades per parcel·la i tipus de suro (pelagrí i de reproducció, respectivament) de gruix de suro en cada inventari, i en les Figures A17 i A18 es presenten dades observades de creixement anual de suro pelagrí i de reproducció, respectivament, entre Post-7 i Post-2.

Taula 4: Resum dels models mixtes ajustats per al creixement anual de suro pelagrí (de peus no pelats i pelats per sota de 1,3 m del sòl) i de reproducció (de peus pelats per sobre de 1,3 m del sòl).

Creixement suro	Coeficients d'efectes fixos		Efectes aleatoris (intercepto)		Pseudo R ²		Biaix marginal	n
	Intercepto	AB extreta	Parcel·la aparellada	Residus	R ² m ^a	R ² c ^b		
Pelagrí	0.317***	0.003*	0.011	0.004	0.08	0.77	-0.01	19
Reproducció	0.364***	0.004**	0.021	0.008	0.10	0.75	-0.01	22

El creixement anual de suro (cm any⁻¹), calculat com la diferència entre els gruixos de suro mesurats en el Post-7 i en el Post-2, és la variable dependent i va ser transformat a arrel quadrada. L'àrea basal (AB) extreta (%) és la variable independent. Biaix marginal és el biaix mitjà de les prediccions marginals (cm any⁻¹), i n és el nombre d'observacions (# parcel·les aparellades).

^{a,b} Els valors de R² marginal (proporció de variància explicat per factors fixos; R²m) i condicional (proporció de variància explicada per factors fixos i aleatoris; R²c) es van calcular seguint Nakagawa and Schielzeth (2013). Nivells de significança: '***' P < 0.01; '**' P < 0.05; '*' P < 0.1.

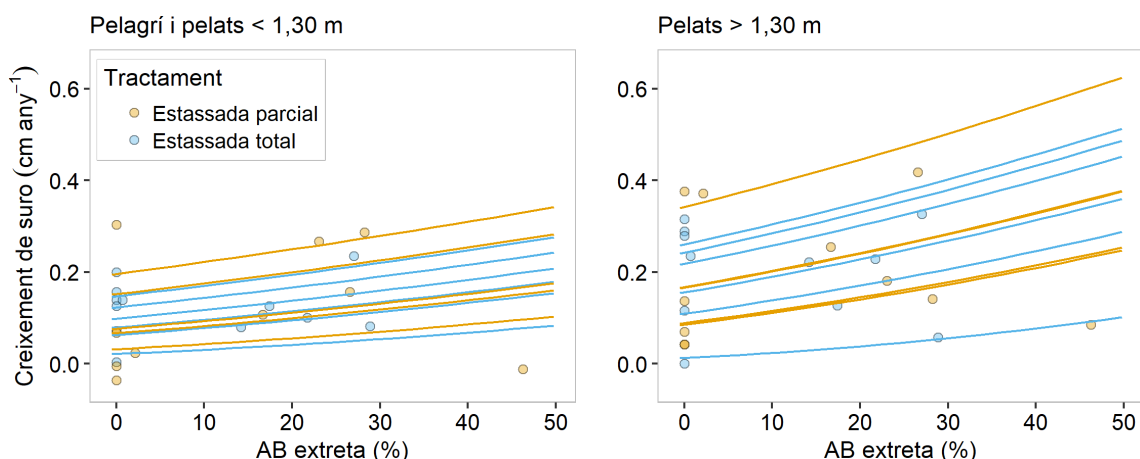


Figura 14: Efecte de la intensitat d'aclarida en el creixement anual de suro pelagrí (de peus no pelats i pelats per sota de 1,3 m del sòl) i de reproducció (de peus pelats per sobre de 1,3 m del sòl). El creixement anual de suro és la diferència entre els gruixos de suro mesurats en el inventari de Post-7 i en el de Post-2. Les línies són les prediccions dels models per a cada parcel·la aparellada (Taula 4) i els punts són dades observades.

5. Avaluació de l'acció B3 sobre la restauració de suredes degradades

Respecte a l'evolució en AB total i la dominància relativa en AB per espècies, s'observa un mateix patró de recuperació d'AB després de les actuacions fins a un cert descens al 2023 (Post-7; Figures A1-A2). La surera es manté com a espècie dominant, mentre que les altres espècies de frondoses es van desenvolupant en AB, ja sigui l'arboç, que no es va reduir gaire amb les actuacions, o l'alzina, que es recupera en aquest últim inventari (Post-7) respecte l'abans de les actuacions (Pre). Els pins, per contra, no tenen aquesta tendència de recuperació.

La Figura A9 mostra l'evolució del NDVI de cada rodal. L'evolució del NDVI com a indicador de vitalitat mostra una tendència general a l'alça, encara que no significativa.

La Figura 2 mostra l'evolució de la densitat total per classes diametral als 4 inventaris disponibles. Després de l'efecte de les actuacions (canvis entre Pre i Post), que van disminuir la densitat en general i de les CD més baixes en particular, s'observen canvis entre CD que indiquen el desenvolupament en diàmetre dels arbres romanents, en especial a l'Empordà (B3.0.17). Tanmateix, a l'inventari de Post-7 i més marcadament a Gavarres i Montnegre s'observa un descens en la densitat d'arbres mitjans i grans i una certa incorporació de nous peus a la CD10. Aquests canvis, sense ser sobtats després de les actuacions, van en la línia del desenvolupament general de la massa a partir del creixement dels arbres romanents.

Malgrat que ja es va constatar als inventaris post-actuacions fets en el marc del Life Suber l'èxit de les actuacions de sembra amb protector, s'observa certa capacitat de generar nous arbres de surera de manera espontània, si més no procedents de rebrot de soca o arrel. La Taula 5 mostra les dades respecte a l'abundància de peus menors (de CD 5) de surera a les tres parcel·les amb dades disponibles als 4 inventaris. Es compten per separat els peus de bona conformació i els de conformació deficient. Les tres parcel·les tenien densitats semblants després de l'actuació (Post) i han arribat a una situació similar al Post-7 quant a la densitat de peus menors de bona conformació.

Taula 5: Resultat de l'avaluació de l'abundància de regenerat de surera a les parcel·les B3 als inventaris disponibles.

	Pre		Post		Post-2		Post-7	
	N bona	N deficient	N bona	N deficient	N bona	N deficient	N bona	N deficient
Empordà	297	242	88	0	55	0	231	44
Gavarres	66	0	66	11	22	22	286	33
Montnegre	110	22	88	0	143	0	165	0

La Figura 15 mostra visualment, mitjançant fotos hemisfèriques, la diferència de cobertura forestal entre abans d'actuació (Pre) i l'inventari 7 anys després de l'actuació (Post-7). Les sureres dominants romanents, encara que poc diferenciables a la foto inicial, han desenvolupat les capçades després de l'actuació, fins i tot comptant que es va fer una poda de formació que també va retirar biomassa aèria d'aquests peus.

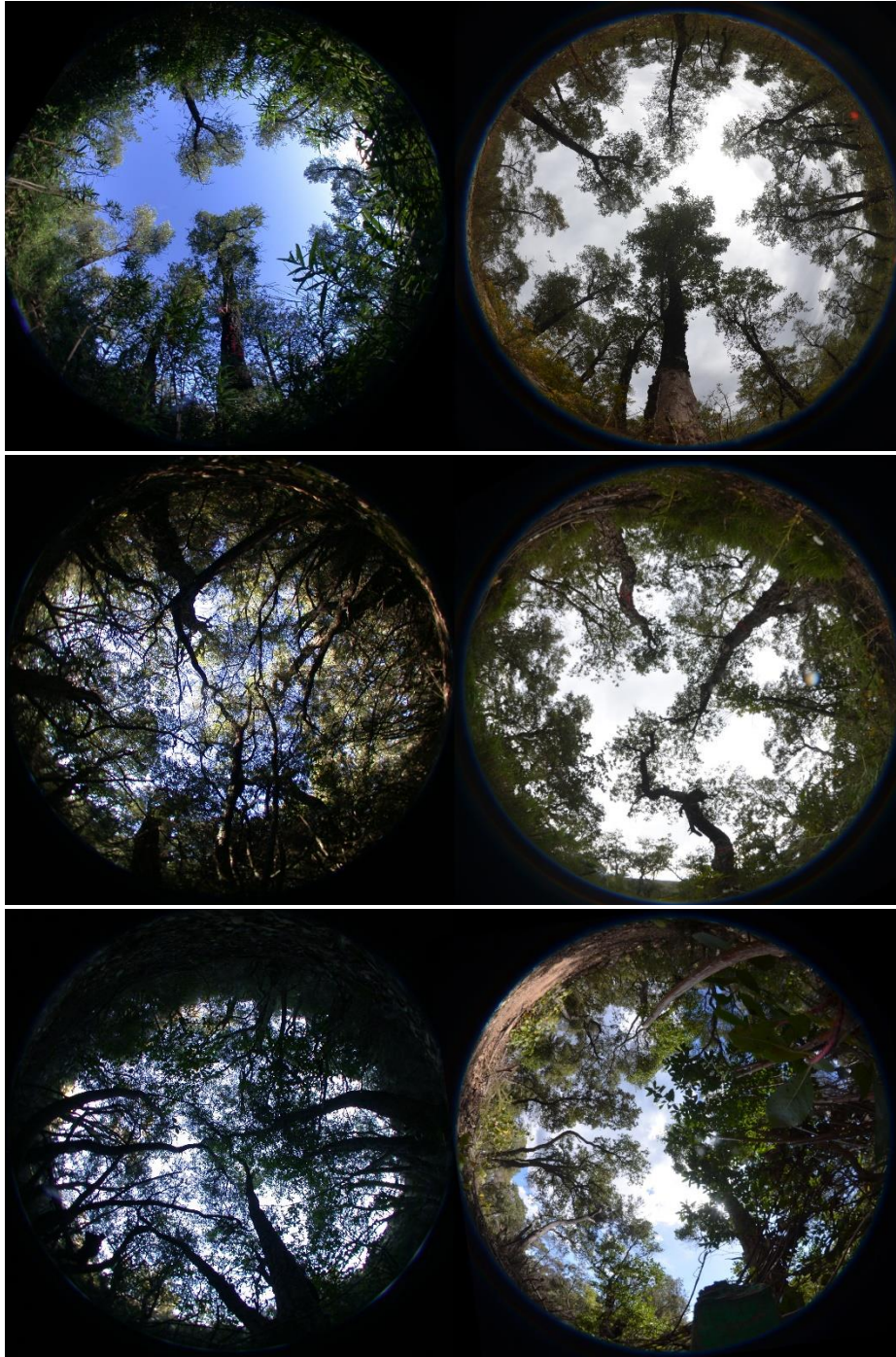


Figura 15: Fotos hemisfèriques de cada rodal B3 d'abans d'actuació (esquerra) i al 2023 (dreta). De dalt a baix: Empordà, Gavarres i Montnegre.

6. Impacte de la gestió de les suredes en els serveis ecosistèmics

Davant els reptes que presenta la situació actual de canvi global per als boscos mediterranis, la gestió forestal multifuncional és clau en la mitigació i la seva adaptació al canvi climàtic. En aquest sentit, les suredes constitueixen una formació forestal molt característica del Mediterrani, tant pel que fa a la seva gestió com als seus productes, i contribueixen de forma clara en la provisió de diferents serveis ecosistèmics a la societat.

Gestionar una sureda, més enllà de l'obtenció de suro, implica prevenir incendis catastròfics, augmentar la resistència de les masses forestals en períodes de sequera més llargs i pertorbacions més freqüents. Una gestió que integra diferents objectius ha de potenciar el bon funcionament dels boscos perquè aportin aquells beneficis -els anomenats serveis ecosistèmics forestals- de més valor per a cada territori, entre els quals hi ha aspectes tan cabdals com ara el segrest de carboni, la biodiversitat forestal, el proveïment d'aigua de qualitat i el control de l'erosió del sòl, entre d'altres.

En aquest document s'estima l'impacte de la gestió feta a la sureda en tres factors clau per a la mitigació i l'adaptació al canvi climàtic a la Mediterrània: el carboni, l'aigua i la biodiversitat. Les conclusions d'aquest estudi es resumeixen en l'apartat següent i el resultat es troba detallat en l'annex al present document titulat "Estimació de l'impacte de la gestió de les suredes en els serveis ecosistèmics, carboni, aigua i biodiversitat, a partir del monitoreig dels rodals del projecte Life Suber".

7. Conclusions

Impacte dels tractaments sobre les característiques silvo-dasomètriques

Les actuacions realitzades dins de les accions B1, B2 i B3 sobre diferents rodals de suredes de les 4 àrees biogeogràfiques de Catalunya han complert parcialment alguns dels objectius principals que s'havien fixat a curt-mitjà termini. En general, mitjançant l'avaluació de 23 parcel·les (gestionades i no gestionades) durant 8 anys (4 inventaris, abans i just després de les actuacions, 2 i 7 anys després de les actuacions), s'ha observat: (i) un increment en la vitalitat i productivitat (fustera i de suro) de les suredes de l'acció B1 (principalment mitjançant aclarides selectives/mixtes de moderada intensitat, estassades total o parcial i reservació per al *Q. ilex*); (ii) una limitada reducció de la vulnerabilitat estructural a incendis de capçades de les suredes de l'acció B2 (principalment mitjançant tallada de millora de forta intensitat i estassada total/selectiva); i (iii) una tendència positiva en la recuperació i desenvolupament de les suredes de l'acció B3 (principalment mitjançant els mateixos tractaments que en B1, poda de formació i sembra de densificació de gla), tot i que és un procés encara en marxa.

Més en concret, podem dir que pel que fa a l'Acció B1 l'augment en vitalitat i productivitat ha estat sobretot degut a l'efecte de les aclarides, i no tant dels tractaments d'estassada (tant parcial com total), en les condicions d'aquest estudi (altres experiències podrien aportar resultats diferents). En el cas de l'Acció B2, on el principal objectiu era avaluar l'impacte de la gestió en la prevenció d'incendis, els resultats mostren una disminució moderada, però significativa, en la vulnerabilitat a incendis, principalment a curt termini (< 2 anys). Finalment, respecte l'Acció B3, tot i que s'ha aconseguit iniciar la regeneració natural, les actuacions de sembra amb protector van tenir escàs èxit.

Respecte als resultats silvo-dasomètrics immediatament després de les intervencions, les actuacions dirigides a l'arbrat han complert, en major o en menor mesura (depenent de l'acció), amb els seus objectius. En el cas de l'acció B1, es va reduir la competència a les sureres més vigoroses i productives, mitjançant el manteniment d'estructures amb presència de diferents classes d'edat, una AB al voltant de 15-20 m² ha⁻¹ (algunes masses presentaven una AB < 15 m² ha⁻¹), una coberta forestal (FCC) entre 60% i 70% (algunes masses del Montseny mostraven una FCC al voltant de 75%) i s'ha fomentat la presència d'altres espècies arbòries. En l'acció B2 s'havia previst realitzar aclarides intenses per a aconseguir estructures adevesades, però el pes d'aquestes actuacions es va quedar relativament lluny del planificat (AB final planificada < 10 m² ha⁻¹), observant-se masses amb 13 i 23 m² ha⁻¹ de AB després de la tallada, encara que s'ha aconseguit mantenir sureres vigoroses i una estructura més regular. En el cas de l'acció B3, les aclarides van reduir al voltant del 30% d'AB per a mantenir l'estructura desitjada (AB < 20 m² ha⁻¹ amb presència de peus en totes les classes d'edat) i fomentar altres espècies arbòries.

A continuació es discuteixen els principals efectes al llarg dels 7 anys després de les actuacions sobre indicadors ecològics en relació amb els objectius de les accions:

- **Vitalitat: els tractaments han tingut un efecte positiu inicial en creixement en l'AB de sureres de les parcel·les de l'acció B1, si bé aquest efecte va ser el resultat de**

la intensitat d'aclarida. No obstant això, l'acció B1 anava dirigida a avaluar quina intensitat d'estassada, i no d'aclarida, era idònia per a augmentar la vitalitat i productivitat de les sureres. D'una banda, estudis previs han detectat que és la reducció de AB el tractament silvícola que més promou el creixement radial dels arbres en peu. D'altra banda, el disseny experimental de l'acció B1 no ha estat l'idoni per a avaluar l'efecte de l'estassada, ja que s'han fet aclarides amb distintes intensitats (en rodals amb la mateixa qualitat d'estació) i les estassades no han complert sempre amb la intensitat planificada (p. ex., algunes parcel·les classificades com parcialment estassada van ser estassades finalment amb intensitats superiors al 80%). Així mateix, el fet que el creixement no sigui positiu al llarg del temps (entre Post-2 i Post-7) s'associa a la possible mortalitat significativa en algunes parcel·les en Post-7. D'altra banda, l'avaluació mitjançant NDVI mostren lleugeres tendències generals sense acabar de discriminar per àrea biogeogràfica o per actuació i donant molt pes als factors locals de cada parcel·la. Els factors locals (climàtics, ecològics i fisiogràfics), a més petita escala de la d'àmbit, tenen una gran influència en el NDVI, mentre que els factors lligats al tractament són menys determinants. A més, el tipus de vegetació (espècie, estructura) també té influència en la resposta en NDVI per la manera en què es regula el contingut d'humitat als teixits, per la qual cosa s'han obtingut valors esperats per a la vegetació mediterrània escleròfil·la com és la de les suredes catalanes.

