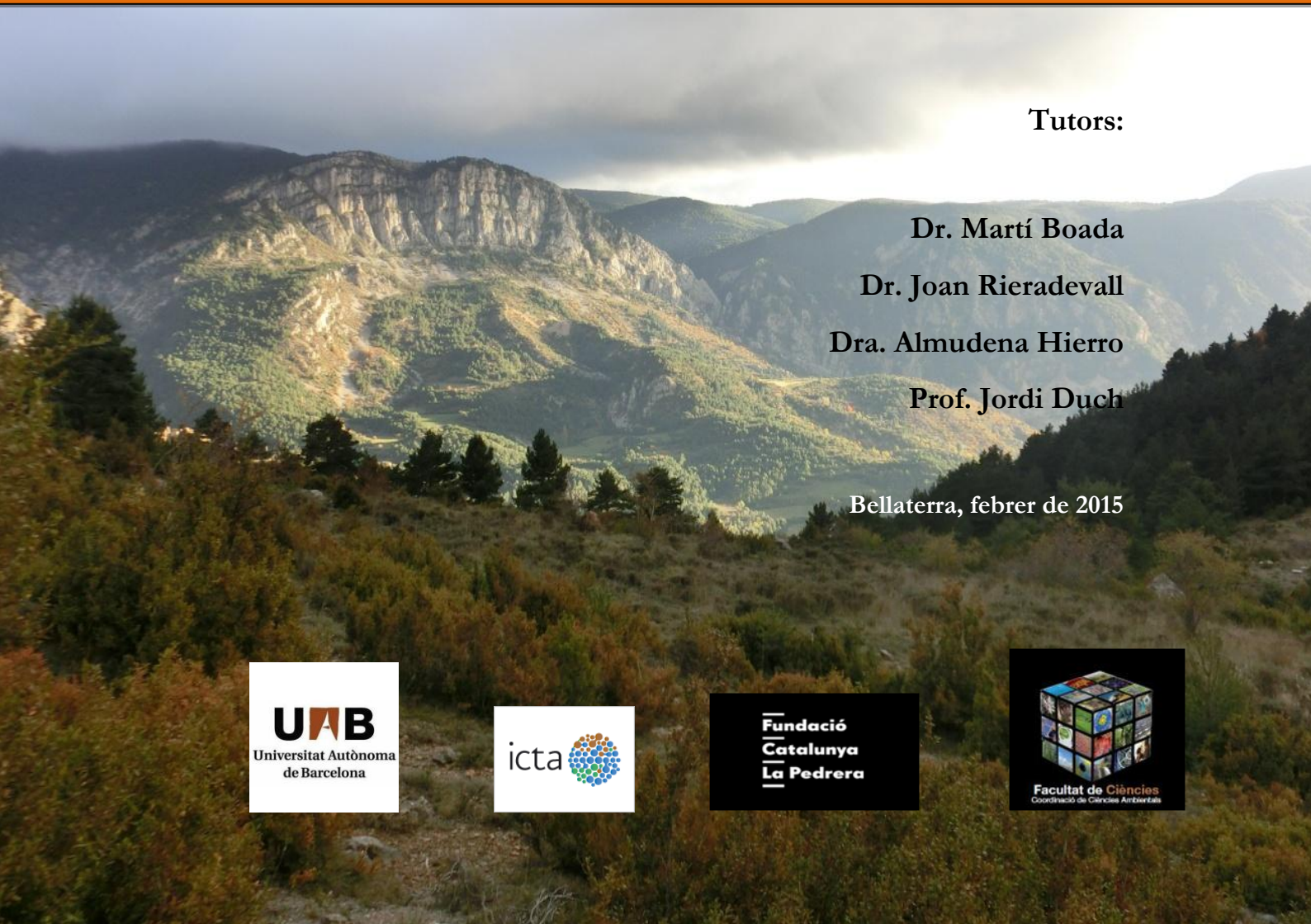
Captura de carboni a la Vall d'Alinyà: el bosc de pi roig (*Pinus sylvestris*) a l'Obaga de Colldéu

Ales Azcárate, Gabriel Barguilla, Jordi Bassols, Pol Canudas

Treball de fi de Grau

Ciències Ambientals



Tutors:

Dr. Martí Boada

Dr. Joan Rieradevall

Dra. Almudena Hierro

Prof. Jordi Duch

Bellaterra, febrer de 2015

AGRAÏMENTS

Volem començar donant el nostre agraïment als tutors del nostre projecte Dr. Martí Boada, al Dr. Joan Rieradevall, a la Dra. Almudena Hierro i al prof. Jordi Duch pels consells, el seu suport i ajuda al llarg de l'elaboració del treball, el material prestat i la seva amabilitat mostrada en tot moment.

Donar les gràcies també al Sr. Xavier Escuté, cap de Gestió del Territori de la Fundació Catalunya La Pedrera, per la seva ajuda a l'hora d'escollir la temàtica i la seva aportació de dades i respostes per a resoldre dubtes sorgits al llarg del treball, sense la seva col·laboració el projecte no hagués tirat endavant.

Al Sr. Daniel Nadal per ajudar-nos i aconsellar-nos amb el programa informàtic GOTILWA+. Al Dr. Jordi Vayreda del CREAF per explicar-nos com realitzar un estudi de camp i prestar-nos bibliografia pel nostre treball. Al Sr. Ignasi Amat, director de la Fundació Integra Pirineus per les dades proporcionades i la seva amabilitat a l'entrevista. Al Dr. Carles Martínez per l'orientació donada als inicis del projecte.

Per acabar donar les gràcies a les parelles, famílies i amics per la seva paciència i suport moral al llarg del projecte.

“La leña que se cortó en mil días puede quemarse en uno solo”

Maneka Gandhi

ÍNDEX

1. Antecedents 9

1.1. Context general de la Vall d'Alinyà 10

1.1.1. Situació geogràfica 10

1.1.2. Context socioeconòmic 11

1.1.3. Medi físic 12

1.2. La vegetació a la Vall d'Alinyà 14

1.2.1. Descripció dels boscos d'Alinyà 14

1.2.2. Característiques del *Pinus sylvestris* 16

1.3. Gestió forestal 20

1.3.1. Treballs forestals de millora 21

1.3.2. Història de la gestió forestal a la Vall d'Alinyà 21

1.4. La captura de CO_2 i la seva gestió 24

1.4.1. CO_2, canvi climàtic i ecosistemes forestals 24

1.4.2. Mecanismes de reducció d'emissions: els mercats de carboni 26

1.4.3. Protocols i normatives desenvolupades al mercat voluntari de carboni 30

1.5. El projecte Operació CO_2 a la Vall d'Alinyà 32

1.5.1. Líneas de treball del projecte a la Vall d'Alinyà 33

1.6. Altres projectes relacionats amb la captura de carboni 37

2. Justificació del projecte 39

3. Objectius 42

4. Metodologia 44

5. Resultats i discussió 54

5.1. Caracterització de la massa forestal 55

5.1.1. Anàlisi qualitatiu de la biodiversitat vegetal de la zona 55

5.1.2. Densitat i estructura del bosc 56

5.1.3. Biomassa i carboni inicial 74

5.2. Escenari 1: Proposta de la Fundació Integra Pirineus 79

5.2.1. Resultats i discussió de l'estudi del carboni 80

5.2.2. Resultats i discussió de l'estudi econòmic 88

5.3. Escenari 2: Proposta d'optimització de la fixació de carboni 93

5.3.1. Resultats i discussió de l'estudi del carboni 94

5.3.2. Resultats i discussió de l'estudi econòmic 103

5.4. Discussió i comparació dels dos escenaris 106

5.4.1. Discussió i comparació de carboni 106
5.4.2. Discussió i comparació econòmica 109
5.4.3. Anàlisi final 110
5.5. Escenari 3: proposta alternativa d'ecoeficiència 110
5.5.1. Resultats i discussió de l'estudi del carboni 111
5.5.2. Balanç econòmic de l'escenari ecoeficient. 116
5.6. Comparativa final dels escenaris 118
6. Conclusions 119
7. Propostes de millora 122
8. Bibliografia 130

PETJADA DE CARBONI 135
PRESSUPOST 137
PROGRAMACIÓ 138
ANNEX I 139

ÍNDEX DE TAULES

Taula 1. Escenaris climàtics de la Vall d'Alinyà 14

Taula 2. Percentatge d'ocupació d'usos del sòl a la comarca de l'Alt Urgell..... 15

Taula 3. Anàlisi forestal de la comarca de l'Alt Urgell..... 16

Taula 4. Tipologia de certificats de drets d'emissió dels mercats de carboni 27

Taula 5. Estàndards per la certificació de reduccions de GEH i característiques 28

Taula 6. Espècies i proporcions utilitzades per la restauració de territoris degradats. 34

Taula 7. Espècies i proporcions d'aromàtiques utilitzades en l'absorció de CO_2. 35

Taula 8. Estructura general del projecte..... 53

Taula 9. Principals espècies observades a la Obaga de Colldéu 55

Taula 10. Taula resum de les densitats per parcel·les en funció de les classes diametrals (Obaga de Colldéu, novembre de 2014)..... 73

Taula 11. Distribució dels individus de *Pinus sylvestris* en classes diametrals diametrals (Obaga de Colldéu, novembre de 2014)..... 73

Taula 12. Alçades per classe diametral diametrals (Obaga de Colldéu, novembre de 2014)..... 74

Taula 13. Volum de la biomassa aèria del bosc de *Pinus sylvestris* diametrals..... 75

Taula 14. Biomassa Aèria Total inicial del bosc de *Pinus sylvestris* diametrals 75

Taula 15. Quantitat de carboni i CO_2 inicial capturat en el bosc de *Pinus sylvestris* en funció del mètode BAT..... 75

Taula 16. Variables edàfiques de la Obaga de Colldéu, 2013 i 2014 76

Taula 17. Mitjanes mensuals de Port del Compte pel període 2007-2013 78

Taula 18. Simulacions de la biomassa inicial de l'Obaga segons el model GOTILWA+. 79

Taula 19. Biomassa i carboni capturat en el bosc de *Pinus sylvestris* en funció del mètode GOTILWA+ 79

Taula 20. Simulacions de l'increment de carboni per hectàrea en 15 anys per l'aclarida del 31% 80

Taula 21. Carboni i CO_2 capturat en quinze anys en 15 hectàrees en el bosc de *Pinus sylvestris* en funció del mètode GOTILWA+ a l'escenari 1..... 81

Taula 22. Factor d'emissions dels combustibles convencionals emprats..... 82

Taula 23. Emissions resultants del procés de gestió forestal de la proposta de la FIP..... 84

Taula 24. Recorreguts parcials entre llocs clau del transport..... 84

Taula 25. Emissions corresponents als processos de transport de la proposta de la FIP..... 84

Taula 26. Emissions corresponents als processos de distribució de la proposta de la FIP..... 85

Taula 27.Emissions resultant del processos de tractament a la serradora a la proposta de la FIP 86