- **Diversitat florística: el nombre d'espècies arbustives ha incrementat al llarg dels 7 anys després de les actuacions de l'acció B1,** apareixent noves espècies arbustives i arbòries. Probablement, al reduir fortament el sotabosc i l'arbrat, es va canviar l'estatus quo en la composició de la comunitat vegetal i les condicions microclimàtiques, donant lloc a condicions idònies per a l'aparició de noves espècies oportunistes després de pertorbacions. Per tant, els tractaments han promogut una major biodiversitat.
- **Recobriment de l'arbrat i sotabosc: mitjançant les fotos hemisfèriques, s'ha observat que la major reducció de la cobertura forestal immediatament després de les actuacions és deguda principalment a l'estassada, més que a l'aclarida.** No obstant això, a **major intensitat d'estassada, major va ser la recuperació en el recobriment.** Això pot indicar que les fortes pertorbacions en la massa (sobretot a nivell arbustiu) desencadena rebrots més forts en reduir la competència que hi havia en la massa pels recursos. Per tant, **tractaments silvícoles amb estassades moderades podrien ser més idònies si l'objectiu és fomentar la vitalitat i productivitat de l'arbrat.**
- **Regenerat: les actuacions van causar un efecte inicial molt semblant a la cobertura forestal, per la qual cosa es va observar una major reducció de les plàntules de regenerat a intensitats altes d'estassada.** Encara que també l'augment de regenerat d'alzines i, en menor mesura, de sureres al llarg del temps va ser superior en les parcel·les totalment estassades. Aquest patró es pot explicar pel mateix que s'ha comentat en el cas de recobriment de matoll. Per tant, **si l'objectiu perseguit és buscar un regenerat natural de sureres, s'ha de contemplar implementar**

estassades d'altres intensitats, que fomenta a més la regeneració de plàntules de sureres de alçades majors a 25 cm (al contrari que d'altres espècies).

- **Vulnerabilitat estructural a incendis forestals:** Els tractaments de l'acció B2, dirigits específicament a la millora de la resiliència enfront de grans incendis, no han tingut el resultat desitjat, perquè **la reducció de la vulnerabilitat a incendi va ser moderada i a curt termini**. Aquest fet es pot deure al comentat anteriorment en altres indicadors: un fort rebrot de l'estrat arbustiu als 2 anys de les intervencions que condueix a una massa amb major continuïtat vertical i més combustible de superfície. Pel que fa a l'acció B1, les parcel·les parcialment estassades resulten en major vulnerabilitat estructural que en altres tractaments la qual cosa es pot deure al fet que el sotabosc restant després de la intervenció presenta una alçada mitjana major, resultant en un major grau de continuïtat vertical de combustible. Per tant, per a una millora en la resiliència de la masses enfront de grans incendis, **es fa necessari reduir en la mesura del possible el combustible de l'estrat arbustiu però amb repetides intervencions en el temps per a controlar els rebrots**. També és important dir que els mesuraments dels factors que componen el TVFoC són qualitatives, per la qual cosa el resultat dels mesuraments depèn de la destresa de qui inventaria. A més, petites variacions d'un inventari a un altre en la magnitud d'un factor pot implicar un canvi significatiu en la vulnerabilitat estructural.
- **Producció de suro:** Els tractaments silvícoles de l'acció B1, **mitjançant la reducció de la competència (AB extreta)**, han aconseguit **augmentar lleugerament la producció de suro** (increment del gruix de suro) **a partir dels 2 anys de les intervencions**. No obstant això, l'acció B1 anava dirigida a avaluar quina intensitat d'estassada, i no d'aclarida, era idònia per a augmentar la producció de suro (la possible explicació d'aquest fet es comenta en el punt de la 'Vitalitat'). D'altra banda, **també s'ha observat que el suro de reproducció creix més que el pelagrí a major intensitat d'aclarida**. Per tant, tractaments silvícoles amb major reduccions de competència no sols augmenten la producció fustera sinó que també el creixement de suro, especialment la de reproducció.

En tot cas, els resultats exposats s'han de prendre amb cautela, ja que els tractaments silvícoles que es van implementar finalment en les parcel·les demostratives, no sempre van seguir estrictament el que estava previst en el disseny de les actuacions a escala de rodal. A la pràctica es van realitzar diferents intensitats d'aclarida entre parcel·les de la mateixa acció, així com la intensitat d'estassada d'algunes parcel·les no acabava de coincidir amb l'estassada planificada. A més, de vegades, la parcel·la control i gestionada del mateix rodal presentaven diferències inicials, i el nombre de parcel·les totals i per àrees biogeogràfiques ha estat limitat.

Finalment, cal destacar la dificultat afegida que suposa executar actuacions silvícoles diferents de les que habitualment es fan a la mateixa zona i per les mateixes empreses executores. És per això que, per tal d'augmentar la qualitat de la feina i intentar seguir els dissenys establerts, és important formar a les empreses sobre les actuacions silvícoles basades en aquests models innovadors, ja que es va constatar des de l'inici que les

intervencions dissenyades eren diferents de les convencionals, per la qual cosa les empreses executores degueren adaptar els seus mètodes. No només és qüestió de formació i capacitació al personal tècnic, sinó que també cal informar i divulgar a totes les persones implicades en el procés del per què s'implementen les diferents tècniques, sobretot les més innovadores, com pot ser l'estassada parcial i selectiva del sotabosc, amb el qual els propietaris i empreses no estan acostumats.

Impacte dels tractaments sobre determinats serveis ecosistèmics

Respecte a l'impacte de la gestió sobre el balanç de carboni, tenint en compte les limitacions derivades de la manca d'elements de càlcul per a les suredes, el que s'ha observat és el següent (Palero, N., et al. 2024):

- Les dades obtingudes en aquest estudi fan referència a set rodals. La manca de rèpliques i la petita mostra analitzada no permet extrapolar els resultats a altres suredes presents en el territori. Seria necessari ampliar la mostra de parcel·les i fer un nou inventari passats cinc anys per analitzar els canvis.
- Pel que fa al segrest del CO₂ del bosc, resultat del creixement dels arbres, la quantitat mitjana fixada en els rodals amb tractament és superior a la dels controls, 4 dels 7 rodals analitzats presenten un balanç gestió-no gestió positiu.
- Les emissions de CO₂ derivades de la descomposició de les restes de tallada són superiors en els rodals on s'han realitzat tallades més intenses, generant major volum de restes.
- Pel que fa a les emissions de CO₂ dels treballs forestals, consistents en tallada i estassada, han estat sempre les mateixes, assumint els mateixos resultats pels adevessaments. En els rodals on s'han arranjat camins, les emissions han estat majors. No s'han pogut calcular les emissions derivades de la pela del suro en els rodals corresponents.
- Les emissions de CO₂ pel transport dels productes en els tractaments més intensius (adevessaments) són majors. No s'han pogut calcular les emissions derivades del transport del suro en els rodals on es va pelar.
- En quant a les emissions per combustió dels productes fusters aquests es consideren de cicle de vida curt (llenya, trituració) i, per tant, amb unes emissions del 100% del producte. No es compta amb la informació necessària per poder fer el càlcul de les emissions derivades del destí del suro.
- Les emissions de diòxid de carboni evitades per prevenció d'incendis per a les suredes, igual que per altres espècies, estan en funció de la biomassa existent i de la probabilitat de què es produeixi un incendi en un rodal concret.
- Les emissions de diòxid de carboni evitades per l'efecte de substitució han estat calculades únicament per a la fusta, no es disposa de la informació necessària per fer el càlcul del suro extret i el seu destí. Les emissions evitades per substitució són majors en els rodals on s'ha obtingut més producte
- Pel càlcul complet, s'ha valorat el balanç de carboni durant els primers set anys després dels tractaments silvícoles utilitzant les dades reals d'inventari i el control i del producte fuster extret. Només en tres dels rodals el balanç és

positiu, és a dir, s'ha fixat més carboni que emès. En aquest balanç caldria incloure la fixació i les emissions de CO₂ derivades del creixement de l'escorça i dels destí del suro en els rodals pelats.

Pel que fa a l'impacte de la gestió en els recursos hídrics, en tots els rodals la gestió ha millorat la quantitat d'aigua exportada respecte a la no gestió. Els valors són molt variables tenint en compte les diferents intensitats de tallada.

Finalment, l'impacte de la gestió forestal en la biodiversitat no s'ha pogut valorar per la manca d'inventaris IBP previs a l'actuació. De tota manera, s'ha efectuat una anàlisi dels valors IBP de les suredes que formen part d'aquest estudi i les primeres conclusions són:

- Presenten un valor d'IBP mitjà, amb puntuacions molt semblants altres formacions de Catalunya.
- No s'observen diferències significatives entre masses pures i mixtes, ni entre rodals regulars i irregulars.
- No s'observa cap correlació entre els valors de l'IBP i les variables dasomètriques com l'àrea basal, densitat i diàmetre quadràtic.

Com ja s'ha fet constar, la metodologia CLIMARK no compta amb la informació necessària per poder calcular de forma completa algunes de les càpsules del balanç de carboni. En concret, per les suredes, seria necessari obtenir major informació respecte el segrest de carboni a causa de la gestió forestal, les emissions per transport i les emissions per combustió del suro extret. Per tal de solucionar-ho caldrà dotar a la metodologia actual de la següent informació:

- Models de gestió i no gestió per a les suredes, tant de la fusta com de l'escorça.
- Emissions de CO₂ de la maquinària per a altres tractaments com els adivesaments.
- Estimació de la distància mitjana a la indústria del suro.
- Valoració de la vida útil del suro en funció del seu destí (taps, aïllants, etc.).
- Estimació del coeficient de substitució per al suro en funció del destí del producte i de l'impacte dels elements a comparar

8. Bibliografia

Cervera, T.; Baiges, T; Rabascall, X. 2022. Metodologia de càlcul de l'impacte de la gestió forestal en els serveis ecosistèmics: Carboni, aigua i biodiversitat. Centre de la Propietat Forestal, Santa Perpètua de Mogoda. 61 pp.

Herrman, S Kahl, T.; Bausch, J. 2015. Decomposition Dynamics of coarse Woody debris of three important central European tree species. For. Ecosyst. 2. <http://doi.org/10.1186/s40663-015-0052-5>.

Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación, 2009. Mapa Forestal de España (escala 1:200.000) [WWW Document]. URL https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/informacion-disponible/mfe200_descargas.aspx

Nakagawa, S., Schielzeth, H., 2013. A general and simple method for obtaining R² from generalized linear mixed-effects models. *Methods Ecol. Evol.* 4, 133–142.

Piqué, M., Valor, T., Larrañaga, A., Cervera, T., 2013. Integración de la prevención de incendios en la gestión forestal: tipologías forestales de Cataluña según su vulnerabilidad a generar fuegos de copas. VI Congr. For. Español.

LIFE+ SUBER: Integrative management for an improved adaptation of cork oak forests to climate change 07/2014 - 06/2018.

9. Annex de figures

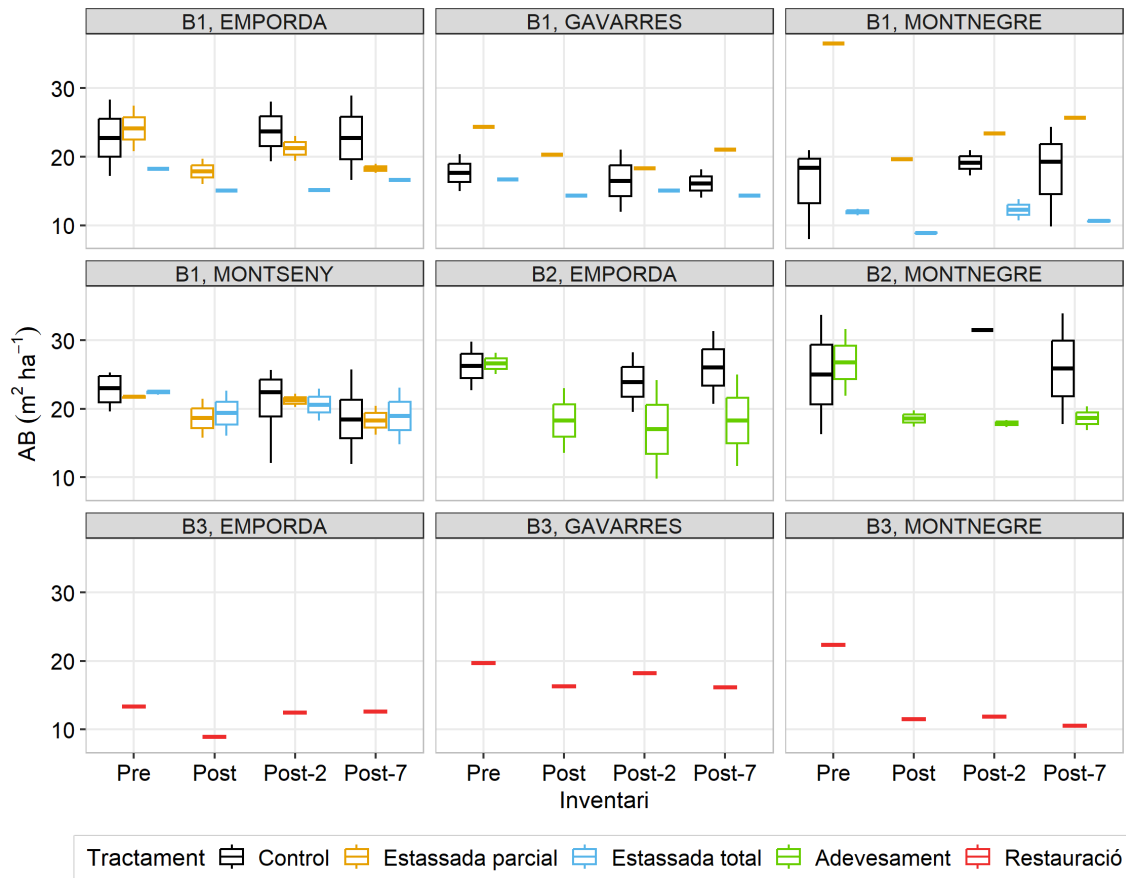


Figura A1: Àrea basal (AB) de peus vius inventariables de totes les espècies per inventari, acció, tractament i àrea biogeogràfica.

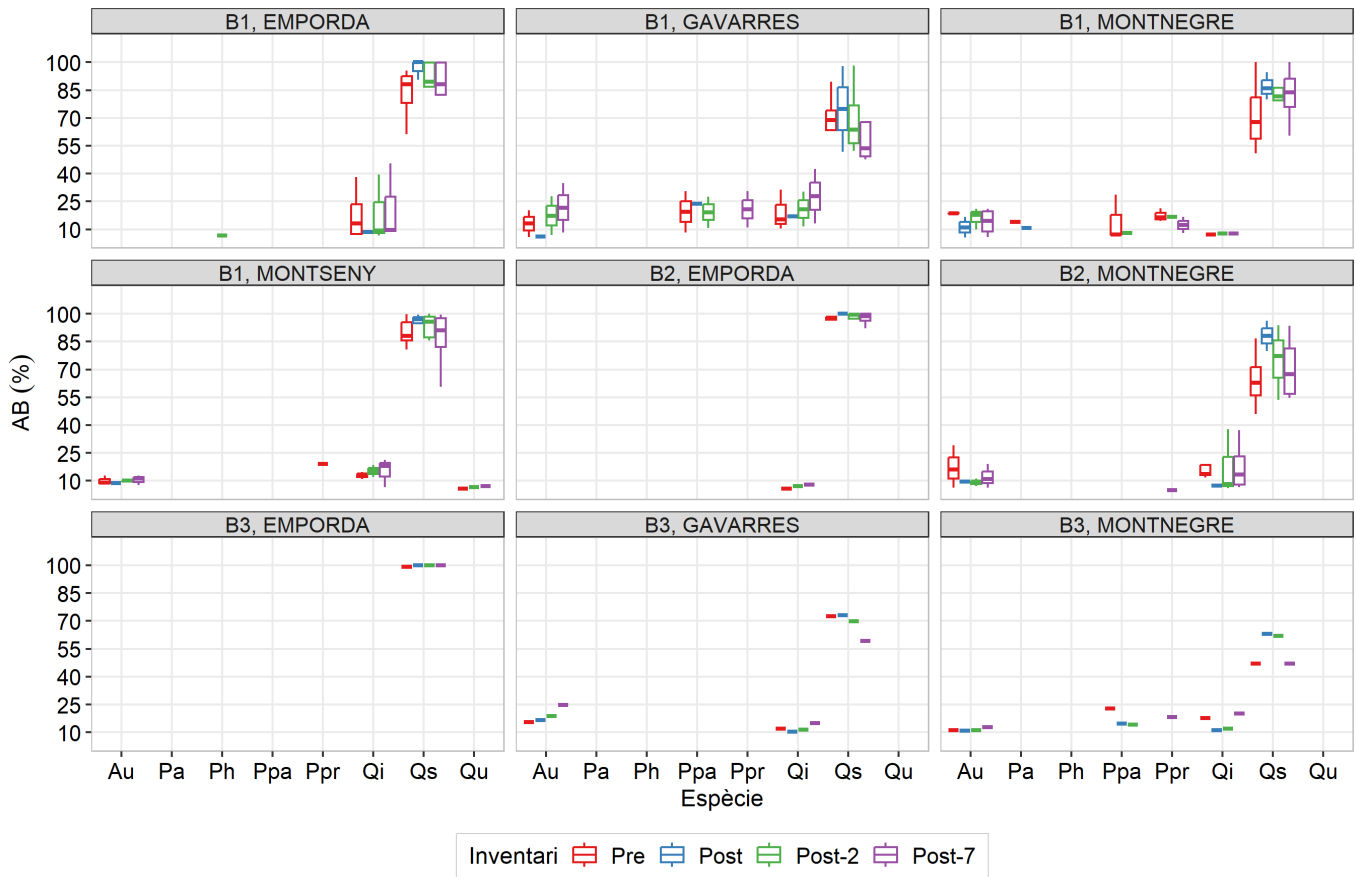


Figura A2: Composició, en base a l'àrea basal (AB), d'espècies arbòries per parcel·la en cada inventari, acció, tractament i àrea biogeogràfica. Les espècies són: *Arbutus unedo* ('Au'), *Prunus avium* ('Pa'), *Pinus halepensis* ('Ph'), *Pinus pinea* ('Ppa'), *Pinus pinaster* ('Ppr'), *Quercus ilex* ('Qi'), *Quercus suber* ('Qs') i *Quercus pubescens* ('Qu'). Les dades provenen de totes les parcel·les, gestionades i no gestionades. No es mostren les espècies amb una representació menor al 5% d'àrea basal.

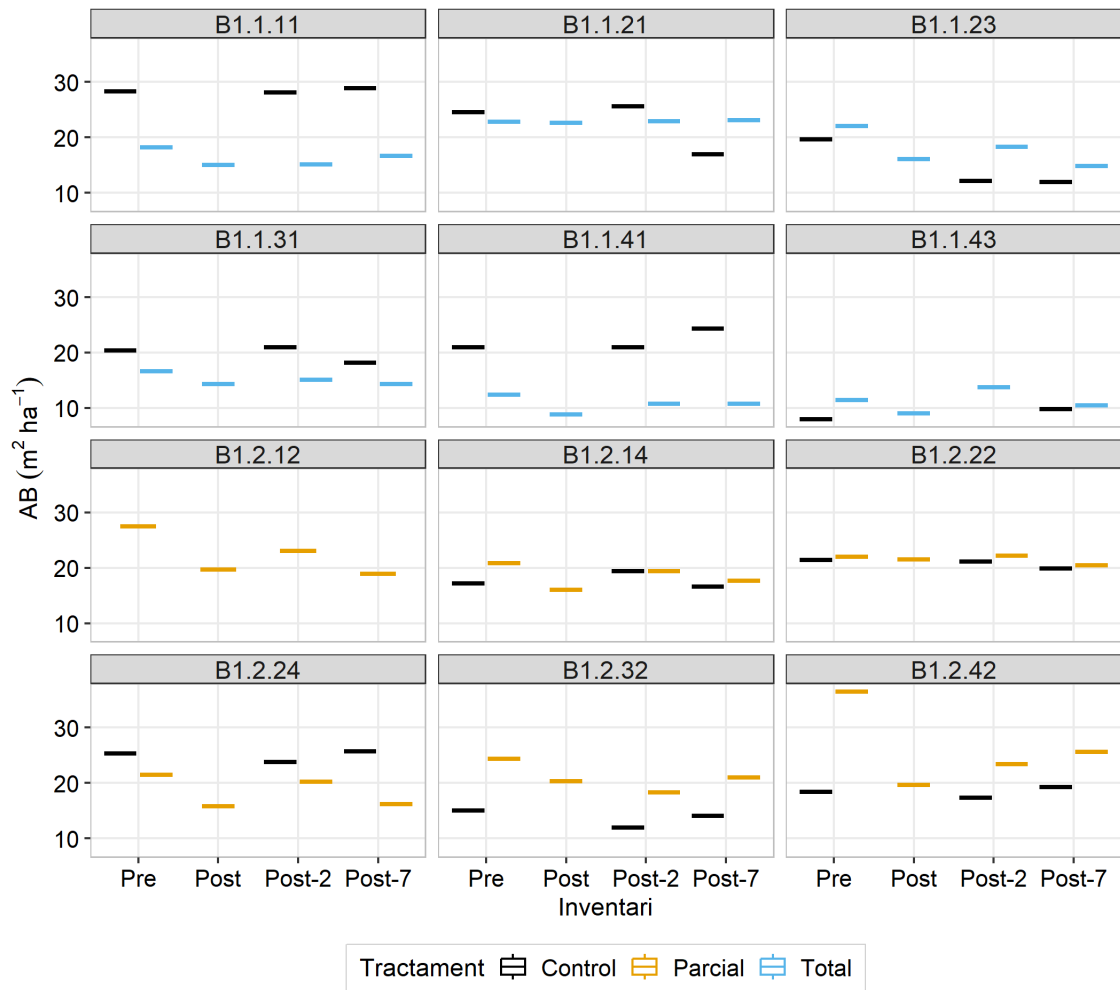


Figura A3. Àrea basal (AB) de peus vius inventariables de totes les espècies per inventari i parcel·la de l'acció B1.

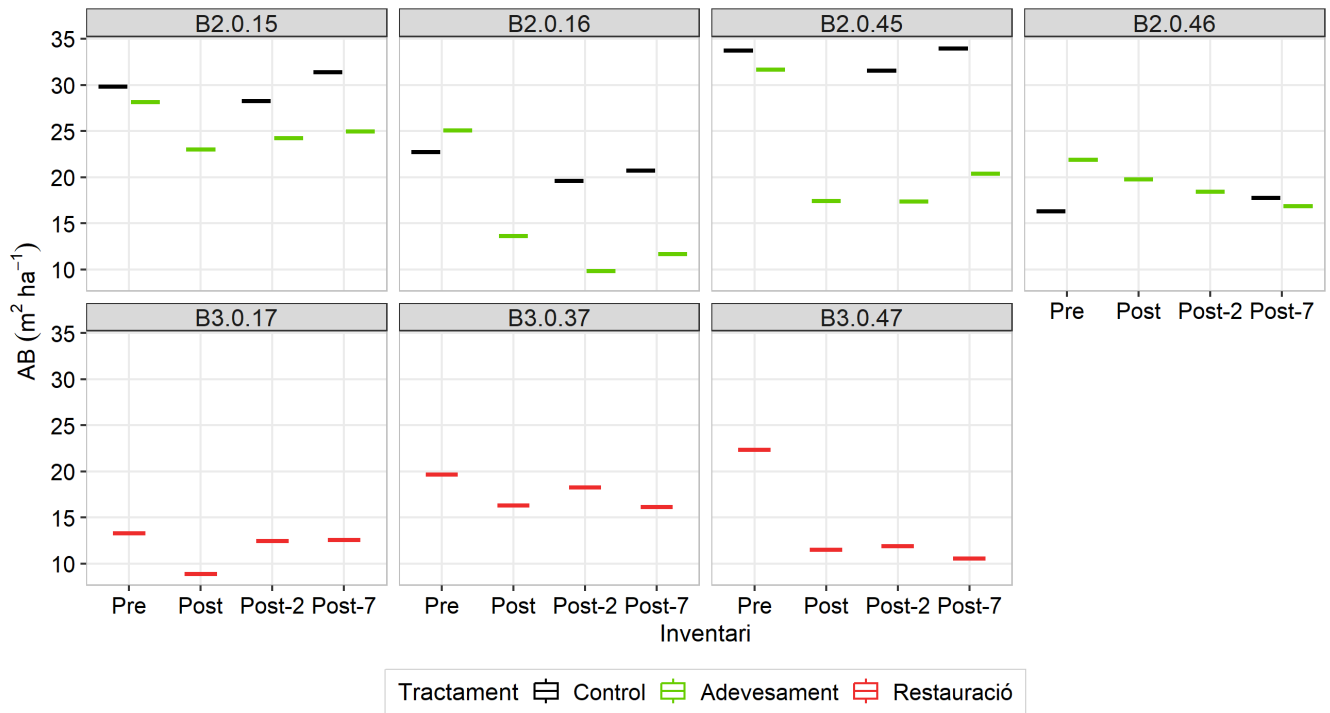


Figura A4. Àrea basal (AB) de peus vius inventariables de totes les espècies per inventari i parcel·la de l'acció B2 i B3.



Figura A5: Distribució diamètrica per inventari i parcel·la (control i gestionada) dels rodals totalment esbrossats de l'acció B1.

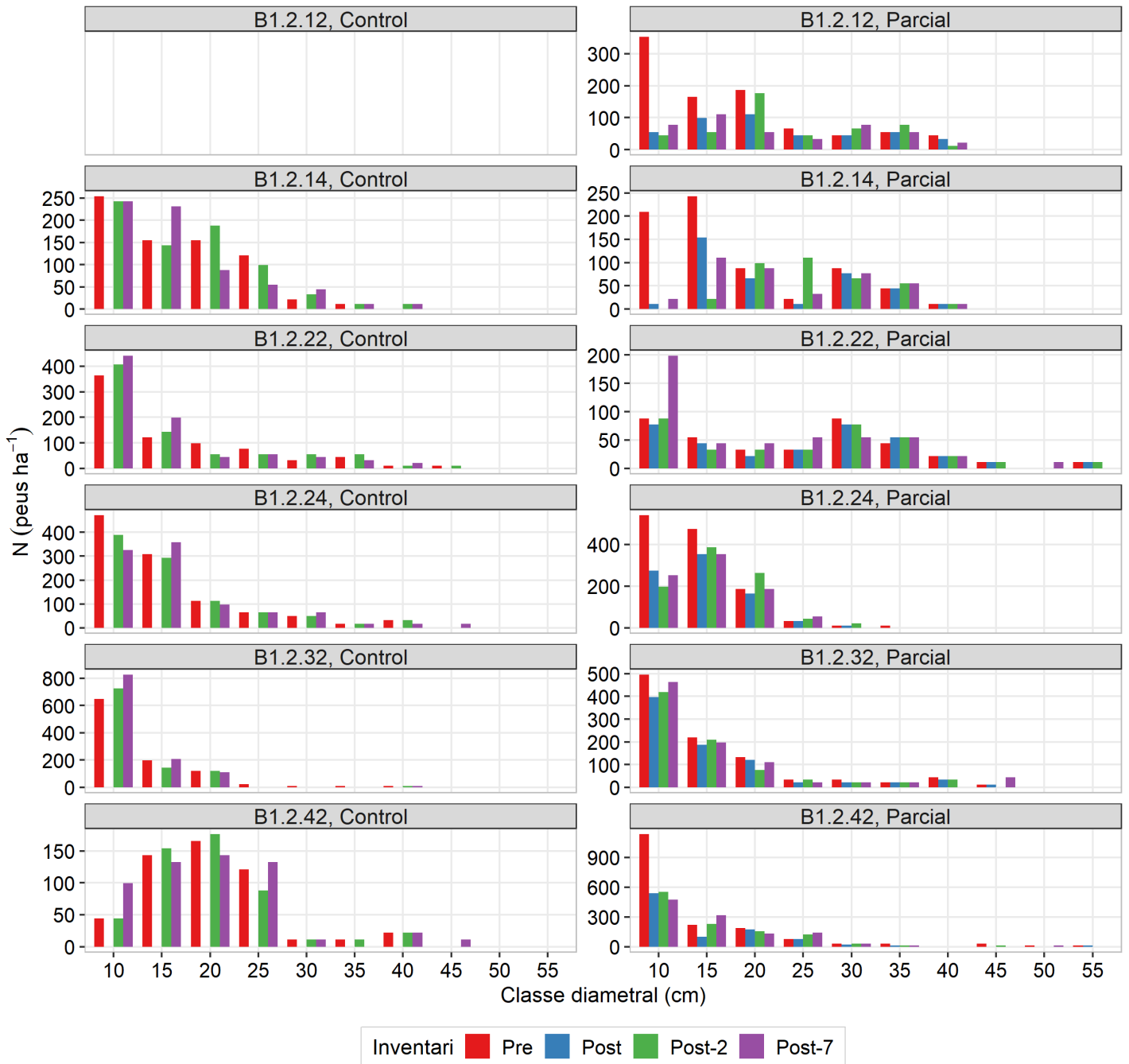


Figura A6: Distribució diamètrica per inventari i parcel·la (control i gestionada) dels rodals parcialment esbrossats de l'acció B1. La parcel·la aparellada B1.2.12 no té parcel·la control (no gestionada).

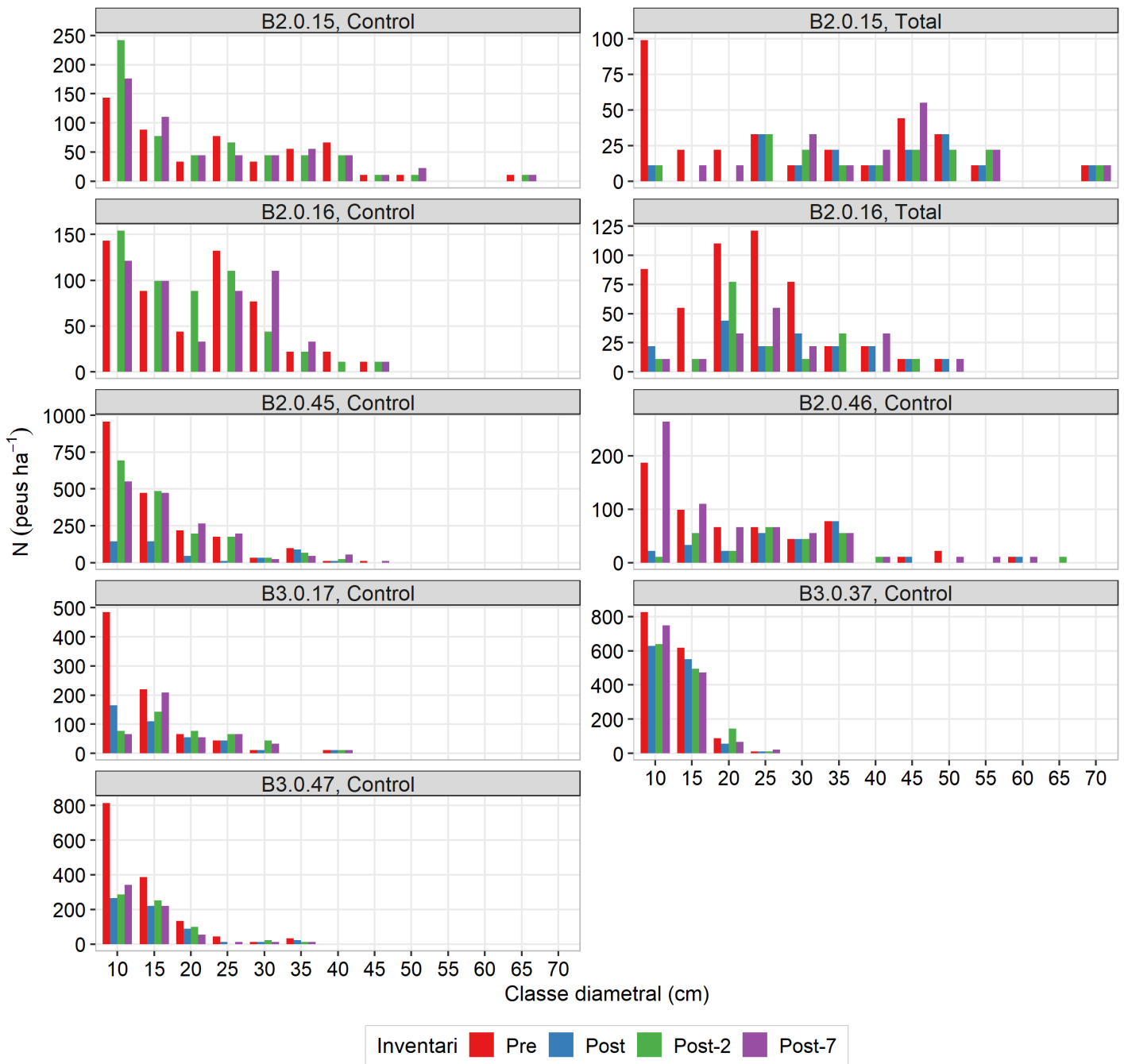


Figura A7: Distribució diamètrica per inventari i parcel·la (control i gestionada) dels rodals de l'acció B2 (adevesament) i B3 (restauració). No hi ha parcel·les control (no gestionades) en l'acció B3.