Taula 28. Emissions potencials de la trituradora a la proposta de la FIP 86

Taula 29. Emissions totals de CO_2 per procés de la proposta de la FIP 86

Taula 30. Ingressos obtinguts en l'explotació forestal 88

Taula 31. Cost de l'obertura de camins 89

Taula 32. Variables de la motoserra pel tallat dels arbres..... 89

Taula 33. Variables de la motoserra pel desbrancat dels arbres..... 89

Taula 34. Cost del tallat i desbrancat..... 89

Taula 35. Variables del tractor forestal pel desembosc..... 90

Taula 36. Cost del desembosc..... 90

Taula 37. Anàlisi dels costos del transport 91

Taula 38. Costos totals de la gestió forestal i transport facilitats..... 91

Taula 39. Balanç econòmic de la gestió forestal..... 93

Taula 40. Carboni i CO_2 capturat en quinze anys en les 15 ha gestionades en funció del mètode GOTILWA+ a l'escenari 2 98

Taula 41. Emissions resultants de la gestió forestal de la proposta d'optimització de la fixació de carboni..... 100

Taula 42. Emissions corresponents als processos de transport de la proposta d'optimització de la fixació de carboni 100

Taula 43. Emissions corresponents als processos de distribució de la proposta d'optimització de la fixació de carboni 101

Taula 44. Emissions resultant del processos de tractament a la serradora a la proposta d'optimització de la fixació de carboni 101

Taula 45. Emissions potencials de la trituradora a la proposta d'optimització de la fixació de carboni..... 101

Taula 46. Emissions totals de CO_2 de la proposta d'optimització de la fixació de carboni..... 102

Taula 47. Ingressos obtinguts en l'explotació forestal 103

Taula 48. Cost de l'obertura de camins 104

Taula 49. Cost del tallat i desbrancat..... 104

Taula 50. Cost de la retirada de troncs 104

Taula 51. Anàlisi dels costos del transport 105

Taula 52. Relació de proporcionalitat..... 105

Taula 53. Costos totals de la gestió forestal i transport 105

Taula 54. Relació de proporcionalitat..... 106

Taula 55. Balanç econòmic de l'escenari òptim..... 106

Taula 56. Comparació de les dades de fixació de carboni obtingudes amb l'aclarida a les dues propostes 107

Taula 57. Comparació de la fixació de CO_2 en 15 anys de les dues propostes segons el percentatge d'aclarida 107

Taula 58. Comparació de les dades d'emissions de CO_2 de les dues propostes..... 107

Taula 59. Comparació dels paràmetres de CO_2 de les dues propostes..... 108

Taula 60. Comparació dels ingressos de l'escenari de la FIP i l'escenari òptim de fixació de carboni..... 109

Taula 61. Comparació dels costos de l'escenari de la FIP i l'escenari òptim de fixació de carboni 109

Taula 62. Comparació del balanç econòmic de l'escenari de la FIP i l'escenari òptim de fixació de carboni..... 110

Taula 63. Resultats de les simulacions amb una aclarida del 14% 111

Taula 64. Carboni i CO_2 capturat en quinze anys en les 15 ha gestionades en funció del mètode GOTILWA+ a l'escenari 3 111

Taula 65. Emissions resultants del procés de gestió forestal de l'escenari d'ecoeficiència..... 112

Taula 66. Emissions corresponents als processos de transport de l'escenari d'ecoeficiència. 113

Taula 67. Emissions corresponents als processos de distribució de l'escenari de ecoeficiència 113

Taula 68. Emissions resultants dels processos de tractament a la serradora de l'escenari d'ecoeficiència..... 113

Taula 69. Emissions potencials de la trituradora a l'escenari d'ecoeficiència..... 114

Taula 70. Emissions totals de CO_2 per procés de l'escenari d'ecoeficiència 114

Taula 71. Ingressos obtinguts en l'explotació forestal en l'escenari ecoeficient 116

Taula 72. Cost de l'obertura de camins 116

Taula 73. Cost del tallat i desbrancat en l'escenari ecoeficient..... 116

Taula 74. Cost del desembosc de l'escenari ecoeficient..... 117

Taula 77. Anàlisi dels costos del transport 117

Taula 78. Costos totals de la gestió forestal i transport en l'escenari ecoeficient 117

Taula 79. Balanç econòmic de l'escenari òptim..... 118

Taula 80. Comparativa dels escenaris òptim i ecoeficient respecte l'escenari de referència (proposta de la FIP) 118

ÍNDEX DE FIGURES

Figura 1. Localització de la Vall d'Alinyà 10

Figura 2. Distribució de la població de Fígols i Alinyà per edats 11

Figura 3. Distribució orogràfica del pi roig a Catalunya 17

Figura 4. Mapa de distribució del pi roig a Europa 18

Figura 5. Mapa de distribució del pi roig a Catalunya 18

Figura 6. Distribució del pi roig a la Vall d'Alinyà 19

Figura 7. Estàndards per la quantificació d'emissions GEH 31

Figura 8. Zones de treball del projecte "Operación CO_2" 33

Figura 9. Zona d'estudi del nostre projecte (Obaga de Colldéu) 36

Figura 10. Metodologia de treball de camp 46

Figura 11. Angles α, β i γ per al càlcul de l'alçada de l'arbre mesurats amb clinòmetre. 47

Figura 12. Esquema dels inputs i outputs del programa GOTILWA+ 51

Figura 13. Àrea d'estudi dividida en parcel·les 56

Figura 14. Àrea d'estudi dividida en parcel·les 57

Figura 15. Distribució inicial dels individu de Pinus sylvestris en classes diametrals 76

Figura 16. Dades edàfiques de la Obaga de Colldéu 77

Figura 17. Generador meteorològic de GOTILWA+ 78

Figura 18. Obertura de camins a les 15 ha de l'Obaga de Colldéu gestionades per la FIP 83

Figura 19. Emissions de CO_2 per tipus de maquinària 87

Figura 20. Costos de la gestió forestal de la Obaga de Colldéu 90

Figura 21. Costos del futur projecte a la Obaga de Colldéu 92

Figura 22. Funció de gestió forestal del GOTILWA+ 95

Figura 23. Finestra principal del GOTILWA+ 95

Figura 24. Fixació de carboni respecte el percentatge d'aclarida 96

Figura 25. Gràfic de fixació de carboni amb línia de tendència. Font: Elaboració pròpia 97

Figura 26. Fixació de carboni respecte el percentatge d'aclarida 97

Figura 27. Evolució de la fixació per hectàrea amb l'aclarida del 37% en 15 anys 98

Figura 28. Fixació total de CO_2 incrementada per la nostra proposta d'optimització (respecte al bosc sense gestionar) 99

Figura 29. Emissions de CO_2 per tipus de maquinària 102

Figura 30. Emissions de CO_2 per tipus de maquinària 115

1. Antecedents

1.1. Context general de la Vall d'Alinyà

Per a entendre el projecte primerament és bàsic situar-lo en tots els àmbits possibles per a que quedi el màxim definit possible. Per a fer-ho, primer de tot es situarà la Vall d'Alinyà ja que és la zona on es realitzarà el projecte. Seguidament definirem la situació socioeconòmica de la mateixa. A continuació es descriu el medi físic, les comunitats arbustives de la zona i les gestions forestals portades a terme a l'espai. Finalment analitzarem el mercat de carboni i exposarem la Operació CO_2.

1.1.1. Situació geogràfica

La zona d'estudi es troba situada al terme municipal de Fígols i Alinyà, a la comarca de l'Alt Urgell amb una superfície 102,24 km^2 (veure Figura 1). El terme de Fígols ocupa una expansió de 39,75 km^2 mentre que el terme d'Alinyà ocupa 62,49 km^2, annexat al primer al 1972. El terme limita al N amb l'enclavament de Baridà del Pla de Sant Tirs i el terme de Noves de Segre, al NE amb el Pla de Sant Tirs i a l'E amb Lavansa i Fórnols, al S amb les terres d'Odèn (Solsonès) i a ponent amb Coll de Nargó, Organyà i Cabó.

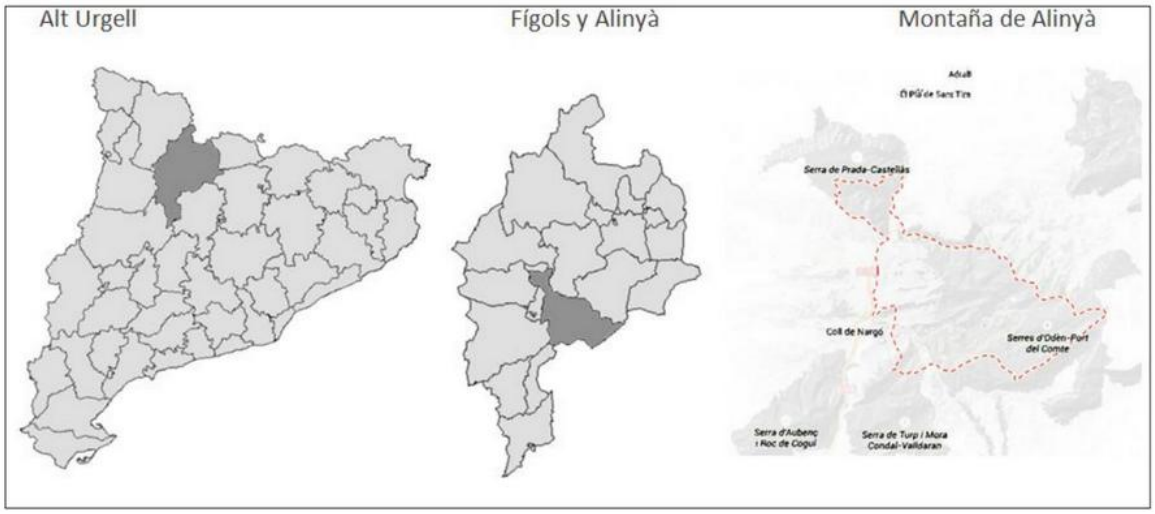


Figura 1. Localització de la Vall d'Alinyà. **Font:** Membrive *et al.*, 2014.

La Vall d'Alinyà està formada en la seva major part per l'Espai Natural Muntanya de Alinyà, que correspon a una finca privada (la més gran de Catalunya), adquirida al 1999 per la Fundació Catalunya-La Pedrera. Aquesta fundació és la encarregada de gestionar l'espai i el seu objectiu és desenvolupar la recerca, contribuir en la millora de la gestió d'aquest espai i transmetre els resultats obtinguts al conjunt de la societat (Membrive *et al.*, 2014).

L'antic terme d'Alinyà forma part de la conca hidrogràfica del riu Perles i la petita vall del riu Canelles (afluent del riu Perles). Les dues zones es troben separades per una carena muntanyosa i les dues valls es comuniquen únicament pel coll de la Maçana.

Al terme de Fígols i Alinyà hi pertanyen diversos pobles. D'aquests Fígols d'Organyà és el més important. En trobem d'altres com Alinyà, l'Alzina d'Alinyà, Canelles de Segre i Perles, a part dels veïnats, caseries i llogarets de menor importància com Llobera, Voloriu o Romanius. La

comunicació es realitza a través de la carretera C-1313, que segueix el curs del Segre i de la qual neix una carretera local que condueix a Alinyà per Canelles.

1.1.2. Context socioeconòmic

La població de Fígols i Alinyà a l'any 2013 era de 267 habitants. Tal i com es pot observar a la Figura 2 , la població està clarament envellida ja que la població jove representa un 10,1% del total i aquella que es troba en edat de treballar representa un 56,9%. La tercera part dels habitant són majors de 65 anys i, per tant, ja estan jubilats (Idescat, 2013).

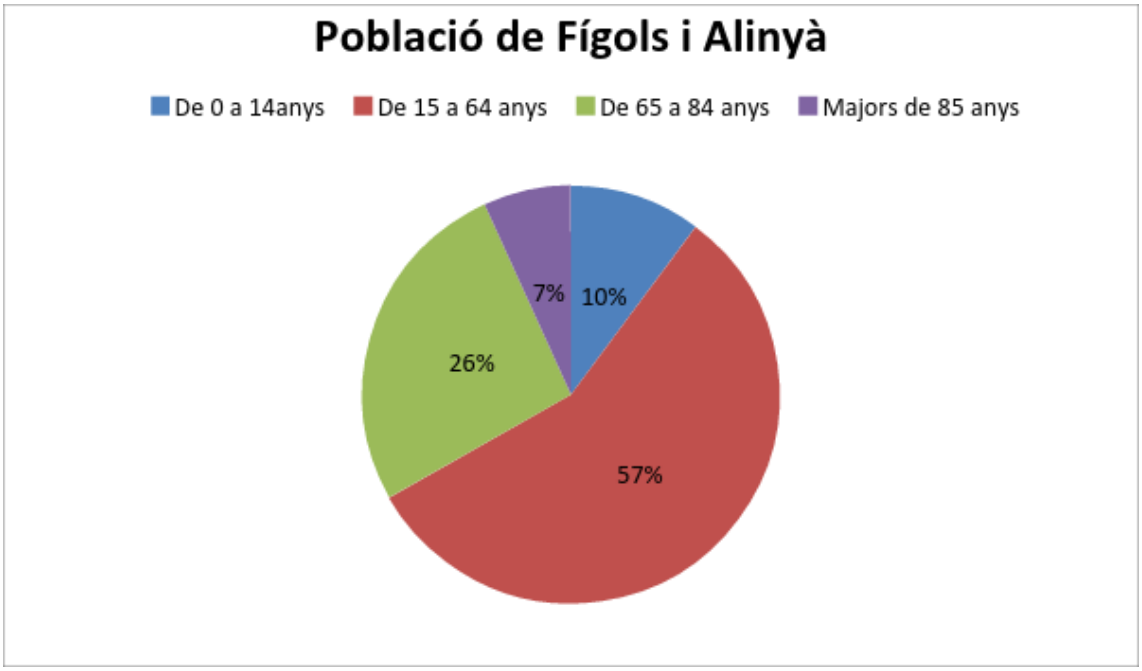


Figura 2. Distribució de la població de Fígols i Alinyà per edats. **Font**: Idescat, 2013.

La població, en els darrers 15 anys, ha disminuït un 13% (Idescat, 2013). Aquest fet és atribuït al fenomen de l'èxode rural que va sorgir a mitjans del S.XX i que ha afectat a tota la zona del Pirineu i Prepirineu català.

Abans que es produís l'abandonament de les zones rurals, l'economia estava basada en la ramaderia i l'agricultura d'autosuficiència, deixant en un segon pla el comerç que es limitava a vendre els excedents agrícoles i els pocs productes ramaders.

La despoblació rural s'atribueix a la revolució industrial ja que va provocar l'aparició de noves oportunitats laborals a les ciutat més importants del temps amb el sorgiment del sector industrial i noves oportunitats de benestar social amb l'accés a nous serveis i equipaments (Camarero, 1993). Aquesta despoblació també s'explica pel canvi de visió en l'agricultura ja que es passa de l'agricultura autosuficient i d'autoconsum a una agricultura encarada a la producció amb una visió purament econòmica (Soriano, 1994).

Si als fets exposats anteriorment se li suma la concentració de nuclis propers amb accés a nous serveis i amb millor vies de comunicació amb les ciutats o pobles amb una activitat econòmica més elevada, es genera un canvi significatiu a l'economia de la zona i explica l'abandonament

dels camps que té com a conseqüència un canvi en el paisatge i una pèrdua del mosaic paisatgístic ja que la manca de la gestió dels camps obra la porta a l'ocupació d'aquests per part dels boscos contigus (Torró,1990).

Actualment la principal activitat econòmica continua sent el sector primari el qual ven els seus productes als mercats de municipis propers importants com el de La Seu d'Urgell, seguit per els serveis dedicats a la restauració, al turisme rural i la venta al detall. Part de la població activa treballa a las indústries situades a pobles propers.

1.1.3. Medi físic

Un cop situada geogràficament la Vall d'Alinyà, a continuació ens centrarem en aspectes físics més concrets d'aquesta que són claus per entendre les condicions en les quals creixen els boscos. Per tant analitzarem els elements geològics generals, estudiarem amb major profunditat els tipus de sòls i acabarem caracteritzant la climatologia i els escenaris climàtics concrets que s'hi poden trobar.

- **Geologia**

La Vall d'Alinyà és una regió sud-pirinenca que correspon a l'extrem nord-est de la falla del Segre. A la zona es contraposen dos compartiments: un a l'oest que pertany a la unitat sud-pirinenca central i l'altre, a l'est, correspon a la zona de la zona tectònica del Pedraforca (Ullastre *et al*., 1990; Ullastre & Masriera, 1996) en la qual incloem el massís de Port del Compte i les escates tectòniques d'Alinyà-tuixén-la Coma.

- **Sòls**

A la Vall d'Alinyà s'han definit tres grans paisatges de sòls: les plataformes dominants, els vessants dominants per aquestes i els vessants de les zones més baixes de la vall.

Les plataformes dominants constitueixen les divisòries d'aigües situades per sobre dels 1.600 o 1.700 m. d'altitud. En general, es tracta de divisòries planes més o menys amples (muntanya d'Alinyà-Port del Compte; Vernús-coll d'Ares-coll de Fumers; roc de Galliner). Estan constituïdes per roques carbonatades, principalment calcàries i, en menor proporció, conglomerats i arenites. El modelat del terrenys combina morfologies càrstiques[1].

Les vessants dominants per aquests sistemes càrstics tenen pendents forts, en general superiors al 30% i, sota la influència dels afloraments massius de calcàries que es troben a les parts més altes, estan recoberts per dipòsits detrítics grollers d'origen periglacial, amb clasts carbonàtics. En aquests vessants es troben localitzats inceptisòls[2] amb grans acumulacions

[1] Regió de roca calcària o dolomítica i d'altres roques solubles on s'ha produït el desenvolupament de formes específiques de relleu causades per processos de dissolució i d'erosió superficial i subterrània (avencs, cavernes, rasclers, dolines, etc.), amb un drenatge dominantment subterrani. Font: Termcat.

[2] Sòl poc desenvolupat, però que ja presenta un horitzó B d'alteració (càmbic), i que es pot donar en tots els règims de clima del sòl, excepte l'arídic. Font: Termcat.

secundàries de carbonats profunds, amb elements grossos abundants, i generalment carbonatats.

Els vessants de les zones més baixes de la vall (Perles-Alinyà; Aïnat; Aïnat-serrat Gros) que queden fora de la influència dels afloraments de calcàries, si bé poden tenir cobertes de sediments grossos d'origen local, estan més influenciats per les formacions geològiques profundes (calcàries, lutites, arenites i conglomerats).

Com a trets singulars d'interès ambiental destaquen la presència de sòls amb horitzons petrocàlcics a vessants de fort pendent i de sòls amb horitzons superficials amb contingut de matèria orgànica elevats.

Per tal de millorar la conservació ambiental dels sòls de la zona d'estudi és necessari la restauració i manteniment dels murs de pedra i dels sistemes de drenatge dels camps de cultiu abandonats.

- **Climatologia**

A la Vall d'Alinyà trobem un clima que es troba a cavall entre dues regions europees: la regió eurosiberiana i la regió mediterrània; per aquest motiu es parla de clima prepirinenc.

La pluviometria de la zona ve marcada per les precipitacions convectives a l'estiu i els sistemes frontals que travessen la Vall durant la primavera i la tardor. Les precipitacions, de mitjana, estan compreses entre 600 mm i els 1.100 mm amb valors màxims a l'estiu i primavera. L'hivern, per contra, és l'estació més seca.

Les temperatures mitjanes es situen entre els 8ºC i 12ºC. A l'hivern, per sobre dels 1500 m d'altitud, són freqüents les nevades y les gelades encara que, tan sols en moments puntuals, s'arriba a valors sota zero. En referència al balanç hídric, la sequera no és un fenomen important a la zona, tot i que poden aparèixer en orientacions sud i en sòls poc desenvolupats.

La Vall és un espai on podem trobar fins a cinc escenaris climàtics diferents caracteritzats segons el pendent i l'orientació que són descrits a la taula següent (veure Taula 1).

Taula 1. Escenaris climàtics de la Vall d'Alinyà.

Escenari climàtic	Altitud	Orientació	Característiques
Submediterrani subhumit	600 m de mitjana	Sud (Solana)	Escenari més continental. Precipitacions de 650 mm/any. Inversions tèrmiques durant l'hivern.
		Nord (obaga)	
Submediterrani humit	1.200 m de mitjana	Sud (Solana)	Temperatures mitjanes de 12ºC. Precipitacions superiors a 1.000 mm/any.
		Nord (obaga)	
Eurosiberià temperat	1.800 m	Cim	Temperatures mitjanes de 7ºC. Precipitacions superiors a 1.000 mm/any.

Font: Elaboració pròpia.

1.2. La vegetació a la Vall d'Alinyà

L'estudi de la vegetació a Alinyà és un aspecte clau per a la realització del nostre treball. En aquest apartat descriurem la vegetació arbòria present a la Vall d'Alinyà i analitzarem les característiques i la importància que té l'espècie clau del nostre projecte, el *Pinus sylvestris*, pel que fa a la seva capacitat d'embornal i l'explotació de la seva fusta. Posteriorment, explicarem com s'ha realitzat la gestió de la vegetació de la zona per veure en quin punt ens trobem de cara a realitzar la nostra proposta de treball.

1.2.1. Descripció dels boscos d'Alinyà

A la Vall d'Alinyà s'hi poden veure representades comunitats forestals de les tres grans regions fitogeogràfiques d'Europa Occidental.

A l'estatge basal hi trobaríem representada la vegetació corresponent a la terra baixa mediterrània, amb un predomini dels carrascars (*Quercetum rotundifoliae*). Aquests es troben a les zones més càlides, seques i rocoses de la serralada Pirinenca, i es poden arribar a estendre fins als 1600 metres.