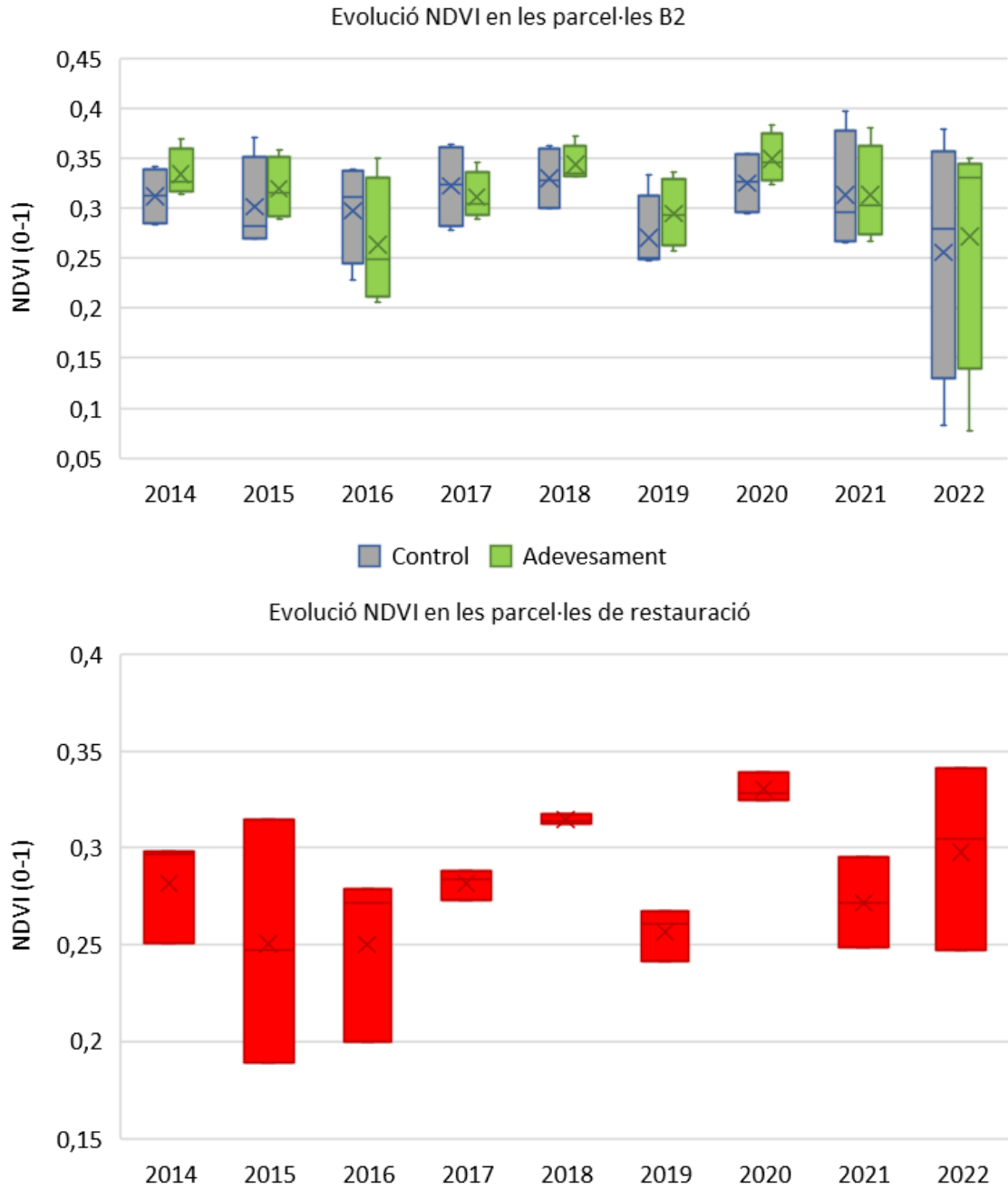


Figura A8: Evolució del NDVI (índex de vegetació de diferència normalitzada) agrupat per a les parcel·les B2 i B3 tot comparant parcel·les d'actuació amb les control (excepte B3). La creu dins del diagrama de caixa indica el valor mitjà observat.

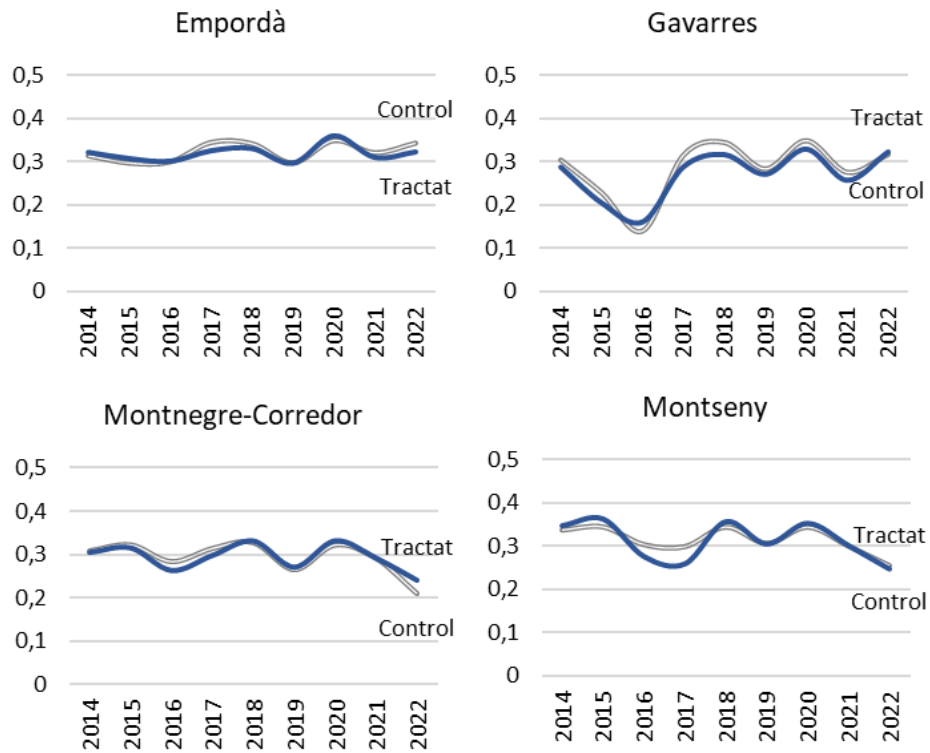


Figura A9: Evolució del NDVI (índex de vegetació de diferència normalitzada) agrupat per àmbits geogràfics tot comparant parcel·les de tractament amb les control.

Impacte de les tècniques innovadores de gestió de la sureda en diferents rodals demostratius

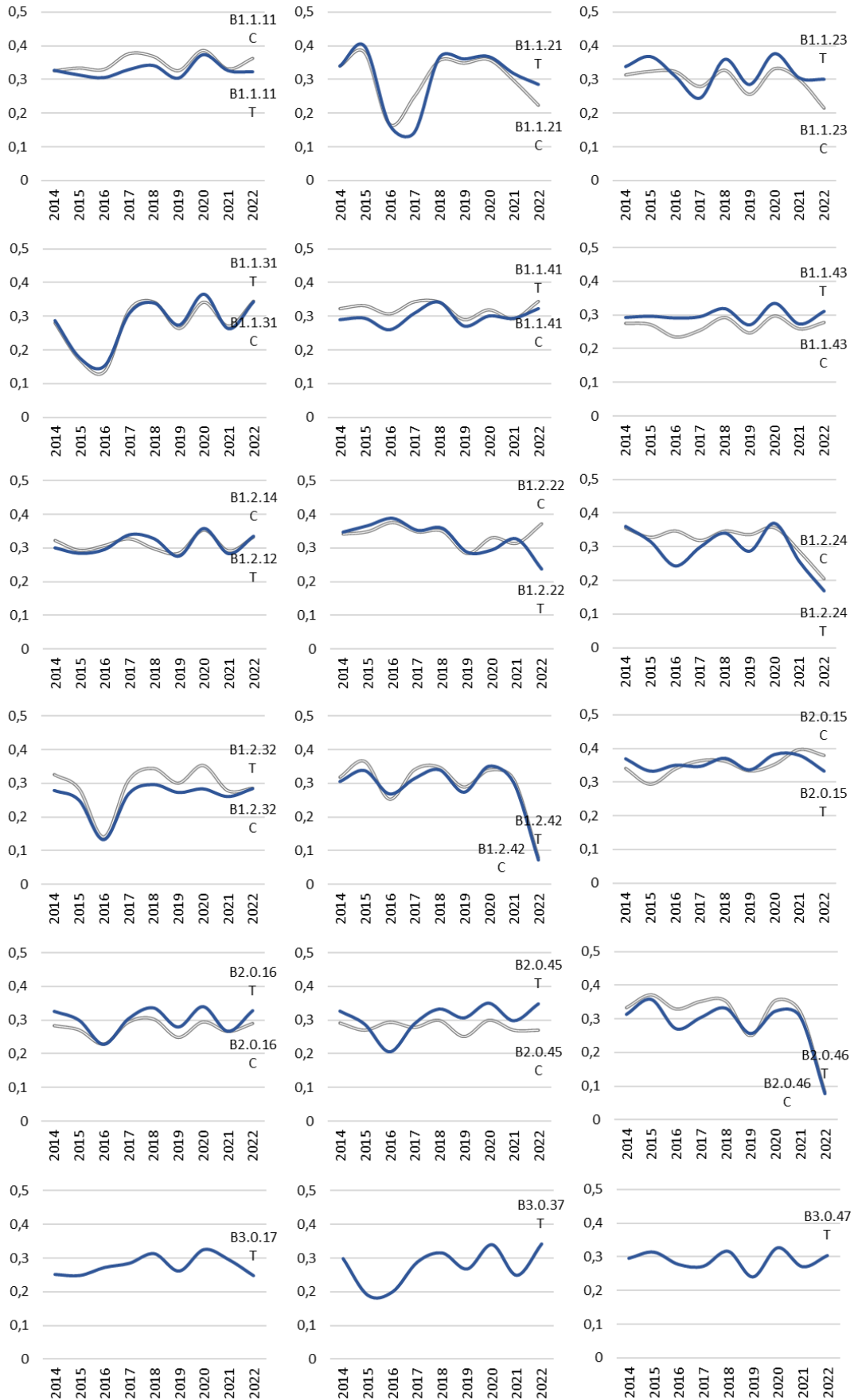


Figura A10: Evolució del NDVI (índex de vegetació de diferència normalitzada) per a cada parella de parcel·les tractament (T) i control (C) entre els anys 2014 i 2022.

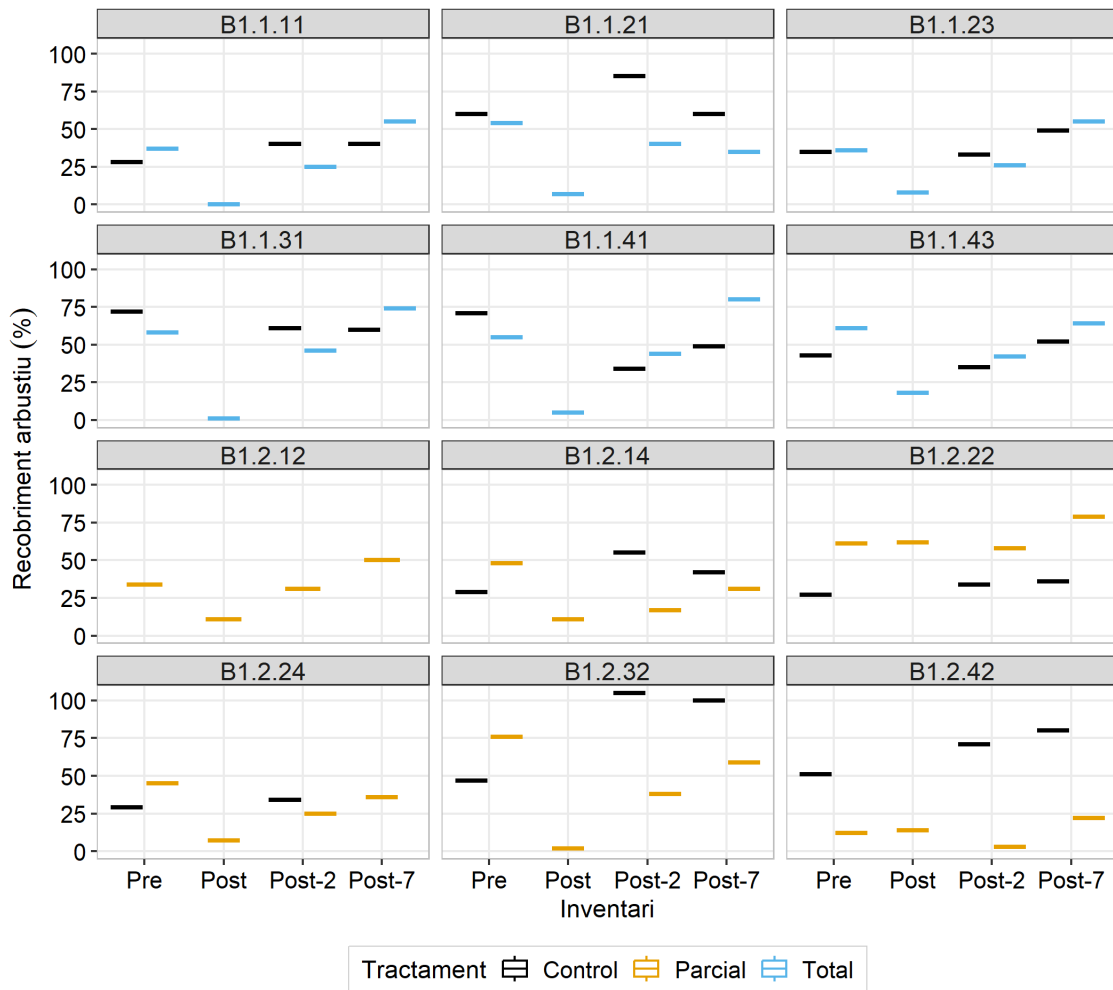


Figura A11: Recobriment d'espècies arbustives per inventari i parcel·la de l'acció B1.