A la muntanya mitjana hi trobem la vegetació corresponent a la regió eurosiberiana. A l'estatge submontà s'observen comunitats submediterrànies formades per roures de fulla petita (*Quercus faginea ssp. faginea*), pinassa (*Pinus nigra ssp. salzmannii*) o roure martinenc (*Quercus pubescens*). Pel que fa a l'estatge montà, es caracteritza per una clara absència de

vegetació caducifòlia i una domini de boscos de pi roig (*Pinus sylvestris*), els quals poden arribar fins els 1800 metres.

La transició dels boscos de pi roig (*Pinus sylvestris*) als boscos de pi negre (*Pinus uncinata*) indica el pas de la muntanya mitjana eurosiberiana a l'alta muntanya boreoalpina. D'aquesta manera, l'estatge subalpí està format per boscos de pi negre, mentre que a l'estatge alpí desapareix la vegetació arbòria i hi predominen els prats alpins xeròfils[3] (Soriano *et al.*, 2004).

A la Vall d'Alinyà, com es pot observar a la Taula 2, la principal coberta del sòl és bosc. Aquesta ocupa un 57,7% de sòl, el que representa més de la meitat del municipi. Comparant el valor amb la resta de la comarca, la superfície de bosc en termes relatius és pràcticament idèntica. A més, a la Taula 3, podem apreciar la importància del pi roig a la Vall d'Alinyà, ja que és l'espècie amb més peus arboris.

Taula 2. Percentatge d'ocupació d'usos del sòl a la comarca de l'Alt Urgell.

Municipi	Bosc		Matollars	Prats	Altres	Improductiu		Conreus	Total (ha)
	dens	clar				natural	artificial		
Alàs i Cerc	62,33	2,21	12,04	2,53	0	2,38	1,13	17,39	5.706
Arsèguel	71,62	0,39	12,13	1,18	0	1,34	0,95	12,38	1.052
Bassella	54,48	0,36	18,08	0,69	0	0,91	1,50	23,99	7.080
Cabó	54,87	4,03	23,85	3,48	0	5,17	0,54	8,05	7.951
Cava	61,44	0,86	14,65	5,29	0	7,79	0,50	9,47	4.205
Coll de Nargó	60,65	3,16	20,39	3,16	0,01	3,96	0,90	7,77	15.372
Estamariu	64,04	1,47	13,89	5,52	0	0,72	1,02	13,35	2.139
Figols i Alinyà	56,06	1,66	22,20	3,19	0	3,29	1,39	12,22	10.224
Josa i Tuixén	46,16	1,30	28,17	14,25	0	2,24	1,21	6,68	6.843
Montferrer i Castellbó	65,93	1,75	15,41	4,59	0	0,59	1,29	10,45	17.746
Oliana	49,20	1,27	19,03	0,20	0	6,95	1,63	21,72	3.192
Organyà	32,93	1,17	16,81	0,24	0	7,40	4,22	37,22	1.154
Peramola	52,98	0,62	22,79	1,09	0,07	4,36	0,58	17,51	5.558
el Pont de Bar	63,17	0,63	9,43	7,91	0	1,97	1,26	15,64	4.300
Ribera d'Urgellet	63,29	3,13	15,41	1,05	0	0,83	2,38	13,91	10.489
la Seu d'Urgell	26,38	0,98	4,49	1,50	0	1,27	10,19	55,20	1.489
la Vansa i Fórnols	55,73	2,30	22,70	6,16	0	2,52	1,34	9,24	10.639
les Valls d'Aguilar	46,09	0,71	26,44	16,26	0	2,34	0,66	7,49	12.453
les Valls de Valira	54,15	1,25	11,64	19,70	0	3,69	0,57	8,99	17.093
Alt Urgell	**56,64**	**1,80**	**18,53**	**6,89**	**0**	**2,84**	**1,23**	**12,08**	**144.685**

Font: Inventari Ecològic i Forestal de Catalunya, CREAF[4].

[3] Dit dels organismes i de les comunitats que viuen en medis secs. Font: diccionari.cat

[4] Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals.

Taula 3. Anàlisi forestal de la comarca de l'Alt Urgell.

Municipi	Existències (milers de peus)	AB (m^2/ha)	Espècie(s) principal(s)	Dens spppal (peus/ha)	n
Alàs i Cerc	4.704	23,1	*Pinus sylvestris*	859	39
Bassella	5.760	17,2	*Pinus nigra*	1.190	38
Cabó	5.783	21,3	*Pinus sylvestris / Pinus nigra*	874 / 1.153	43
Cava	2.288	26,3	*Pinus sylvestris*	1.087	19
Coll de Nargó	10.873	18,3	*Pinus nigra / Pinus sylvestris*	1.011 / 822	87
Estamariu	1.885	25,2	*Pinus sylvestris*	900	13
Figols i Alinyà	5.463	20,5	*Pinus sylvestris / Pinus nigra*	786 / 698	51
Josa i Tuixén	3.872	33,0	*P. sylvestris / Pinus uncinata*	776 / 910	36
Montferrer i Castellbó	17.285	26,8	*Pinus sylvestris*	900	122
Oliana	2.671	21,0	*Pinus nigra*	1.252	16
Peramola	3.134	16,7	*Pinus nigra*	1.005	24
el Pont de Bar	3.699	25,8	*Pinus sylvestris*	1.043	28
Ribera d'Urgellet	7.191	18,0	*Pinus sylvestris / Pinus nigra*	874 / 862	55
la Seu d'Urgell	492	10,1	*Quercus humilis / Q. ilex*	402 / 1.013	5
les Valls d'Aguilar	12.004	29,3	*Pinus sylvestris*	804	87
les Valls de Valira	5.343	22,5	*P. sylvestris / Pinus uncinata*	1.234 / 987	52
la Vansa i Fórnols	5.471	26,3	*Pinus sylvestris*	811	47

Font: Inventari Ecològic i Forestal de Catalunya, CREAF.

A continuació s'expliquen els paràmetres que s'observen a la Taula 3:

- Existències: nombre de peus arboris sense diferenciar entre espècies.
- AB: valor mitjà de l'àrea basal de totes les espècies presents.
- Espècie principal: espècie o espècies dominants més abundants al municipi.
- Dens. Spppal: densitat poblacional de l'espècie corresponent.
- n: nombre d'estacions mostrejades al municipi.

Analitzant les taules anteriors s'evidencia la gran superfície de bosc que presenta el municipi segons les diferents cobertures del sòl (57,7%) i la densitat en la que trobem aquesta espècie al municipi (786 peus/ha). El pi roig presenta la densitat més elevada de les espècies de la zona. Aquestes característiques defineixen la importància dels boscos al municipi i de l'espècie arbòria central d'aquest projecte.

1.2.2. Característiques del *Pinus sylvestris*

El pi roig *(Pinus sylvestris*) o pi rojalet és una espècie arbòria conífera[5] de la família *Pinaceae*. Aquesta espècie conforma les pinedes boreals i les pinedes submediterrànies, tot i que també poden formar part de pinedes mediterrànies. És un arbre de caràcter robust que necessita llum i que presenta un major creixement a zones sense vegetació. Acostuma a créixer en terreny silícic tot i que també pot aparèixer en zones calcàries.

En condicions favorables, aquest tipus d'arbre, pot arribar fins als 40 metres d'alçada, tot i que sovint, a causa de l'explotació del bosc o de limitadors naturals només assoleix alçades d'entre 10 i 20 metres. El tronc és cilíndric i dret, retorçat només si creix entre roques o bé mor de l'acció mecànica del vent. L'escorça de les branques gruixudes i de la part més elevada del tronc presenta un color rogenc, mentre que la part inferior del tronc és més marronosa. Això, es deu a que aquesta, a mesura que envelleix, es desprèn en làmines primes que deixen al descobert aquest color ataronjat.

[5] Classe de gimnospermes constituïda per plantes llenyoses de tronc ramificat, de fulles petites, sovint articulars, i de flors d'estams esquamiformes o peltats, que comprèn dos ordres, el de les pinals i el de les taxals. Font: diccionari.cat

Presenten acícules[6] perennes, rígides i punxents, que es troben agrupades de dos en dos i que romanen tres o quatre anys a l'arbre. Aquestes presenten una longitud que oscil·la entre els 3 i els 7 cm de mitjana i un color verd blavís, tret que destaca especialment quan creix en companyia d'altres pins (pinassa, pi negre). La capçada és estreta, cònica, amb la ramificació força regular i verticil·lada en els exemplars joves, i es va tornant irregular en els individus vells, que acumulen brancam i fullatge al terç superior de l'arbre.

Floreix a la primavera, entre el maig i el juny. Les flors masculines són de color groguenc i excepcionalment rosades. Les inflorescències femenines, en canvi, són púrpures i petites. Les pinyes del pi roig són petites i punxegudes i presenten un petit peduncle que les uneix a la branca. Normalment són de forma simètrica, tot i que poden ser lleugerament asimètriques.

- **Distribució del pi roig**

El pi roig es troba distribuït per tot el continent europeu, des d'Andalusia fins a l'estepa siberiana. Com més al sud, però, es comporta com una espècie muntanyenca. La seva presència en els territoris atlàntics és escassa ja que li costa sobreviure en climes oceànics i temperats alhora.

El trobem a la regió biogeogràfica Eurosiberiana, a la part més elevada de l'estatge montà (entre els 1000 i 1800 metres d'altitud) i configura el paisatge de la muntanya mitjana. Tot i que la seva dominància es dóna a partir dels 1200 metres fins als 1800 ja esmentats també pot estar situat entre els 800 i 1800 metres en la seva majoria (veure Figura 3).

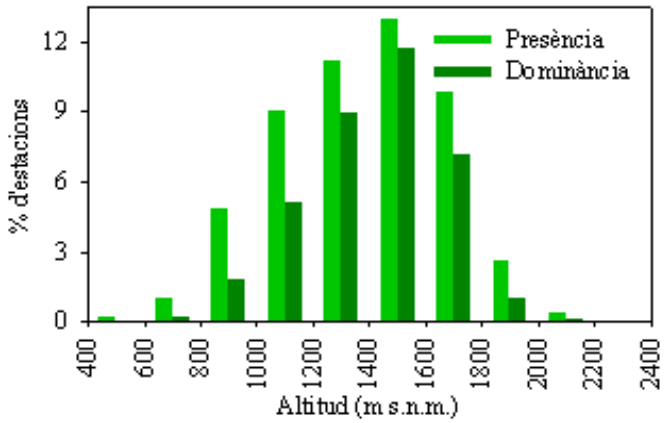


Figura 3. Distribució orogràfica del pi roig a Catalunya. **Font**: Inventari Ecològic i Forestal de Catalunya, CREAF.

Dins de la Península Ibèrica el pi roig viu a diverses zones com el Sistema Central o algunes poblacions aïllades a Sierra Nevada (on troba el seu límit sud-occidental), Sierra de Gredos o a la serralada Cantàbrica (veure Figura 4). La població més important de pi roig a la Península es troba situada al Pirineu i Prepirineu català (veure Figura 5), on es donen les condicions climàtiques més adequades per al seu desenvolupament, tot i que també viu a les serres prelitorals. Les pinedes de pi roig predominen en els paisatges forestals de l'estatge montà de bona part dels Prepirineus, així com de les parts altes del massís del Port i de les muntanyes de

[6] Espina, fulla, cristall, semblant a una agulla. Font: Institut d'Estudis Catalans.

Prades. Aquests boscos tenen força afinitat amb els de les grans àrees forestals de l'Europa Boreal. A Catalunya trobem dues varietats de pi roig, la varietat *catalunica* i la varietat *pirinaica* (Gaussen *et al.*, 1964).

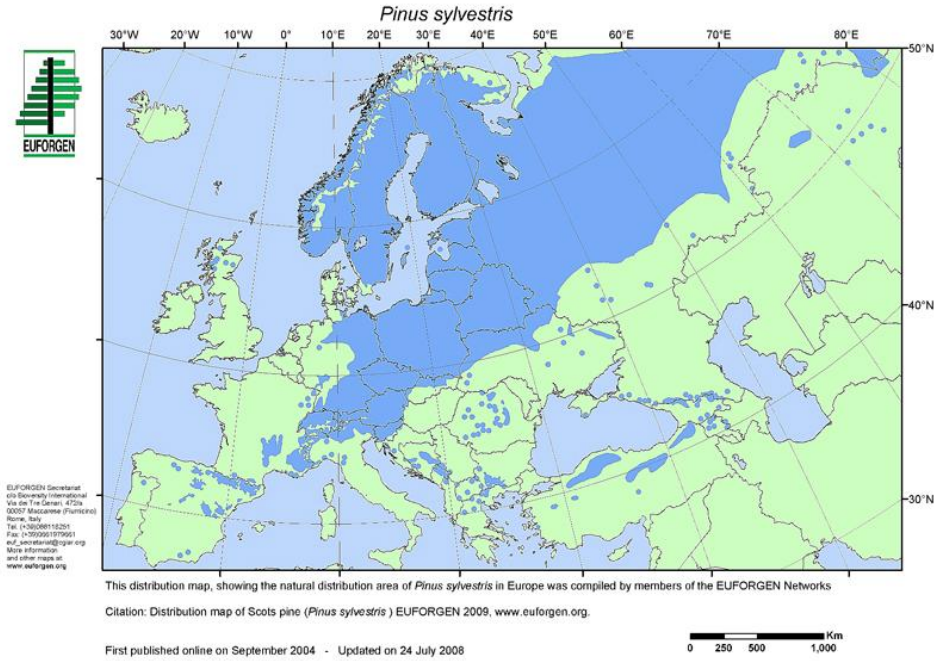


Figura 4. Mapa de distribució del pi roig a Europa. **Font:** EUFORGEN, 2009.

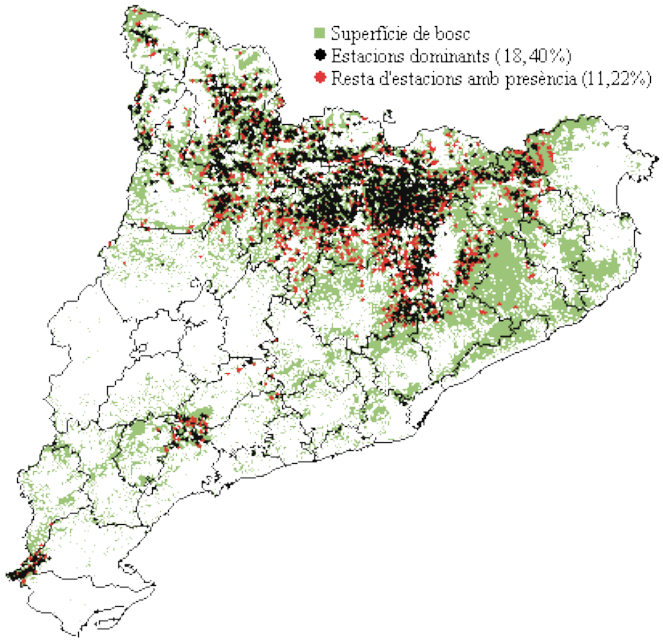


Figura 5. Mapa de distribució del pi roig a Catalunya. **Font:** Inventari Ecològic i Forestal de Catalunya, CREAF.

Tal i com es pot comprovar a la Figura 6, dins de la Vall d'Alinyà el pi roig el situem a la part més sud-occidental i nord-occidental de la zona.

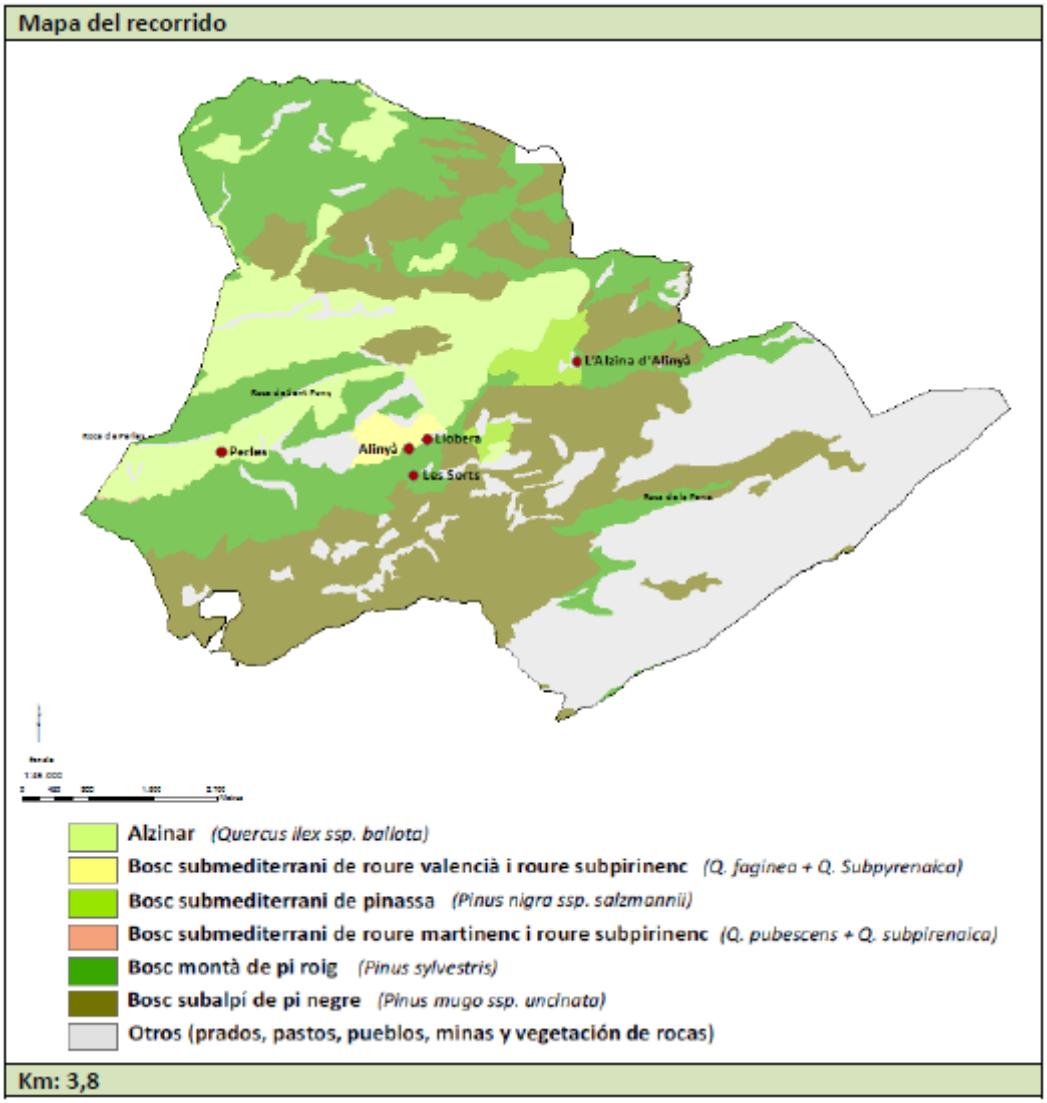


Figura 6. Distribució del pi roig a la Vall d'Alinyà. **Font**: Membrive *et al.*, 2014.

- **<u>Condicions favorables de creixement</u>**

Al tractar-se d'un arbre de la zona montana, les temperatures en les què es troba són entre els 6 i 10 graus de mitjana anual. En quant a la precipitació, el pi roig necessita, com a mínim, 400 mm anuals per a sobreviure, tot i que acostuma a trobar-se en zones amb molta més precipitació (entre 650-700 mm). Viu en sòls poc evolucionats, indiferent al pH i prefereix terrenys rics en matèria orgànica i permeables.

- **<u>Ús final de la fusta</u>**

La fusta del pi roig és compacta i resinosa, de color blanc-groguenc i es caracteritza per tenir anells molt marcats a l'estiu. (Hermoso *et al.*, 2001).

El torn de producció està entre 100-120 anys amb el que s'aconsegueix un diàmetre de 35-50 cm. Per a la obtenció de bona qualitat i alt preu s'ha d'augmentar el torn fins als 120-140 anys, tot i que si s'allarga tant el torn, el risc d'aparició de fongs augmenta.

La fusta del pi roig és la fusta de pi més preuada a la Península Ibèrica degut a la rectitud dels fusters. La fusta s'utilitza per fusteria, ebenisteria, construcció,etc. A més a més la fusta de pi roig és bona com a combustible.

- **Importància com a embornal**

Un embornal és qualsevol procés, activitat o mecanisme que retira de l'atmosfera un gas d'efecte hivernacle, un aerosol o un precursor de gasos d'efecte hivernacle per un període de temps rellevant climàticament (Duarte *et al.*, 2009). Al tractar-se d'un procés molt important s'ha d'intentar afavorir els boscos per a què en capturin el màxim possible. El pi roig és un dels arbres que més intervé en aquesta funció ja que té una presència molt notòria a Catalunya i l'arbre que més creixement presenta anualment (563 milers m^3/any). La capacitat d'embornal del pi roig és de 1,24 t C/ha/any (Banqué *et al.*, 2013). Aquesta és propera a la capacitat de carboni dels boscos d'Alinyà, de 1,2-1,3 t C/ha/any, però és superior a la mitjana catalana de 1,1 t C/ha/any i inferior a la mitjana espanyola, que és de 1,4 t C/ha/any. En d'altres estudis, es poden observar dades de capacitat d'embornal del *Pinus sylvestris* són més elevades, de l'ordre de 1,45 t C/ha/any, que ha augmentat davant escenaris de gestió fins a 1,55 t C/ha/any, però que ha disminuït davant escenaris de no gestió a xifres del voltant de 1,3 t C/ha/any (Vayreda *et al*., 2012).