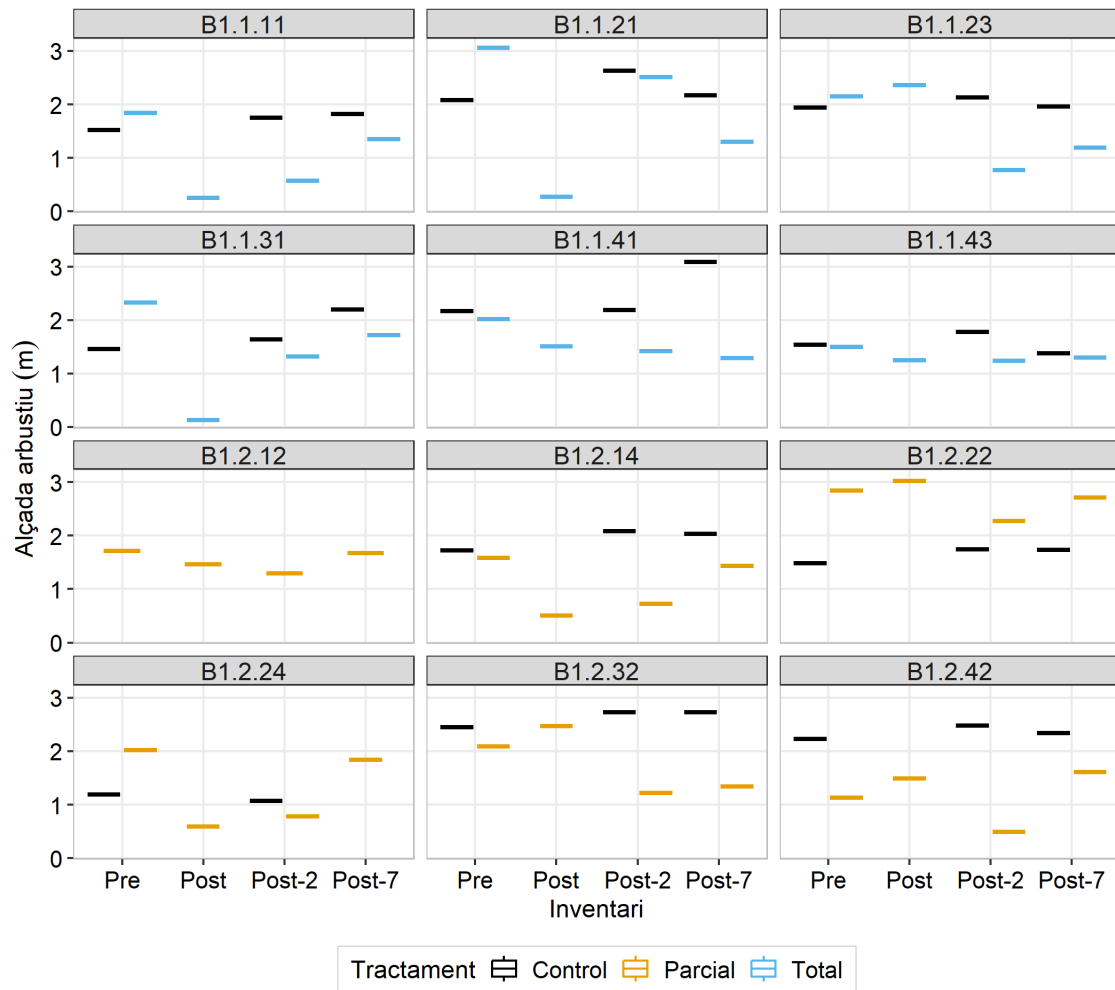


Figura A12: Alçada mitjana d'espècies arbustives per inventari i parcel·la de l'acció B1.

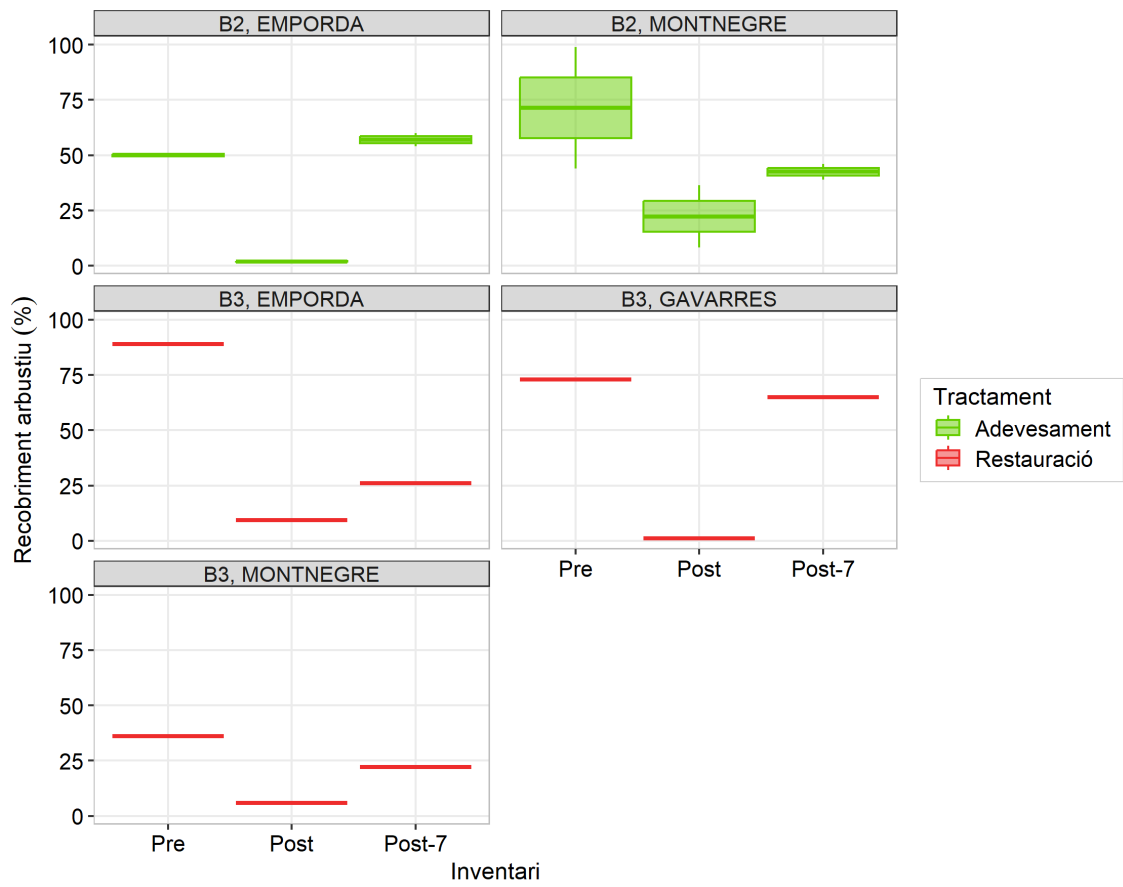


Figura A13: Recobriment d'espècies arbustives per inventari, i àrees biogeogràfiques de les parcel·les de l'acció B2 i B3.

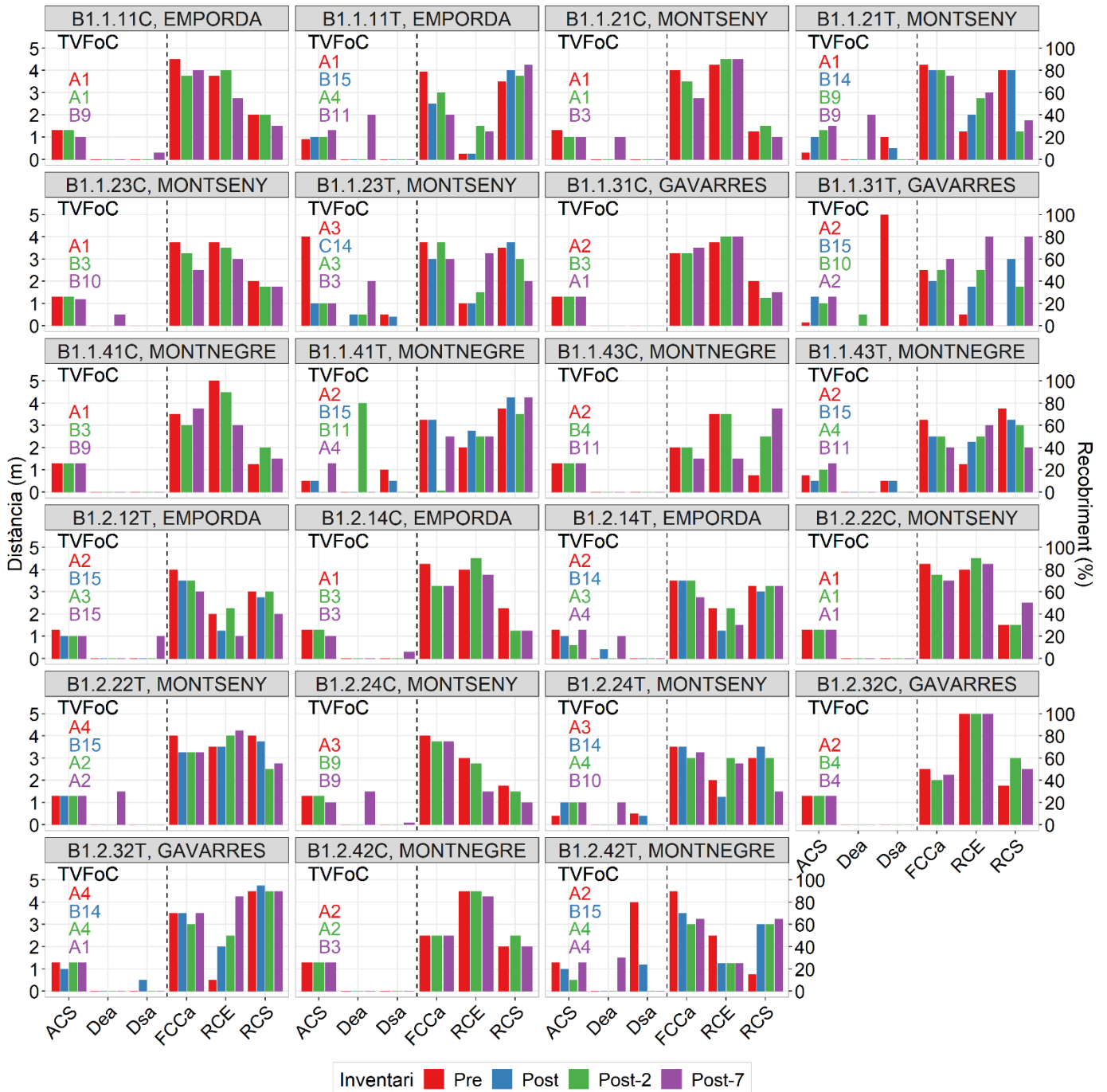


Figura A14: Efecte dels tractaments en la vulnerabilitat estructural a incendis de capçades (TVFoC) en les parcel·les de l'acció B1 de les diferents àrees biogeogràfiques. Les categories de vulnerabilitat (la lletra del codi de 'TVFoC') són alta (A), moderada (B) i baixa (C). El primer eix-Y (esq.) mostra: (i) l'alçada de combustible de superfície ('ACS'), (ii) la distància entre combustibles d'escala i aeri ('Dea'), i (iii) la distància entre combustibles de superfície i aeri ('Dsa'). El segon eix-Y (der.) mostra: (i) la coberta forestal del combustible aeri ('FCCa'), (ii) el recobriment de combustible d'escala ('RCE'), i (iii) el recobriment del combustible de superfície ('RCS').

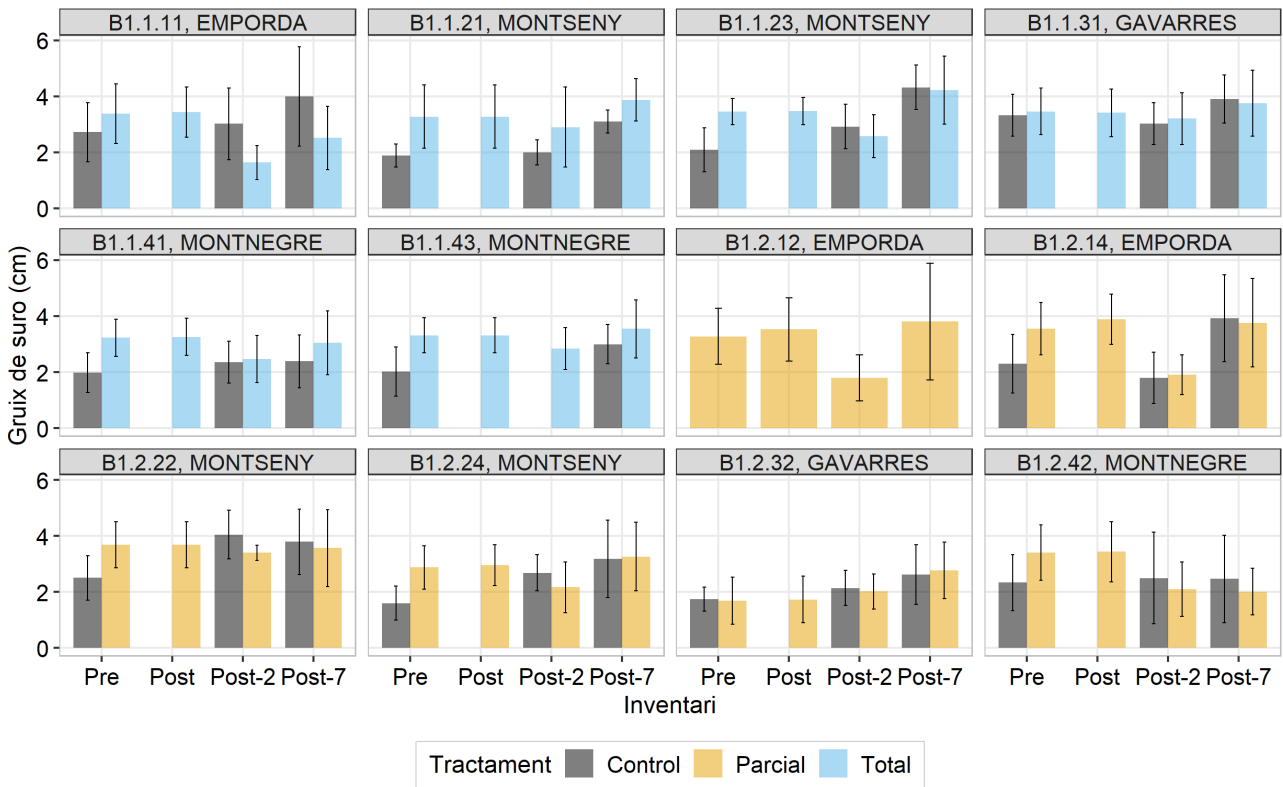


Figura A15: Gruix mitjà de suro pelagrí (no pelats i pelats per sota de 1,3 m del sòl) mesurat en cada inventari i parcel·la de l'acció B1.

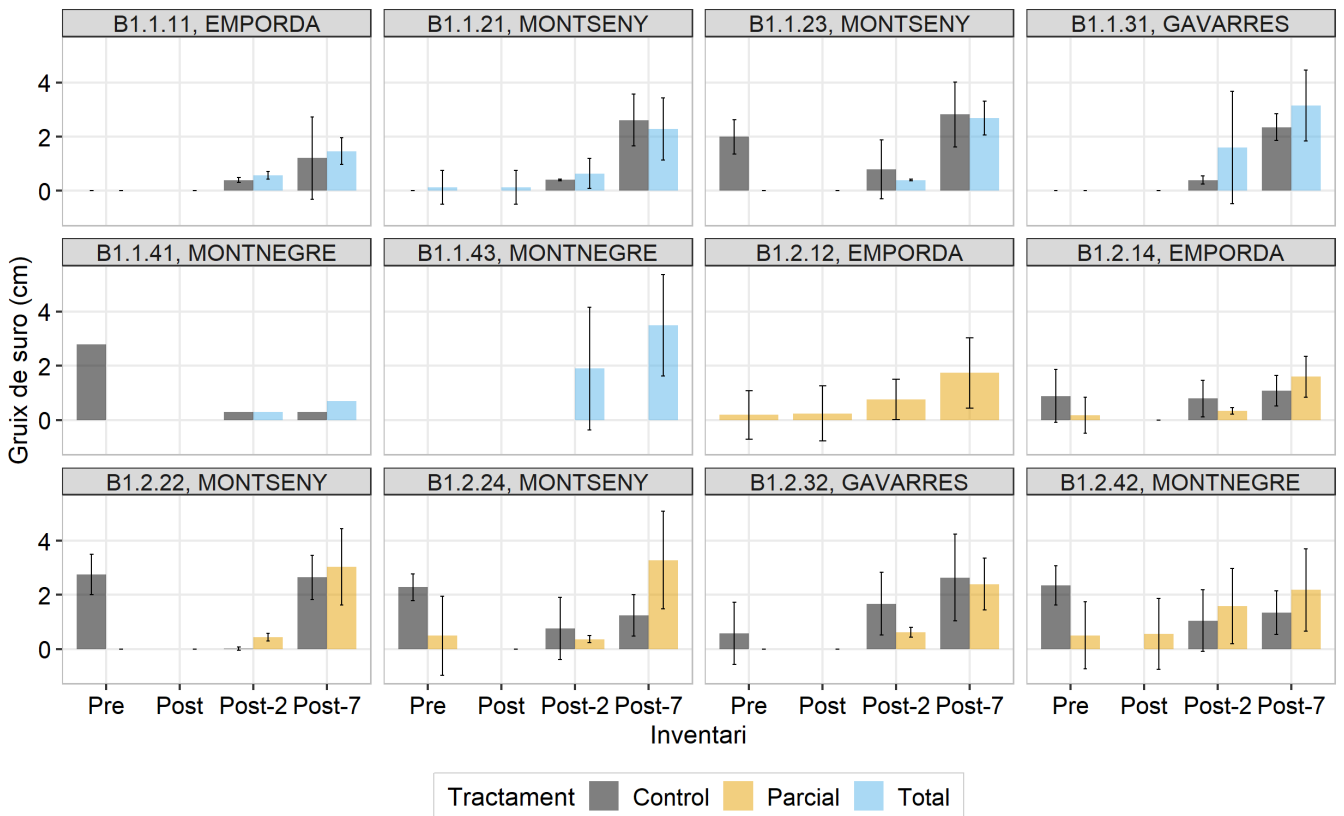


Figura A16: Gruix mitjà de suro de reproducció (pelats per sobre de l'alçada del pit < 1,3 m) mesurat en cada inventari i parcel·la de l'acció B1.