En l'informe del IPCC[7] de 2013, que analitza les variacions de temperatures en el període 2016-2035 respecte del 1986-2005, defensa que a Espanya es produiran augments a l'estiu d'una forma repartida i que aquests només es produiran a l'hivern a la zona del Pirineu i Prepirineu. Si creuem aquestes dades amb l'anàlisi del projecte DeBosCat[8], que destaca que les anomalies de temperatura a l'hivern afecten més al *Pinus sylvestris* que les anomalies a l'estiu, trobem que el desenvolupament de l'estació hivernal serà clau per a l'espècie. Aquest estudi afirma que el pi roig és la conífera més afectada en termes de mortalitat en l'actualitat. El mapa d'idoneïtat climàtica actual per a l'espècie permetria situar la distribució geogràfica d'aquesta en un 41,7% de la superfície de Catalunya, mentre que a finals de segle només podria estar distribuïda en el 14,2% de la superfície de Catalunya tenint en compte, només, aspectes climàtics.

1.3. Gestió forestal

La gestió forestal és aquell procés o conjunt de pràctiques que té com a objectiu l'aprofitament, millora o conservació de la finca tractada.

Una bona gestió del bosc resultarà en una major sostenibilitat d'aquest, tot mantenint el seu valor ambiental al llarg del temps. També pot aportar beneficis com la prevenció d'incendis o un increment de la biodiversitat.

[7] *Intergovernmenta Panel on Climate Change.*
[8] Decaïment dels Boscos de Catalunya.

Els treballs forestals poden anar encaminats a una millora de la finca o, més aviat, a un aprofitament econòmic d'aquesta.

1.3.1. Treballs forestals de millora

Dins dels treballs de millora hi ha (Farriol *et al.*, 2010):

- Les estassades, que consisteixen en la tallada total o parcial de l'estrat arbustiu i/o herbaci.
- Les podes de les branques dels arbres. Aquest procés pot tenir finalitats de millora de la qualitat de la fusta, ornamentals o sanitàries.
- La selecció de tanys[9], amb la qual s'aclareixen els diferents rebrots d'una soca amb la finalitat de potenciar els brots que queden en peu.
- Les aclarides, mitjançant les quals es controla la densitat d'un bosc regular per a potenciar el creixement i vitalitat dels arbres restants.
- Les tallades sanitàries, on s'extreuen els arbres morts o malalts amb símptomes d'alguna infecció o plaga o afectats per les condicions ambientals adverses.

Aquest treball es centra en la gestió d'aclarides, ja que el bosc de pi roig estudiat presenta una alta densitat arbòria. Les aclarides, depenent de la massa on s'apliquen, es poden dividir en aclarides de plançoneda o de millora.

Les primeres es duen a terme en masses joves que es troben en els seus primers estadis de desenvolupament. D'aquestes intervencions no se'n extreuen productes fusters, però ajuden a millorar el futur creixement i estabilitat de la massa.

Les aclarides de millora són intervencions a masses forestals madures que tenen com a objectiu millorar l'estabilitat i qualitat de la massa, eliminar els peus mal formats o obtenir productes fusters amb valor comercial. Aquesta tala selectiva dels arbres resultarà en una obertura del bosc, fet que afavorirà el desenvolupament dels plançons. A llarg termini, els arbres disposaran de prou recursos hídrics i lumínics com per a créixer amb un major diàmetre i altura, obtenint-se així un bosc de major qualitat. Cal mencionar que és el tipus d'aclarida que es durà a terme a l'Obaga de Colldéu i constitueix l'eix principal d'aquest projecte.

1.3.2. Història de la gestió forestal a la Vall d'Alinyà

La gestió forestal que s'ha portat a terme des de mitjans del segle XX fins a l'actualitat deixa en evidència que tant les administracions governamentals com diferents institucions han donat valor a tots els aspectes que hem exposat en anterioritat i que per tant era necessari actuar per salvaguardar-lo de les possibles agressions de l'home. Aquesta gestió dels boscos és molt important en la actualitat per la seva contribució a la mitigació del canvi climàtic i dels creixents impactes de la societat actual en el medi ambient. L'administració i protecció de l'entorn s'ha anat construint paulatinament i, seguidament, s'exposaran totes aquestes mesures començant per explicar en què consisteix el *Laudo Arbitral* dictaminat a mitjans del passat segle. A continuació es detallen les mesures de protecció executades per la Generalitat

[9] Rebrot que surt a la soca d'un arbre. Font: Institut d'Estudis Catalans.

de Catalunya i finalment destacarem la funció de la Fundació Catalunya-La Pedrera. En el apartat 1.4 es farà referència en quin projecte general està treballant aquesta fundació per gestionar la zona a l'actualitat i posarem sobre la taula en què consisteix el nostre projecte específic.

- ***Laudo Arbitral***

El *Laudo Arbitral* és un document que va ser redactat el 1950 que té un valor equivalent a la d'una sentència judicial en el qual es troben redactats els drets dels veïns d'Alinyà i Perles sobre els boscos:

  - Pasturar amb bestiar propi.
  - Llenyar per a consum propi.
  - Talar arbres per a obtenir fusta amb la finalitat de reparar o construir un edifici propi dins el terme municipal però mai per finalitats comercials.

I pel que fa a la resta del terme, el document concreta que:

  - Els veïns dels pobles respectius tenen dret a tallar llenya exclusivament per als seus propis usos.
  - Tindran dret a pasturar només els ramats propis.
  - Tota persona que deixi la terra 3 anys sense cultivar, perdrà el seu dret i qualsevol altre veí podrà procedir a roturar el tros amb els mateixos drets i condicions.
  - Queden exclosos del dret de rompuda aquelles parts que tradicionalment s'han respectat per a pastures. (Tort, 2004).

- **Figures de protecció de la vall d'Alinyà per part de la Generalitat de Catalunya**

La Generalitat de Catalunya ha portat a terme tres accions per protegir la vall d'Alinyà que les exposem seguidament.

  - Xarxa Natura 2000

La Xarxa Natura 2000 és la iniciativa política europea més important de conservació de la natura. Es tracta d'una xarxa europea d'espais naturals que té com a objectiu fer compatible la protecció de les espècies i els hàbitats naturals i que es mantingui un bon estat de conservació dels hàbitats i espècies i evitar-ne el seu deteriorament amb l'activitat humana que s'hi desenvolupa.

La dotació d'un marc legal ha permès la garantia de la protecció del patrimoni natural i salvaguardar aquells hàbitats i espècies que millor el representen.

La Xarxa Natura 2000 es compon de dos tipus d'espais:

  - Zones Especial de Conservació designades pels estats membre d'acord amb l'article 4.4 de la Directiva d'hàbitats.

- Zones d'Especial protecció per a les aus designades directament per la Generalitat de Catalunya.

La delimitació d'aquests espais provoca que les activitats agroforestals i ramaderes es vegin limitades. Per contrapartida, hi ha una major protecció ambiental.

Els espais PEIN[10], dels quals parlarem de forma immediata, que es van integrar dins de la Xarxa Natura 2000 en l'àmbit de Fígols i Alinyà, són les Serres d'Odèn-Port del Comte inclòs a l'Espai Natural Montanya d'Alinyà amb una superfície de 10.954 ha (POUM[11] Fígols i Alinyà, 2011), Serra de Prada-Castellàs i la Serra del Turp- Mora Condal-Valldan.

Qualsevol projecte o modificació que repercuteixi a la finca haurà de ser aprovada per la Generalitat de Catalunya. En el cas que un projecte o pla implica un impacte a la zona es pot demanar la intervenció directa de la Comissió Europea.

- Pla d'Espais d'Interès Natural

Es tracta d'un instrument de planificació territorial, amb categoria de pla territorial sectorial. Això significa que el seu abast comprèn tot el territori de Catalunya i que les seves disposicions normatives són d'obligatori compliment per a les administracions públiques de la mateixa manera que per als particulars. En el context de la planificació territorial del país, el PEIN s'incardina amb el Pla territorial general de Catalunya.

Els objectius bàsics que la Llei d'espais naturals li encomana al PEIN són dos. D'una banda, ha d'establir una xarxa d'espais naturals que sigui congruent, prou àmplia i suficientment representativa de la riquesa paisatgística i la diversitat biològica dels sistemes naturals catalans. El segon objectiu fonamental assignat al Pla consisteix en la delimitació i l'establiment de els mesures necessàries per a la protecció bàsica d'aquests espais naturals.

Tal i com s'ha exposat anteriorment, els espais PEIN es van incloure dins de la XN2000[12]

- Reserva Nacional de Caça del Cadí

La reserva nacional de caça del Cadí té una extensió de 46.591 ha situades al Prepirineu central català. Una gran part del seu territori és inclosa dins dels límits del Parc Natural del Cadí-Moixeró. La resta del territori ha estat declarat espai d'interès natural. Tot el conjunt de la reserva és inclosa en una Zona d'Especial Protecció per a les Aus.

La propietat de les 46.591 ha de superfícies és distribueix de la següent forma: 25.295 ha són propietat dels ajuntaments i 21.296 ha són de propietat particular. Al municipi de Fígols i Alinyà li pertanyen 5.470 ha de superfície que representen un 53,5% del total del municipi. Els mateixos municipis participen en la gestió de l'espai mitjançant la Junta Consultiva on s'informen de totes les actuacions que s'hi duen a terme.

[10] Pla d'Espais d'Interès Natural.
[11] Pla d'Ordenació Urbanística Municipal.
[12] Xarxa Natura 2000.

- **Gestió forestal de la Fundació Catalunya-La Pedrera**

Per part de la Fundació Catalunya-La Pedrera s'han realitzat dos plans per a millorar la gestió.

- Pla tècnic de gestió i millora forestal

La fundació Catalunya-La Pedrera és la encarregada de gestionar el Espai Natural Muntanya d'Alinyà i va desenvolupar el Pla tècnic de gestió i millora forestal (2003). Els objectius d'aquest pla són millorar i estabilitzar els hàbitats i ecosistemes locals, així com, en certes zones, dur a terme una gestió forestal sostenible per a la producció de fusta i altes productes secundaris. També preveu la reserva sense intervencions d'espais forestals experimentals per a l'estudi de la evolució natural del ecosistema. (Membrive *et al.,* 2014).

- Pla Director d'Usos i Gestió de la Finca Muntanya d'Alinyà

El Pla Director d'Usos i Gestió de la Finca Muntanya d'Alinyà (2001) és una eina de govern que té per finalitat assenyalar la direcció cap a una gestió sostenible del territori. És un document sense caràcter legal, així que es limita a marcar una sèrie de accions a seguir per tal d'assolir els objectius dictats en el pla. (Hernàndez i Jacas *et al.*, 2006)

1.4. La captura de CO_2 i la seva gestió

En aquest capítol introduirem els conceptes que articularan el nostre treball, començant per la problemàtica ambiental d'estudi, és a dir, l'augment de les emissions de CO_2 i la seva relació amb el canvi climàtic, i l'impacte d'aquest en els ecosistemes forestals i en la seva capacitat com a embornal en la captura de carboni per conèixer la perspectiva de futur de l'àmbit de treball. Posteriorment, analitzarem una part més pràctica, explicant les eines que s'utilitzen en aquesta tipologia de projectes: els mercats de carboni i els protocols de càlcul d'emissions.