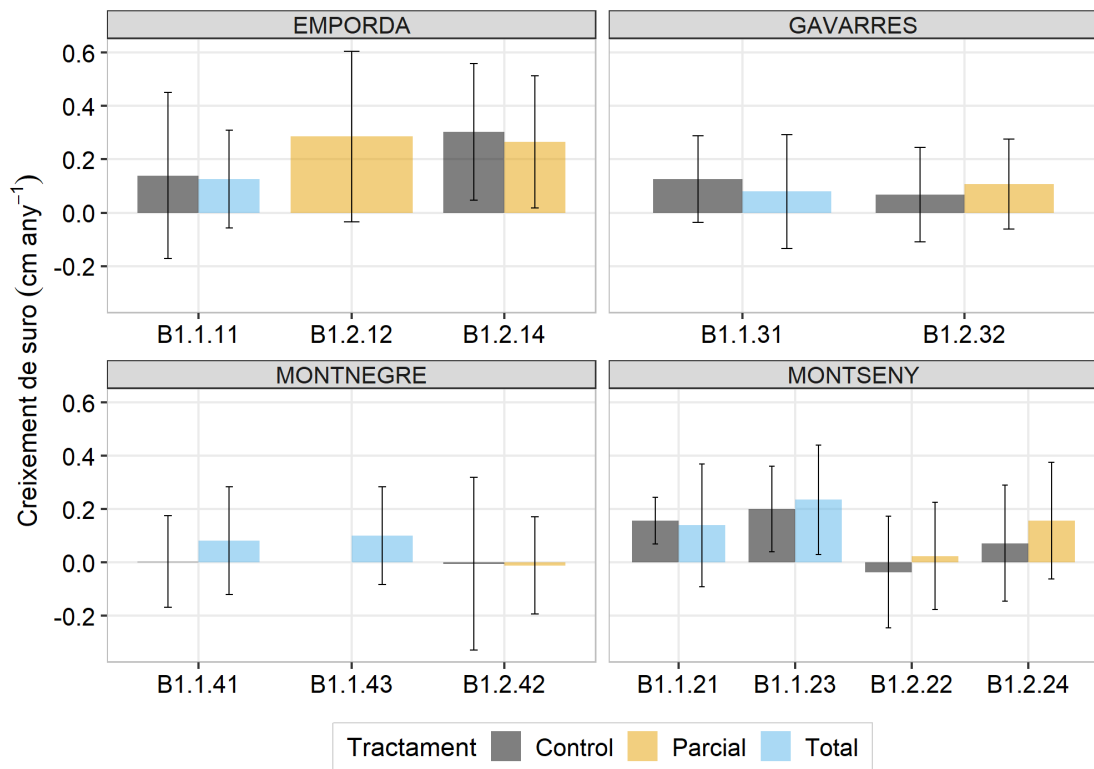


Figura A17: Creixement anual mitjà de suro pelagrí (no pelats i pelats per sota de 1,3 m del sòl) mesurat en cada parcel·la de l'acció B1. El creixement es la diferència entre el gruix de suro mesurat en el inventari de Post-7 i en el de Post-2.

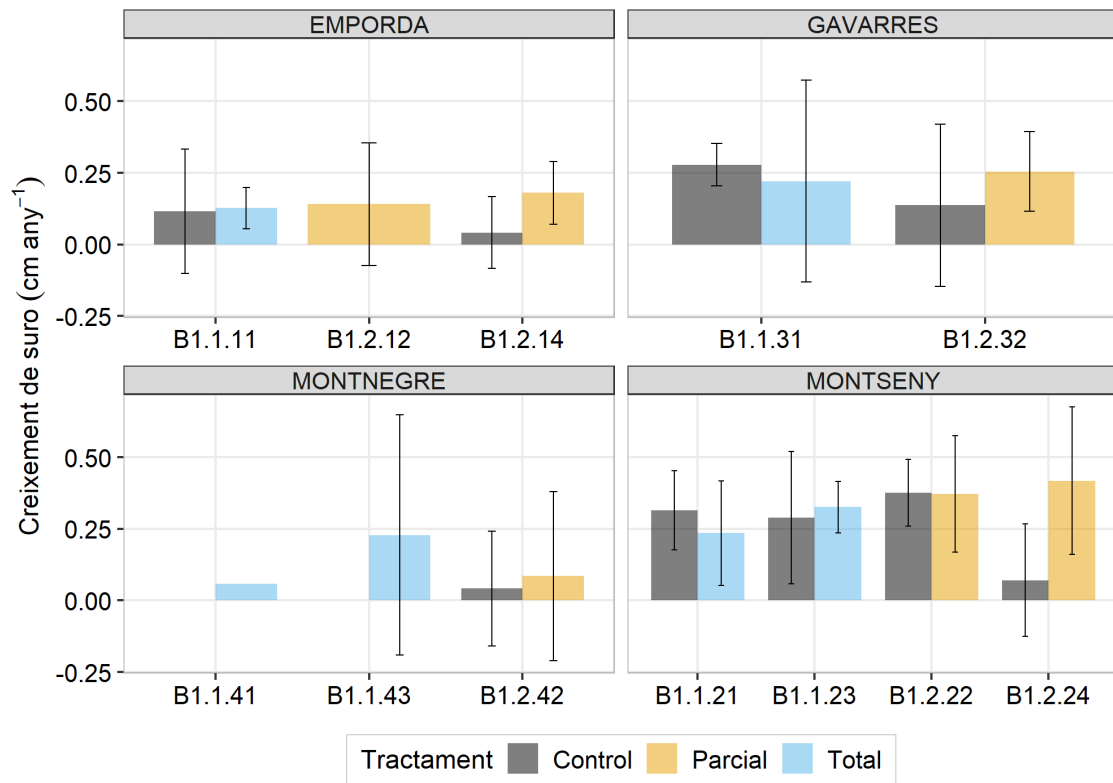


Figura A18: Creixement anual mitjà de suro de reproducció (pelats per sobre de l'alçada del pit < 1,3 m) mesurat en cada parcel·la de l'acció B1. El creixement es la diferencia entre el gruix de suro mesurat en el inventari de Post-7 i en el de Post-2.

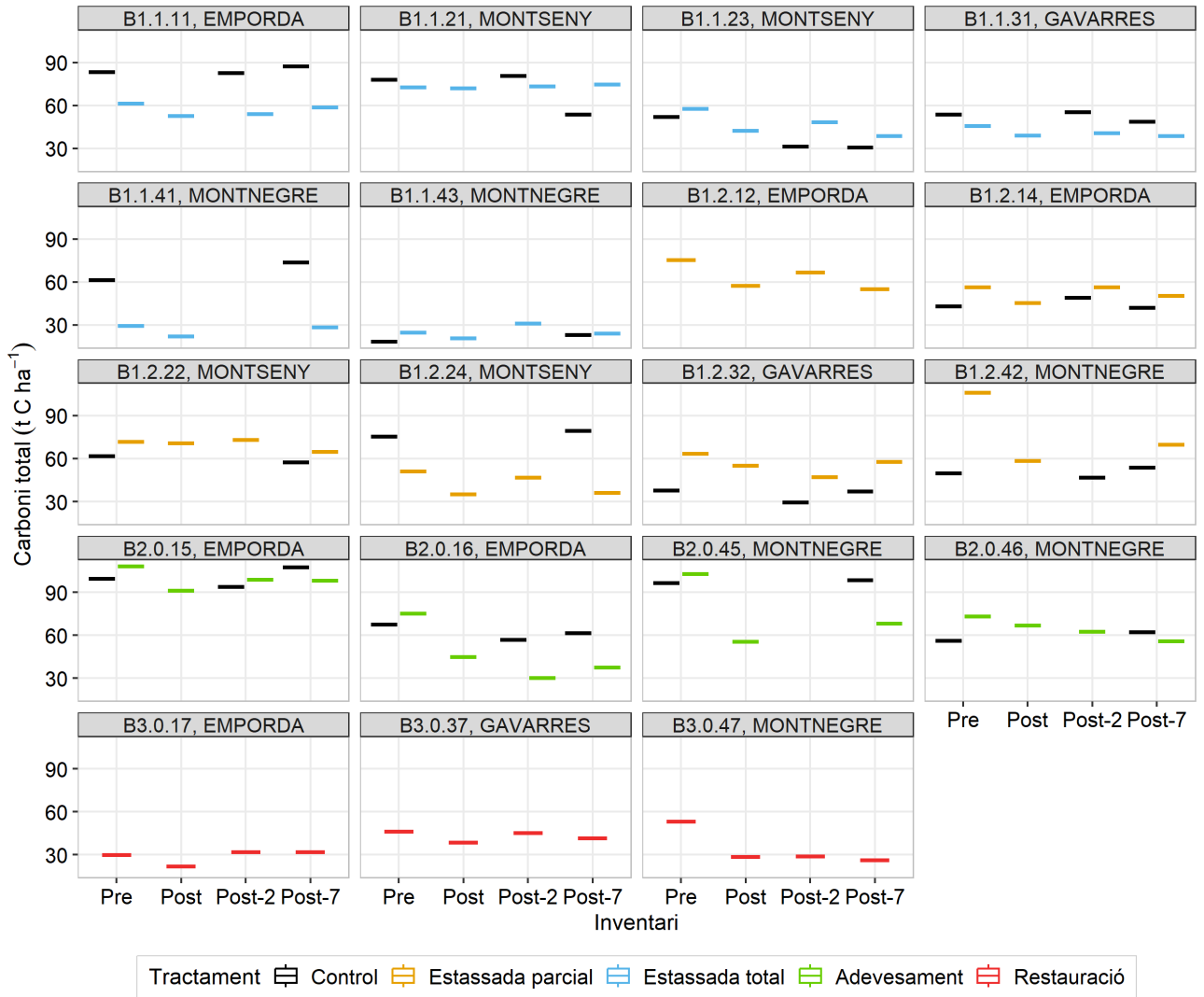


Figura A19: Efecte dels tractaments sobre el carboni fixat total per parcel·la, inventari i àrea biogeogràfica.

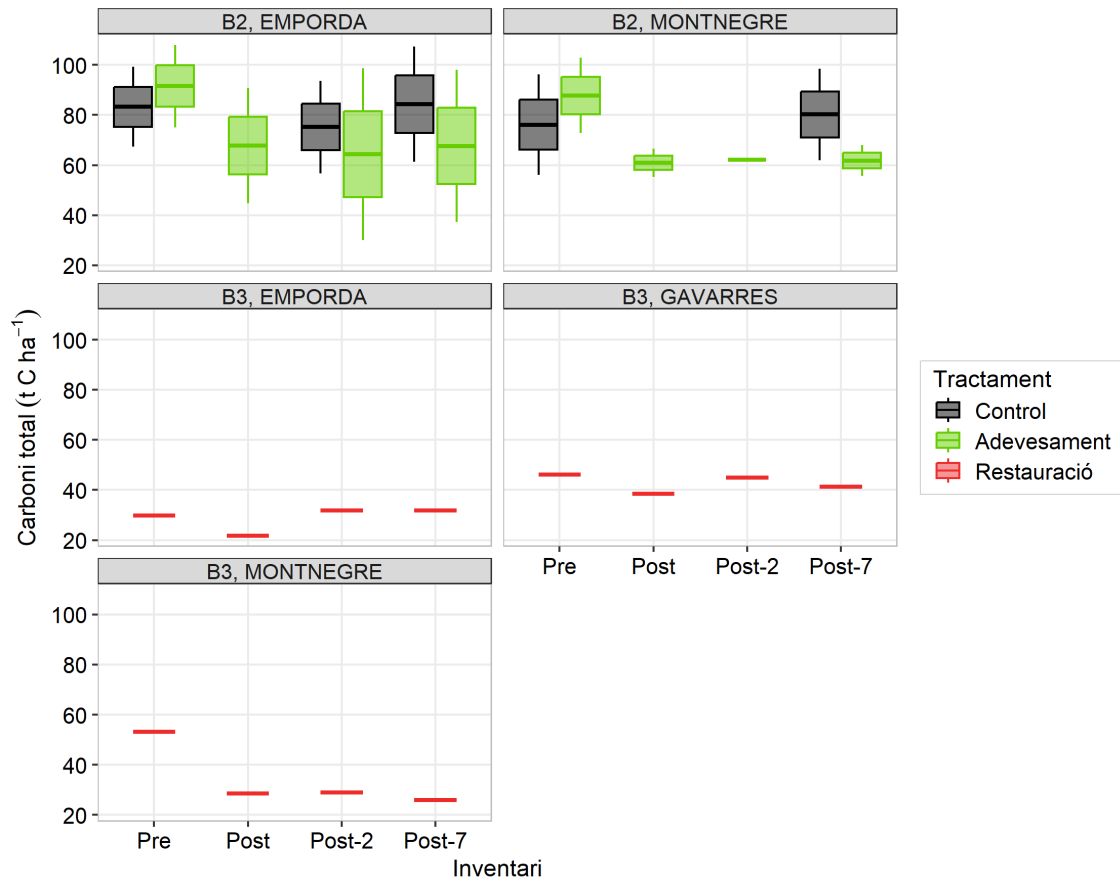


Figura A20: Efecte dels tractaments sobre el carboni fixat total per inventari i àrea biogeogràfica de las parcel·les de l'acció B2 i B3.

10. Annex d'estimació de l'impacte de la gestió en els serveis ecosistèmics

ESTIMACIÓ DE L'IMPACTE DE LA GESTIÓ DE LES SUREDES EN ELS SERVEIS ECOSISTÈMICS, CARBONI, AIGUA I BIODIVERSITAT, A PARTIR DEL MONITOREIG DELS RODALS DEL PROJECTE LIFE SUBER

Període 2016-2023

Març de 2024

AUTORIA:

Noemí Palero
Miquel Pedret
Teresa Cervera

ESTIMACIÓ DE L'IMPACTE DE LA GESTIÓ DE LES SUREDES EN ELS SERVEIS ECOSISTÈMICS: CARBONI, AIGUA I BIODIVERSITAT, A PARTIR DEL MONITOREIG DELS RODALS DEL PROJECTE LIFE SUBER

1.- Introducció: objectius i metodologia

Davant els reptes que presenta la situació actual de canvi global per als boscos mediterranis, la gestió forestal multifuncional és clau en la mitigació i la seva adaptació al canvi climàtic. En aquest sentit, les suredes constitueixen una formació forestal molt característica del Mediterrani, tant pel que fa a la seva gestió com als seus productes, i contribueixen de forma clara en la provisió de diferents serveis ecosistèmics a la societat.

En el marc del **Projecte Demostratiu de Difusió de les noves tècniques de gestió de la sureda per a la millora de la seva productivitat i resiliència**, liderat per la Fundació Institut Català del Suro i finançat a través de l'Operació 16.01.01 del Programa de Desenvolupament Rural de Catalunya 2014-2020, aquest estudi pretén analitzar l'impacte de la gestió forestal multifuncional de les suredes en els serveis ecosistèmics de l'aigua, carboni i biodiversitat, en els rodals gestionats en el projecte LIFE SUBER durant els anys 2015-2016.