1.4.1. CO_2, canvi climàtic i ecosistemes forestals

El canvi global que afrontem en l'actualitat té efectes que transcendeixen l'àmbit local o regional ja que afecten el funcionament global del sistema Terra, referent als mecanismes de regulació de la biosfera. El paper dels CFCs[13] o dels fertilitzants inorgànics és un exemple evident d'això. Existeixen dues característiques, a més, que fan que els canvis associats siguin únics en la història del planeta. En primer lloc, el fet que una única espècie, l'*Homo sapiens*, és el motor de tots aquests canvis. En segon lloc, la rapidesa amb la qual aquest canvi està tenint lloc, amb canvis notables en espais de temps tan curts per a l'evolució del planeta com a dècades (Duarte *et al*., 2009).

Un dels efectes del canvi global és l'augment de la concentració atmosfèrica de CO_2, considerat amb el vapor d'aigua com el GEH[14] més important. Els canvis en les concentracions dels components atmosfèrics alteren les propietats d'absorció de l'atmosfera i modifiquen l'efecte

[13] Clorofluorocarburs.
[14] Gas d'efecte hivernacle.

hivernacle natural, conseqüència de la diferent absorció de la radiació solar i terrestre. Així, l'augment de la concentració de CO_2 des de la Revolució Industrial de 280 ppm[15] a 400 ppm (Mauna Loa Observatory, Hawaii) ha suposat un increment de la temperatura mitjana superficial del planeta de 0,7ºC en el segle XX (IPCC, 2001) i de 1,53ºC a Espanya en el període 1971-2000, constatant la capacitat de l'home d'afectar al sistema climàtic. Aproximadament dues terceres parts d'aquest augment de CO_2 es deuen a la crema de combustibles fòssils i el terç restant al canvi d'usos del sòl.

Encara que hi ha un ampli consens en la comunitat científica que el canvi climàtic tindrà grans repercussions en els ecosistemes forestals, les opinions respecte a la seva direcció i escala temporal són dispars (C. Gràcia *et al.,* 2014). L'augment de concentració de CO_2 atmosfèric pot propiciar un increment de la producció forestal a causa del seu efecte estimulant del creixement durant la primera meitat de segle. Això fa referència concretament als boscos temperats a curt termini (McMahon *et al.*, 2010). A partir de la segona meitat l'increment de l'aridesa projectada (disminució de pluviometria i augment de temperatura) pot ser més important que l'efecte de fertilització i la producció forestal pot veure's disminuïda. Els resultats dels balanços de carboni dependran dels diferents escenaris climàtics, de la validesa de les simulacions projectades i de si existeixen bones pràctiques de gestió forestal per disminuir la competència per l'aigua entre els arbres del bosc, augmentant així la seva resiliència al canvi climàtic.

Els boscos capturen el 30% de les emissions antropogèniques globals, però a Catalunya aquesta xifra representa només el 8,5% d'aquestes. Així, podem veure que la capacitat de solucionar els problemes de la concentració de CO_2 per part dels boscos és limitada, i seria necessària una superfície arbrada onze vegades superior a la actual per capturar el 100% de les emissions antropogèniques catalanes. Actualment els boscos mantenen la seva capacitat d'embornal, augmentant durant el període 2000-2007 sobre el període 1990-1997, però també s'incrementa la seva incertesa (Yude Pan *et al*., 2011). La disminució de la capacitat d'embornal pot representar un problema per l'agreujament dels efectes del canvi climàtic, convertint els boscos en emissors nets de CO_2, i en aquesta capacitat poden intervenir aquestes amenaces derivades del canvi climàtic (Banqué *et al.,* 2012). En primer lloc, els incendis, que causen que els boscos siguin emissors nets de CO_2 durant molt de temps, especialment si són molt recurrents, i a més a més provoquen la desforestació del territori. En segon lloc, les sequeres, que produeixen una defoliació que no es recupera en períodes de major precipitació, disminuint la capacitat de captura de CO_2. En tercer lloc, les plagues, que contribueixen a la mortalitat dels arbres (Kurz *et al.*, 2008). L'efecte negatiu sobre el balanç de carboni es major com més gran sigui la disponibilitat d'aigua dels boscos i com més petita sigui la temperatura mitjana de l'entorn. Per tant, la amenaça es centra sobre els boscos temperats (Banqué *et al.,* 2013).

[15] Parts per milió.

1.4.2. Mecanismes de reducció d'emissions: els mercats de carboni

El problema del canvi climàtic va motivar la signatura del Protocol de Kyoto, que s'inscriu dins del Conveni Marc de l'ONU[16] sobre el Canvi Climàtic. Aquest document implica que els països industrialitzats redueixin les seves emissions de gasos d'efecte hivernacle.

- **Mercat obligatori de carboni**

El mercat de carboni ha estat creat per permetre als països i empreses dels països industrialitzats complir amb major facilitat les seves fites de reducció d'emissions acordades en el Protocol de Kyoto. Consisteix en un espai de compra i venda de certificats de reducció d'emissions de GEH, també anomenats bons de carboni. Cada bo de carboni correspon a una tona de CO_2 (quantitat de GEH equivalent a una tona de CO_2) certificada que es deixa d'emetre a l'atmosfera. Aquest mercat permet a entitats dels països en vies de desenvolupament, seguint processos determinats de certificació, generar bons de carboni per la reducció d'emissions de GEH i així aconseguir un recurs financer addicional per fomentar els projectes d'inversió en tecnologies netes.

Els països compromesos pel Protocol de Kyoto a reduir les seves emissions de GEH han d'aconseguir les seves metes mitjançant mesures nacionals. Com a mitjans addicionals per aconseguir aquestes metes, el protocol va introduir tres mecanismes de flexibilitat basats en el mercat, creant el que es coneix ara com el mercat de carboni. Aquests mecanismes són: el comerç internacional d'emissions, els mecanismes de desenvolupament net i la implementació conjunta, i són aplicables als països industrialitzats que al 1992 formaven part de la OCDE[17].

- **Mercats voluntaris de carboni**

En els últims anys es planteja la possibilitat de reduir les emissions realitzades mitjançant la compensació dels GEH emesos. Aquestes propostes es tradueixen en projectes relacionats amb la captació de carboni. Per compensar les emissions, es van desenvolupar diversos mecanismes i instruments, que són fonamentats i legitimats a partir de diversos estàndards i normatives. Així, una vegada es verifiquen els crèdits mitjançant certificats VER[18] (vegeu Taula 4), les empreses podran comercialitzar amb aquests drets d'emissió. Per entendre el funcionament dels mercats de carboni, es pot analitzar la relació que s'estableix entre l'emissor i el receptor dels diferents projectes realitzats. D'aquesta forma, els mercats voluntaris estan regits pels projectes desenvolupats per a l'adquisició de drets d'emissió, i la seva comercialització depèn de la tipologia de cada país que rep o executa el pla per complir amb els seus objectius de reducció de GEH.

[16] Organització de les Nacions Unides.
[17] Organització per la Cooperació i el Desenvolupament Econòmic.
[18] *Verified Emission Reduction.*

Taula 4. Tipologia de certificats de drets d'emissió dels mercats de carboni.

Tipus de mercat	Nom dels certificats	Descripció i funcionament
Obligatori	Assigned Amount Unit (AAU) Emission Reduction Unit (ERU) Certified Emissions Reduction (CER)	No és rellevant per aquest estudi.
Voluntari	Verified Emissions Reduction (VER)	Certificats generats per projectes que han estat verificats fora del Protocol de Kyoto. Un VER equival a 1 tona d'emissions de CO_2. A través d'aquests programes, les indústries compensen voluntàriament les seves emissions. Per al càlcul dels VER es poden utilitzar diferents estàndards que garanteixen als compradors que les seves reduccions siguin veraços.

Font: Bargalló *et al*., 2013.

Les emissions difuses de diverses activitats també representen una gran font d'emissions de GEH a l'atmosfera. Amb motiu d'establir mecanismes de reducció d'emissions fora de l'inventari nacional, s'ha establert un mercat d'emissions no regulat o voluntari. Existeixen una gran varietat de projectes que actuen dins del mercat voluntari de carboni amb una diversificació molt major que els mercats obligatoris, principalment basats en projectes de reforestació. Aquests mercats es troben regulats per acords contractuals entre els titulars del projecte i les entitats sol·licitants de crèdits d'emissió de GEH.

Per fomentar la credibilitat d'aquests mercats i garantir els compromisos amb el medi ambient mitjançant la reducció de GEH d'una forma transparent, diverses empreses i organitzacions han desenvolupat normes de qualitat i protocols per a la certificació dels crèdits de carboni (vegeu Taula 5), obtinguts mitjançant la realització de projectes voluntaris. Es distingeixen els següents estàndards:

- Voluntary Carbon Standard (VCS). En el 2005, Climate Group, l'Associació Internacional del Comerç d'Emissions i el World Economic Global Greenhouse Register van establir aquest estàndard per verificar projectes dins del mercat de carboni voluntari.
- CCB Estàndard. La CCBA[19] i l'organització Conservation International van crear aquest estàndard. Només serveix per a projectes realitzats dins de l'àmbit forestal i es centra en els beneficis ambientals i socials del projecte, així com en la seva comunicació i participació social.
- Carbon Fix. Norma desenvolupada per científics alemanys en àrees relacionades amb les masses forestals, el mitjà natural i el canvi climàtic. Aquesta etiqueta ecològica certifica la reducció d'emissions voluntàries en projectes forestals.

[19] *Climate, Community & Biodiversity Alliance.*

- Gold Standard. Creada l'any 2003 per WWF[20] i altres ONG[21], garanteix l'obtenció de beneficis mediambientals, socials i econòmics en les comunitats locals.

Taula 5. Estàndards per la certificació de reduccions de GEH i característiques.

Estàndard	Descripció	Característiques	Aplicable
CDM[22]	Es produeix un increment de la captació de GEH addicional degut a la creació de nous embornals o la millora de la seva gestió.	Projecte realitzat en col·laboració amb les administracions. S'utilitza per països en desenvolupament.	NO
VCS[23]	Es produeix un increment de la captació de GEH addicional degut a la creació de nous embornals o la millora de la seva gestió.	Es realitza en el mercat voluntari. Inclou el major mercat de crèdits de carboni en referència a plantacions.	SÍ
CCBS[24]	Incrementar i protegir la biodiversitat.	Es combina amb VCS i CDM. Verificació amb VCS o CDM. Augmenten el preu dels crèdits VCS i CDM.	SÍ
Gold Standard	Millora del desenvolupament sostenible focalitzant-se en el desenvolupament social i econòmic	Augmenten el preu dels crèdits VCS i CDM.	SÍ
Carbon Fix Standard	Es garanteix un maneig forestal sostenible que augmenta la capacitat de fixació de CO_2 en les superfícies forestals	Pot combinar-se amb CCBS	SÍ

Font: Bargalló *et al*., 2013.