Les parcel·les sobre les que recau l'estudi sumen un total de 69 ha, i en elles s'han efectuat mesures dasomètriques i de la biodiversitat al llarg del 2023. A partir d'aquesta informació i de les dades relatives a les actuacions realitzades prèviament, s'han realitzat els càlculs del balanç de carboni i de provisió d'aigua blava dels rodals per al període 2016-2023, en base a la metodologia de càlcul de l'impacte de la gestió forestal establerta en el marc del projecte LIFE CLIMARK (Cervera et al., 2022). De tota manera, la manca d'informació específica sobre els models de creixement de les suredes i altra referent als productes l'estudi presenta algunes variants respecte la metodologia indicada. Per una part, per obtenir el balanç de carboni de la gestió en comparació amb la no gestió, s'han utilitzat les dades d'inventari obtingudes abans i després dels tractaments efectuats i la informació de les parcel·les de control del projecte LIFE SUBER. Per una altra, les emissions evitades per substitució del suro per altres productes no ha estat analitzat.

En el cas de la biodiversitat, el càlcul de l'impacte es basa en l'aplicació de l'Índex de Biodiversitat Potencial (IBP). En aquest estudi però, no s'ha pogut fer la comparativa donat que abans de l'actuació no es va aplicar l'IBP i per tant, no es disposa de les dades inicials. Alternativament, s'han aprofitat les dades disponibles del "Projecte Demostratiu de Difusió de les noves tècniques de gestió de la sureda per a la millora de la seva productivitat i resiliència" del Consorci Forestal de Catalunya (CFC) i de les parcel·les de sureda que formen part de la Xarxa de Parcel·les Demostratives (XPD) del Centre de la Propietat Forestal, per fer una valoració de l'estat de l'IBP de les suredes catalanes, traslladant les principals conclusions en aquest estudi (informe redactat en el marc del projecte LIFE BIORGEST).

Dels 19 rodals inventariats el 2016 (post actuació) i el 2023 (segon seguiment) realitzats en el marc del Projecte Demostratiu de Difusió de les noves tècniques de gestió de la sureda per a la millora de la seva productivitat i resiliència, s'han exclòs de l'anàlisi 11 rodals que, 7 anys després de l'actuació, presentaven dades inconsistents, tant dels valors de densitat com de les àrees basals. També s'ha exclòs de l'estudi un rodal que no disposava de control. En els rodals sense dades sobre

el percentatge de producte destinat a cada ús final s'ha assumit l'escenari més restrictiu (100% del producte destinat a trituració). Aquest fet condiona totalment l'estudi d'impacte i per tant els resultats estan relacionats directament en aquests rodals i no en les suredes del territori.

En el cas de l'IBP, es partia d'un total de 33 inventaris als que es van sumar 10 inventaris més de la XPD del Centre de la Propietat Forestal. En total s'ha analitzat una mostra de 43 inventaris IBP. Aquests inventaris inclouen dades de rodals en els quals s'ha realitzat una gestió tradicional, no integrativa de biodiversitat, així com rodals on no s'havia actuat en els darrers anys, amb informació preactuació.

2.- Impacte de la gestió forestal en el balanç de carboni

Els boscos actuen com a fixadors de carboni a mesura que van creixent i fixant CO₂. Davant una situació de disminució de la vitalitat dels boscos per augment de la competència, estrès hídric, etc. la gestió forestal es presenta com una solució basada en la natura per mantenir el ritme de segrest de carboni dels nostres boscos. Al mateix temps, la producció de matèries primeres renovables i de proximitat, com la fusta o el suro, faciliten la substitució de materials i energies fòssils, contribuint als objectius de descarbonització de l'economia.

La gestió forestal també permet reduir l'afectació dels incendis forestals, el que pot contribuir a la reducció de les emissions de carboni.

Tenint en compte tots aquests elements, es calcula l'impacte de les suredes gestionades en vers a una situació de no gestió, respecte: el segrest de carboni, les emissions de CO₂ dels treballs silvícoles i els productes obtinguts i les emissions de CO₂ evitades.

Com la metodologia utilitzada no està plenament desenvolupada per a l'estudi de les suredes, també es fa un recull de la informació que caldria generar per poder fer un estudi complet del seu impacte sobre el carboni.

Càpsula del balanç de carboni de la gestió forestal

La metodologia CLIMARK estableix el valor del carboni segrestat per una massa gestionada en el període entre l'actuació realitzada i la pròxima actuació prevista, i en comparació amb la situació de referència de no gestió de les masses. Com que no s'ha definit un model de no gestió per a les suredes es calcula el carboni fixat d'acord amb les dades d'inventari de les zones tractades i les zones de control.

A partir dels 7 rodals inventariats, gestionats i control, s'han calculat la biomassa aèria total, el carboni i el CO₂ fixat en el període 2016-2023 (Taula 1). La gestió consisteix en una aclarida de millora o adevesament i una estassada parcial o completa, segons rodal. Els valors son molt heterogenis i seria necessari tenir un major nombre de parcel·les per tal de poder valorar l'impacte d'una gestió diferenciada.

Taula 1: Biomassa, carboni i CO₂ fixats per les suredes en els primers 7 anys després de l'actuació silvícola i als controls en base a dades dels inventaris dasomètrics efectuats el 2016 i 2023 i segons qualitat d'estació (QE).

Rodal	QE	Actuació realitzada	Variació de la biomassa aèria total (BAT) (t/ha)	Carboni fixat per la BAT (C_BAT) (t/ha)	CO ₂ fixat per la vegetació (t/ha)	CO ₂ Gestió-No gestió (7 anys) (t/ha)
B1.1.11T	A	Aclarida i estassada total	3,18	1,5	5,52	2,67
B1.1.11C		Control	1,64	0,78	2,85	
B1.1.41T	A	Aclarida i estassada total	3,38	1,6	5,86	-5,52
B1.1.41C		Control	6,57	3,1	11,38	
B1.1.43T	B	Aclarida i estassada total	2,42	1,14	4,19	-2,24
B1.1.43C		Control	3,71	1,75	6,43	
B1.2.24T	B	Aclarida i estassada parcial	0,8	0,38	1,38	-1,98
B1.2.24C		Control	1,94	0,92	3,36	
B1.2.42T	A	Aclarida i estassada parcial	11,94	5,63	20,67	17,66
B1.2.42C		Control	1,74	0,82	3,01	
B2.0.15T	A	Adevesament	5,79	2,73	10,03	4,41
B2.0.15C		Control	3,24	1,53	5,62	
B2.0.45T	B	Adevesament	7,69	3,63	13,32	11,17
B2.0.45C		Control	1,24	0,59	2,15	

L'increment de CO₂ fixat durant els primers 7 anys després de la tallada ha variat entre 1,38 i 20,67 t/ha, assolint un valor mitjà per al conjunt dels rodals de 8,71 t/ha. En el cas dels controls, s'han fixat 4,97 t/ha de CO₂ en 7 anys com a valor mitjà, això suposa una fixació mitjana de 3,74 t/ha de CO₂ menys que en els rodals on s'han aplicat tractaments silvícoles. Tanmateix, hi ha tres rodals on el valor del control és superior al valor postgestió, per tant, si es compara el balanç de carboni de la gestió versus a la no gestió aquest és negatiu.

Cal tenir en compte que el càlcul fa referència a l'increment de fusta, caldria afegir-hi el creixement de l'escorça, valorant també les diferències entre suredes pelades i no pelades.

Per estimar les emissions de carboni produïdes per la descomposició de les restes de tallada i les arrels, la metodologia CLIMARK utilitza com a valor de referència la taxa de carboni emès a l'atmosfera indicada per Herrmann et al. (2015), analitzada i multiplicada pel nombre d'anys del període estudiat (taula 2). En el cas de les suredes, al tractar-se d'una espècie rebrotadora no es consideren les emissions provinents de les arrels, per tant, només s'han valorat les de les restes.

Taula 2: CO₂ emès per descomposició de restes en cada rodal

Rodal	Actuació realitzada	CO ₂ emès per descomposició de restes (t/ha)
B1.1.11T	Aclarida i estassada total	0,05
B1.1.41T	Aclarida i estassada total	0,04
B1.1.43T	Aclarida i estassada total	0,04
B1.2.24T	Aclarida i estassada parcial	0,09
B1.2.42T	Aclarida i estassada parcial	0,28

B2.0.15T	Adevesament	0,08
B2.0.45T	Adevesament	0,24

El carboni emès per les restes de tallada ha estat entre 0,04 t/ha (rodals B1.1.41T i rodals B1.1.43T) i 0,28 t/ha (B1.2.42). Aquesta variació depèn del volum de restes generades, és a dir, de la intensitat de la tallada.

Pel que fa a les emissions dels treballs silvícoles i transport a la indústria tenim la informació a la taula següent.

Taula 3: CO₂ emès pels treballs silvícoles i transport dels productes de fusta obtinguts

Rodal	Actuació realitzada	Emissions CO ₂ produïdes pels treballs silvícoles (t/ha)	Emissions CO ₂ produïdes pel transport (t/ha)
B1.1.11T	Aclarida i estassada total	0,3419	0,02
B1.1.41T	Aclarida i estassada total	0,3294	0,02
B1.1.43T	Aclarida i estassada total	0,3294	0,02
B1.2.24T	Aclarida i estassada parcial	0,3294	0,02
B1.2.42T	Aclarida i estassada parcial	0,3294	0,04
B2.0.15T	Adevesament	0,3294	0,02
B2.0.45T	Adevesament	0,3294	0,04

L'impacte dels treballs depèn del tipus de tallada realitzada. La metodologia emprada no contempla un valor d'emissions concret per als adevesaments, així que s'ha utilitzat el mateix valor que per a les aclarides/tallades selectives. El rodal B1.1.11T presenta majors emissions a causa de la despesa energètica en l'arranjament d'un camí.

En quant al transport, l'impacte depèn de la quantitat de producte obtingut. En general, l'impacte en el transport és major en els adevesaments i en alguns aprofitaments on s'han generat majors quantitats de fusta. Els valors estan entre 0,02 i 0,04 tCO₂/ha emeses pel transport de productes fusters.

Per completar el càlcul, en aquells rodals on s'ha dut a terme la pela del suro caldria tenir en compte també el transport del suro produït en funció de la distància a la indústria corresponent.

Càpsula de les emissions per combustió dels productes de cicle de vida curt

Part dels productes de fusta i suro obtinguts en una tallada s'emetran de nou a l'atmosfera en un període curt de temps. La metodologia CLIMARK considera un 100% de retorn de CO₂ de la fusta amb destinació energètica i un valor inferior per a fusta de serra, palet i embalatge, afegint en aquest segon cas un factor de reciclatge. En alguns dels rodals estudiats, on a més de tallar sureres també es tallaven alguns pins presents en les masses, es va obtenir fusta destinada a produir palet. Encara que en el període de càlcul de 7 anys el producte és encara present, s'ha considerat coherent mantenir la fórmula de càlcul d'emissions per producte de vida curta.

En el cas del suro, seria necessari conèixer el destí del suro més enllà de si s'ha venut com a pelegrí, suro de qualitat A o B. Caldria classificar els diferents productes que es poden obtenir del

suro en funció de si són de vida curta, mitjana o llarga, segons si es destinen a aïllament i segons les diferents qualitats de taps de suro resultants.

Amb la informació real del producte obtingut i el seu destí (trituració o palet) s'han calculat les emissions dels productes de vida curta de la fusta de suro i pi obtinguda (Taula 4).

Taula 4: Carboni emès per combustió dels productes fusters

Rodal	Actuació realitzada	Emissions de CO ₂ produïdes per combustió dels productes fusters (t/ha) de vida curta
B1.1.11T	Aclarida i estassada total	5,34
B1.1.41T	Aclarida i estassada total	3,76
B1.1.43T	Aclarida i estassada total	6,81
B1.2.24T	Aclarida i estassada parcial	9,45
B1.2.42T	Aclarida i estassada parcial	34,60
B2.0.15T	Adevesament	13,02
B2.0.45T	Adevesament	22,73

Les emissions de CO₂ produïdes per les emissions per combustió dels productes per als rodals estudiats varia entre 3,76 i 34,60 t/ha. Els valors més alts corresponen als rodals on s'ha extret més producte.

Càpsula de les emissions de carboni evitades

Partint de la probabilitat anual de crema d'un rodal es calculen les emissions evitades en la prevenció d'incendis en cada un dels rodals actuats. També s'estimen les emissions per efecte de substitució (disminució de la petjada de carboni a l'utilitzar fusta en lloc d'altres materials provinents d'energies fòssils) de la fusta utilitzant el coeficient de substitució (Taula 5).

Taula 5: Emissions de CO₂ evitades per prevenció d'incendis i per l'efecte substitució.

Rodal	Actuació realitzada	Emissions CO ₂ evitades per la prevenció d'incendis (t/ha) en 7 anys	Emissions CO ₂ evitades per l'efecte substitució (t/ha)
B1.1.11T	Aclarida i estassada total	0,25	3,41
B1.1.41T	Aclarida i estassada total	0,04	2,02
B1.1.43T	Aclarida i estassada total	0,04	3,63
B1.2.24T	Aclarida i estassada parcial	0,00	5,97
B1.2.42T	Aclarida i estassada parcial	0,03	22,07
B2.0.15T	Adevesament	0,48	8,30
B2.0.45T	Adevesament	0,02	14,50

Les emissions evitades per prevenció d'incendis en els rodals estudiats estan entre 0 i 0,48 tCO₂/ha. Els valors més alts d'emissions evitades corresponen als rodals amb alta probabilitat d'incendi i abundància de biomassa. Per al rodal B2.0.45 no es tenen dades del producte extret.

Les emissions evitades per l'efecte substitució depenen de la vida útil dels productes i la quantitat de producte obtingut, per tant, els rodals on part de la fusta s'ha destinat a un producte amb un coeficient de substitució més elevat i amb major quantitat de producte obtingut evitaran més emissions per substitució.

Balanç de carboni. Impacte de la gestió sobre el carboni

El balanç de carboni de cada rodal per al període d'estudi s'ha calculat amb la suma del carboni fixat i les emissions evitades i s'han restat les emissions produïdes, tot comparant la gestió versus la no gestió (control). Els resultats es resumeixen en les taules 6 i 7.

Taula 6: Impacte de la gestió forestal en el carboni per un període de 7 anys

Rodal (gestió/control)	CO2 fixat vegetació (t/ha)	CO2 emès restes (t/ha)	CO2 emès treballs (t/ha)	CO2 emès transport (t/ha)	CO2 emès productes (t/ha)	CO2 evitat substitució (t/ha)	CO2 evitat prevenció incendis (t/ha)	Impacte de la gestió en el carboni (t/ha)
B1.1.11T	2,67	0,05	0,34	0,02	5,34	3,41	0,25	0,58
B1.1.41T	-5,52	0,04	0,33	0,02	3,76	2,02	0,04	-7,61
B1.1.43T	-2,24	0,04	0,33	0,02	6,81	3,63	0,04	-5,77
B1.2.24T	-1,98	0,09	0,33	0,02	9,45	5,97	0	-5,9
B1.2.42T	17,66	0,28	0,33	0,04	34,6	22,07	0,03	4,51
B2.0.15T	4,41	0,08	0,33	0,02	13,02	8,3	0,48	-0,26
B2.0.45T	11,17	0,24	0,33	0,04	22,73	14,5	0,02	2,35

Taula 7: Impacte anual de la gestió forestal en el carboni durant el període 2016-2023.

Rodal	Actuació realitzada	Impacte anual de la gestió en el carboni* (t/ha)
B1.1.11T	Aprofitament i estassada total	0,08
B1.1.41T	Aprofitament i estassada total	-1,09
B1.1.43T	Aprofitament i estassada total	-0,82
B1.2.24T	Aprofitament i estassada parcial	-0,84
B1.2.42T	Aprofitament i estassada parcial	0,64
B2.0.15T	Adevesament	-0,04
B2.0.45T	Adevesament	0,34

*Valors no extrapolables més enllà del setè any

Del conjunt de rodals analitzats, només tres presenten un balanç positiu en el carboni durant els primers set anys, caldrà esperar un temps per veure en quin punt es reverteix la situació i en quins casos la tallada és massa elevada per compensar el creixement guanyat alhora de reduir la competència. El destí energètic dels productes finals evita poder tenir valor positiu.

Cal tenir present que el valor de fixació de carboni anual correspon als primers set anys de creixement de la massa després de la tallada, per tant, no es pot extrapol·lar a altres períodes de creixement del rodal gestionat i del seu control.

3.- Impacte de la gestió forestal en els recursos hídrics

En el cicle de l'aigua, part de l'aigua de pluja que arriba als boscos és utilitzada per les plantes pel seu creixement i acaba tornant a l'atmosfera per evapotranspiració, és el que s'anomena aigua verda, mentre que l'altra part de la pluja que s'infiltra o escola forma part de l'aigua blava. En reduir temporalment la coberta forestal, la gestió forestal pot influir en la provisió d'aigua blava, important en els boscos mediterranis on l'aigua és un recurs limitant per la seva escassetat.

Per calcular l'impacte de la gestió forestal sobre la capacitat d'un rodal per exportar aigua blava, la metodologia CLIMARK identifica una sèrie de fórmules i models a partir de variables ambientals (índex d'humitat) i variables estructurals (àrea basal) que depenen del grup d'espècies existents (angiosperma o gimnosperma). Aquesta metodologia és aplicable a tot tipus de formació forestal.

L'impacte de la gestió forestal per a cada rodal i en el període d'estudi es mostra a la Taula 8.

Taula 8: Impacte de la gestió forestal en els recursos hídrics per un període de 7 anys

Rodal	Actuació realitzada	Aigua exportada (m ³ /ha)
B1.1.11T	Aclarida i estassada total	550,13
B1.1.41T	Aclarida i estassada total	671,34
B1.1.43T	Aclarida i estassada total	479,82
B1.2.24T	Aclarida i estassada parcial	876,3
B1.2.42T	Aclarida i estassada parcial	1768,86
B2.0.15T	Adevesament	569,73
B2.0.45T	Adevesament	1697,46

L'efecte de la gestió sobre l'aigua blava exportada depèn de la intensitat de la tallada. Per tant, els rodals on les actuacions van suposar una major reducció de l'àrea basimètrica inicial (B1.2.42 (46,3% AB extreta), B2.0.45 (44,9% AB extreta), l'aigua exportada és major. Per contra, els rodals amb actuacions més suaus presenten uns guanys d'aigua blava inferiors.

En tots els rodals l'impacte de la gestió sobre l'aigua exportada ha estat positiu. En un 85% dels rodals l'aigua exportada ha estat per sobre del 500 m³/ha per al període calculat de 7 anys des de l'actuació.

4.- Impacte de la gestió forestal en la biodiversitat

Els boscos són els ecosistemes amb major biodiversitat del planeta i aquesta és clau per a la seva adaptació al canvi climàtic.

La gestió forestal és una pertorbació d'origen humà que incideix sobre la biodiversitat. El seu impacte pot variar en funció de la intensitat i del tipus de gestió, i l'aplicació de tècniques complementàries agrupades sota el nom de silvicultura "de retenció" o "integrativa" pot contribuir a augmentar la biodiversitat global.

La metodologia de càlcul de l'impacte de la gestió en la biodiversitat es realitza a partir de l'Índex de Biodiversitat Potencial (IBP). Es calcula el seu valor abans de l'actuació i es valora la millora que suposarà la implementació d'una silvicultura integrativa.

En el cas de les suredes estudiades en aquest document, els valors d'IBP es van obtenir 7 anys després de l'actuació. La manca d'una línia base per establir l'escenari inicial de biodiversitat no permet valorar quin ha estat l'impacte de les actuacions de forma numèrica.

Per aquest motiu, en aquest estudi es fa una valoració de l'estat en general de les suredes a Catalunya en relació amb la seva capacitat per acollir biodiversitat segons el valor IBP. Les dades utilitzades provenen tant dels inventaris realitzats en el marc del Projecte Demostratiu de Difusió de les noves tècniques de gestió de la sureda per a la millora de la seva productivitat i resiliència, com de les dades recopilades a la Xarxa de Parcel·les Demostratives (XPD) del Centre de la Propietat Forestal.

4.1.- Anàlisi general dels valors de l'IBP en suredes.

Per als inventaris IBP estudiats (incloent tant rodals gestionats en els últims anys com altres on fa temps que no s'aplica gestió), el valor mitjà de l'IBP total és del 44% (taula 9). Aquest valor correspon a la categoria MITJANA de l'IBP (figura 1). El valor és equiparable als valors IBP per al conjunt de masses forestals de Catalunya.

Taula 9. Nombre de mostres, valor mitjà i desviació estàndard, en percentatge, dels valors IBP de gestió, context i total per les masses d'alzina surera.

Espècie	Mostres (#)	Valor mitjà (%)			Desviació estàndard		
		IBP gestió	IBP context	IBP total	IBP gestió	IBP context	IBP total
Qs	43	44,98	40,31	43,58	13,52	15,32	9,48

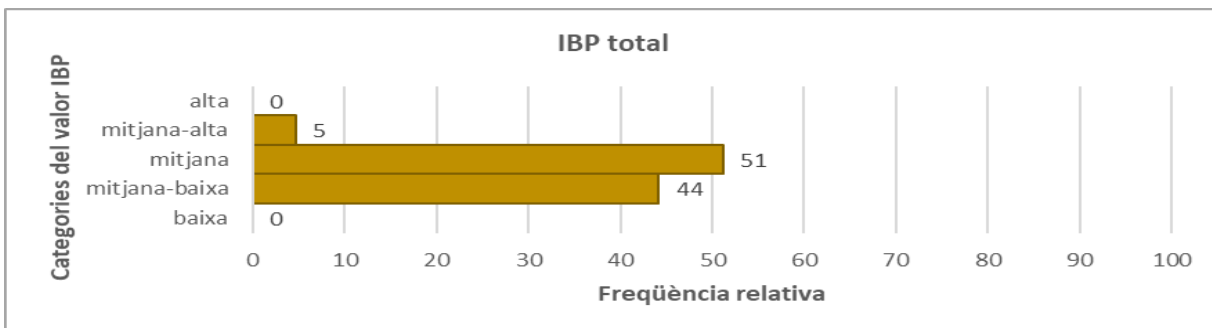


Figura 1. Diagrames de barres que mostren les categories d'IBP total (superior), de gestió (mig) i de context (inferior) de totes les mostres.

L'IBP es divideix en dos apartats, IBP gestió i IBP context. Els valors mitjans de l'IBP gestió i context (taula 9) també són equivalents als del conjunt de masses forestals de Catalunya.

Fent una estratificació de la mostra en funció de si es tracta de l'IBP realitzat en masses pures o mixtes no s'observen gran diferències ja que el valor d'IBP es mitjà tan per a les masses pures com per a les mixtes (taula 10 i figura 2).

Taula 10. Nombre de mostres, valor mitjà i desviació estàndard, en percentatge, dels valor IBP de gestió, context i total per cada formació forestal inventariada.

Formació forestal	Mostres (#)	Mitjana (%)			Desviació estàndard		
		IBP de gestió	IBP context	IBP total	IBP de gestió	IBP context	IBP total
Qs	17	40,34	45,88	42,00	15,97	16,81	11,27
Qs_PI	2	30,00	23,33	28,00	2,02	14,14	2,83
Qs_Au	11	47,01	34,55	43,27	7,81	9,81	5,95
Qs_Qii	13	51,65	40,51	48,31	11,34	15,02	6,82
Total	43	44,98	40,31	43,58	13,52	15,32	9,48

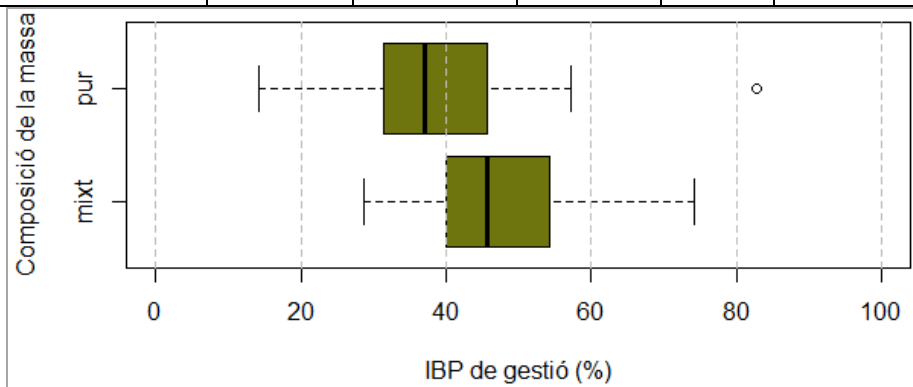


Figura 2. Diagrama de caixes comparant els valors d'IBP de gestió per masses pures o mixtes.

4.2.- Anàlisi relacional de l'IBP amb factors estructurals de la massa

En aquest apartat es pretén analitzar si les característiques dasomètriques influencien la capacitat d'acollida de biodiversitat. S'utilitzen les variables dasomètriques que més bé descriu la massa, la densitat (figura 3), l'àrea basal (figura 4) i el diàmetre mig quadràtic (figura 5), calculat a partir de la densitat i l'àrea basal.

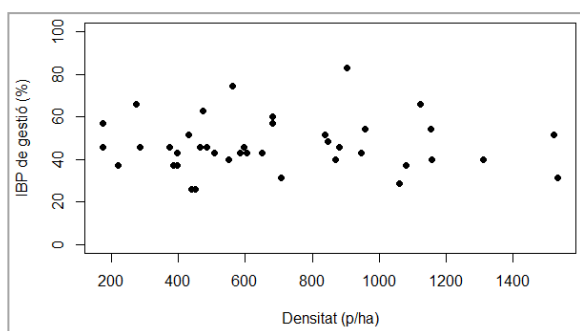


Figura 3. Gràfic que relaciona els valors IBP de gestió amb la densitat (peus/ha) de cada rodal.

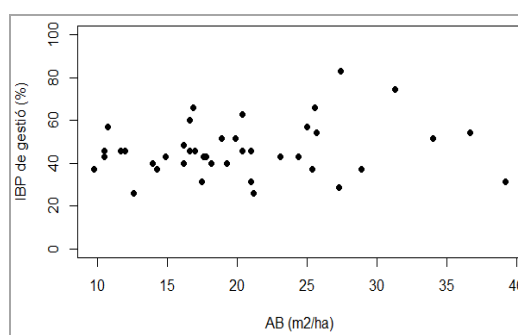


Figura 4 Gràfic que relaciona els valors IBP de gestió amb l'àrea basal (AB) de cada rodal.

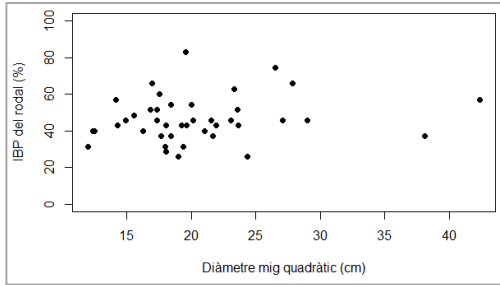


Figura 5. Gràfic que relaciona els valors IBP de gestió amb el diàmetre mig quadràtic de cada rodal.

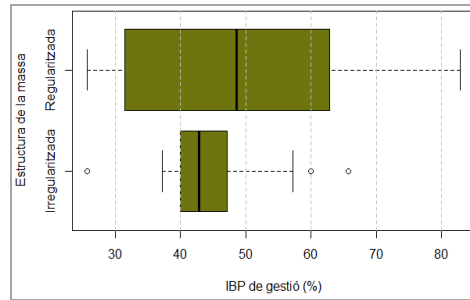


Figura 6. Diagrama de caixes comparant el valor IBP de gestió entre masses d'estructura regularitzada i irregularitzada

En cap de les figures on es representa el valor de l'IBP en funció de les diferents variables dasomètriques no s'intueix cap relació de dependència. Tot sembla indicar que segueix una distribució aleatòria, analitzades les dades de què es disposa per al moment.

Finalment, s'ha estudiat si existia alguna relació entre els valors de l'IBP i l'estructura de la massa (figura 6). Els resultats indiquen que els IBP de masses amb estructura irregularitzada no són diferents dels de les masses regularitzades.

5.- Conclusions

Respecte a l'impacte de la gestió sobre el balanç de carboni, tenint en compte les limitacions derivades de la manca d'elements de càlcul per a les suredes, el que s'ha observat és:

- Les dades obtingudes en aquest estudi fan referència a set rodals. La manca de rèpliques i la petita mostra analitzada no permet extrapolar els resultats a altres suredes presents en el territori. Seria necessari ampliar la mostra de parcel·les i fer un nou inventari passats cinc anys per analitzar els canvis.
- Pel que fa al segrest del CO₂ del bosc, resultat del creixement dels arbres, la quantitat mitjana fixada en els rodals amb tractament és superior a la dels controls, 4 dels 7 rodals analitzats presenten un balanç gestió-no gestió positiu.
- Les emissions de CO₂ derivades de la descomposició de les restes de tallada són superiors en els rodals on s'han realitzat tallades més intenses, generant major volum de restes.
- Pel que fa a les emissions de CO₂ dels treballs forestals, consistents en tallada i estassada, han estat sempre les mateixes, assumint els mateixos resultats pels adevessaments. En els rodals on s'han arranjat camins, les emissions han estat majors. No s'han pogut calcular les emissions derivades de la pela del suro en els rodals corresponents.
- Les emissions de CO₂ pel transport dels productes en els tractaments més intensius (adevessaments) són majors. No s'han pogut calcular les emissions derivades del transport del suro en els rodals on es va pelar.

- En quant a les emissions per combustió dels productes fusters aquests es consideren de cicle de vida curt (llenya, trituració) i, per tant, amb unes emissions del 100% del producte. No es compta amb la informació necessària per poder fer el càlcul de les emissions derivades del destí del suro.
- Les emissions de diòxid de carboni evitades per prevenció d'incendis per a les suredes, igual que per altres espècies, estan en funció de la biomassa existent i de la probabilitat de què es produeixi un incendi en un rodal concret.
- Les emissions de diòxid de carboni evitades per l'efecte de substitució han estat calculades únicament per a la fusta, no es disposa de la informació necessària per fer el càlcul del suro extret i el seu destí. Les emissions evitades per substitució són majors en els rodals on s'ha obtingut més producte.
- Pel càlcul complet, s'ha valorat el balanç de carboni durant els primers set anys després dels tractaments silvícoles utilitzant les dades reals d'inventari i el control i del producte fuster extret. Només en tres dels rodals el balanç és positiu, és a dir, s'ha fixat més carboni que emès. En aquest balanç caldria incloure la fixació i les emissions de CO₂ derivades del creixement de l'escorça i dels destí del suro en els rodals pelats.

Pel que fa a l'impacte de la gestió en els recursos hídrics, en tots els rodals la gestió ha millorat la quantitat d'aigua exportada respecte a la no gestió. Els valors són molt variables tenint en compte les diferents intensitats de tallada.

Finalment, l'impacte de la gestió forestal en la biodiversitat no s'ha pogut valorar per la manca d'inventaris IBP previs a l'actuació. De tota manera, s'ha efectuat una anàlisi dels valors IBP de les suredes que formen part d'aquest estudi i les primeres conclusions són:

- Presenten un valor d'IBP mitjà, amb puntuacions molt semblants altres formacions de Catalunya.
- No s'observen diferències significatives entre masses pures i mixtes, ni entre rodals regulars i irregulars.
- No s'observa cap correlació entre els valors de l'IBP i les variables dasomètriques com l'àrea basal, densitat i diàmetre quadràtic.

Com ja s'ha fet constar, la metodologia CLIMARK no compta amb la informació necessària per poder calcular de forma completa algunes de les càpsules del balanç de carboni. En concret, per les suredes, seria necessari obtenir major informació respecte el segrest de carboni a causa de la gestió forestal, les emissions per transport i les emissions per combustió del suro extret. Per tal de solucionar-ho calrà dotar a la metodologia actual de la següent informació:

- Models de gestió i no gestió per a les suredes, tant de la fusta com de l'escorça.
- Emissions de CO₂ de la maquinària per a altres tractaments com els adevesaments.
- Estimació de la distància mitjana a la indústria del suro.

- Valoració de la vida útil del suro en funció del seu destí (taps, aïllants, etc.).
- Estimació del coeficient de substitució per al suro en funció del destí del producte i de l'impacte dels elements a comparar.

Bibliografia

Cervera, T.; Baiges, T; Rabascall, X. 2022. Metodologia de càlcul de l'impacte de la gestió forestal en els serveis ecosistèmics: Carboni, aigua i biodiversitat. Centre de la Propietat Forestal, Santa Perpètua de Mogoda. 61 pp.

Herrman, S Kahl, T.; Bauhus, J. 2015. Decomposition Dynamics of coarse Woody debris of three important central European tree species. For. Ecosyst. 2. <http://doi.org/10.1186/s40663-015-0052-5>.