Aquest projecte es desenvolupa dins del mercat voluntari de carboni, ja que es compleixen tots els requisits necessaris per a la seva certificació en aquest mercat. Per tant, s'acreditarà la captació de carboni dels boscos de la zona d'estudi mitjançant l'estàndard "Voluntary Carbon Standard".

En general, l'Estàndard Voluntari de Carboni valida reduccions de VER en aquells projectes realitzats dins del mercat voluntari de carboni i que compleixen amb tota la normativa vigent.

[20] *World Wildlife Fund.*
[21] Organització no governamental.
[22] *Clean Development Mechanism.*
[23] *Voluntary Carbon Standard.*
[24] *Climate, Community & Biodiversity Standard.*

Per complir amb la normativa i sol·licitar l'expedició dels crèdits VCS, el projecte és validat i verificat.

Per això se segueix el següent procés:

1. Validació:

   - Conformitat del projecte amb les regulacions específiques de VCS.
   - Adequació a la metodologia establerta. Demostrant la addicionalitat del projecte.
   - Probabilitat que els mètodes i procediments establerts en la descripció del projecte van a generar dades verificables i informació de GEI amb la seva implementació.

2. Verificació: (després de la implementació del projecte)

   - Assegurar la conformitat amb el pla de monitoratge i supervisió.
   - Comprovar la conformitat entre l'absorció reportada en el projecte i l'absorció real d'emissions de GEH.

En funció de les característiques i les accions desenvolupades en el projecte es disposen de diferents tipus de metodologies, que posteriorment seran transformades en crèdits VCS mitjançant el procés d'expedició i verificació. A més, aquest tipus de certificació admet el desenvolupament de noves metodologies aplicables en funció de cada projecte.

Per poder certificar els crèdits VCS és necessari complir amb la reducció dels GEH mitjançant un procés que ha de ser:

- Real: La compensació de GEH ha d'haver-se produït.
- Mesurable: La compensació ha de ser quantificada mitjançant la metodologia pertinent. Recordar que els crèdits VCS poden ser certificats mitjançant l'ús de noves metodologies.
- Permanent: La compensació no pot ser puntual, sinó que ha de produir-se al llarg del temps, reduint els GEH mitjançant un mateix mecanisme i de forma constant.
- Addicional: La compensació no pot ocórrer de forma natural, és a dir, sense la realització del projecte. De la mateixa forma, tampoc es poden compensar les mateixes emissions de GEH prèviament compensades o adjudicades en la comptabilització nacional.

Si s'analitzen les característiques d'aquest projecte, es pot determinar que es compleixen els quatre requisits fonamentals per a la certificació dels crèdits VCS. En primer lloc, el bosc absorbeix una quantitat quantificable i real de CO_2. L'estudi pretén assegurar, a partir de la gestió activa del bosc, l'addicionalitat del projecte. També es pretén realitzar una proposta viable per la seva explotació contínua, mantenint així la permanència de fixació de CO_2, i extrapolable en d'altres situacions i projectes.

El projecte global “Operación CO_2” (vegeu apartat 1.5) estudiarà la implantació d’un determinat protocol per a la certificació dels crèdits de carboni, un estàndard per projectes que tinguin per objectiu l’increment i protecció de la biodiversitat (CCBS), que van més enllà, i que anomenarem crèdits de biodiversitat per diferenciar-los dels que estan relacionats estrictament amb el cicle del carboni. Pel nostre estudi, només avaluarem la introducció d’un altre protocol, el VCS, per la certificació de crèdits de carboni, que ens servirà de referència per adequar-se de forma clara el marc d’utilització d’aquesta norma de qualitat amb els objectius i la metodologia del projecte.

1.4.3. Protocols i normatives desenvolupades al mercat voluntari de carboni

Per definir la relació dels boscos amb el canvi climàtic s'ha d'establir la quantitat de CO_2 absorbit pel bosc. S’hauria de determinar si el carboni total de la massa tractada serà més elevat que el carboni inicial. Per tant, es tracta de calcular el balanç global de carboni, descomptant a la fixació de CO_2 l'emissió que genera la seva gestió (veure apartat 4).

Existeixen normatives estandarditzades que permeten quantificar l'emissió de CO_2 d'un producte o servei. No obstant això, no existeix cap normativa que permeti quantificar la fixació de CO_2 realitzada per un bosc. Així, per calcular aquesta fixació, s'utilitzaran programes de simulació de la gestió forestal, amb les dades físiques de la zona d'estudi. Posteriorment, es validarà el resultat final de fixació mitjançant l'acreditació com a crèdits de carboni VCS.

En conclusió, analitzarem l’ús d'aquells estàndards establerts per quantificar el càlcul de l'emissió, entenent la gestió forestal com el producte final d'un sistema empresarial (vegeu Figura 7). Valorarem les emissions del procés de gestió i tractament forestal a traves d’una auditoria exhaustiva dels processos que es duran a terme.

Per a la realització d’aquesta tipologia de treballs, a l’hora de calcular les emissions es poden utilitzar determinats protocols de càlcul les emissions dels productes o serveis considerats:

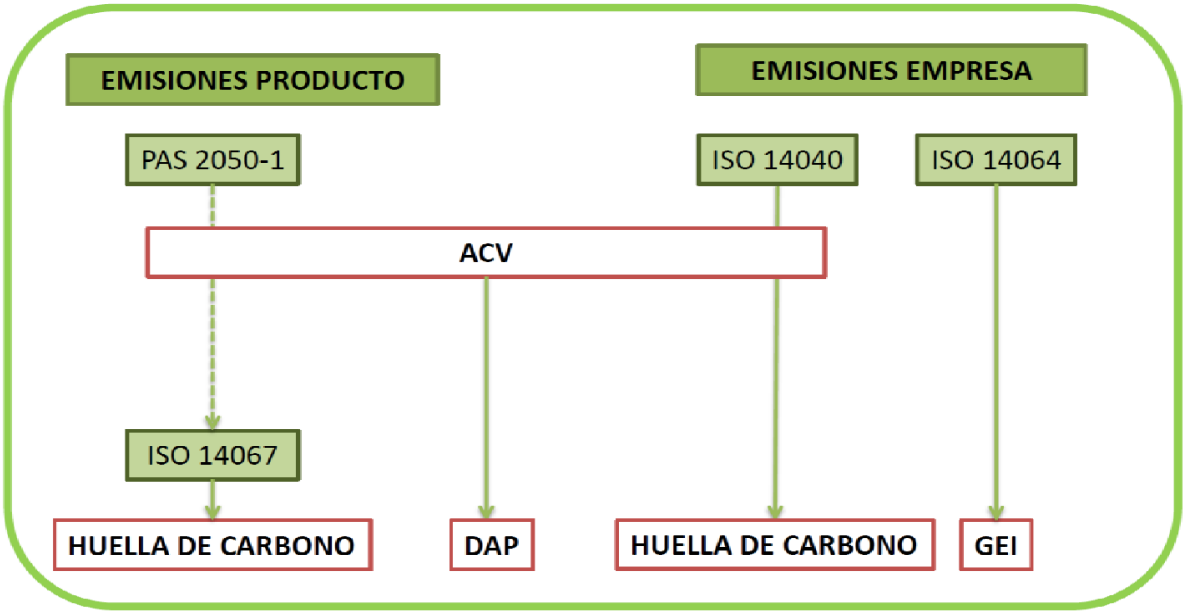


Figura 7. Estàndards per la quantificació d'emissions GEH. **Font**: Bargalló *et al*., 2013.

- Protocols per al càlcul de les emissions del producte

  - PAS[25] 2050-1

Aquest protocol internacional consisteix en una sèrie de normes basades en la gestió i neutralització de la Petjada de Carboni. Aquest terme es refereix al càlcul de les emissions de GEH quantificades en emissions de CO_2 equivalents que són alliberades a l'atmosfera durant la producció d'un bé o servei. D'aquesta forma, les empreses poden vendre el seu producte amb un certificat PAS verificat, comunicant als consumidors el seu compromís amb el medi ambient i promocionant el seu exclusiu producte al mercat. A més, també s'incorporen mecanismes d'estalvi energètic, que rendibilitzen els processos de producció de les empreses i garanteixen els processos de responsabilitat corporativa.

  - ISO[26] 14067

És una norma que estandarditza el procediment per al càlcul de la petjada de carboni dels productes. El document PAS 2050 va constituir un inici per a l'elaboració d'aquesta norma. D'aquesta manera, si s'implementa la normativa PAS 2050, és més fàcil adoptar la norma ISO 14067 per a les empreses.

[25] *Publicly available specification.*
[26] *International Organization for Standardization.*

- Protocols per al càlcul de les emissions d'empresa

  - ISO 14064

La normativa ISO 14064 és un protocol de compensació de GEH elaborada per l'Organització Internacional de Normalització (ISO). S'estableixen els protocols per quantificar les emissions de GEH d'empresa i serveis per reduir-les mitjançant l'aplicació de tècniques adequades a cada font d'emissió. D'aquesta forma, s'estableixen els límits del sistema contaminant per actuar sobre les fonts d'emissió inventariades prèviament, i reduir així les emissions generades. Finalment, es garanteix una validació i verificació de la reducció de les emissions de GEH per part d'auditors interns d'aquesta organització independent.

  - ISO 14040

Norma estandarditzada per a l'Anàlisi del Cicle de Vida (ACV) dels productes, mitjançant l'avaluació de les entrades i sortides dels impactes ambientals potencials del sistema. Permet a les empreses minimitzar els seus impactes ambientals. De la mateixa forma, la comparació entre l'impacte produït per la substitució d'uns materials per uns altres s'avalua a través de l'estudi dels seus corresponents cicles de vida. A més, permet certificar el producte amb una Declaració Ambiental del Producte (DAP) que afegeix un valor de qualitat al producte de l'empresa, distingint-se d'altres productes del mercat, i per tant, augmentant la seva competitivitat.

1.5. El projecte Operació CO_2 a la Vall d'Alinyà

La gestió forestal a l'Espai Natural Muntanya d'Alinyà, com s'ha vist a l'apartat 1.3.2, ha anat lligada al desenvolupament de figures de protecció que han permès l'aplicació diferents plans de gestió del territori en funció de les seves problemàtiques ambientals, i que en els últims anys ha estat coordinat per la fundació Catalunya-La Pedrera. L'últim esglaó d'aquest procés ha estat la participació de l'entitat en un projecte anomenat "Operación CO_2", que planteja diverses línies d'actuació relacionades amb la captura de carboni, i que ens han marcat la presa de decisió i l'enfocament del nostre treball. En aquest apartat explicarem en què consisteix aquest projecte i com ha evolucionat al llarg del temps.

El projecte "Operació CO_2" del programa LIFE, en el que està inscrit el nostre treball, comprèn el període 2012-2017, i subvenciona, des de les institucions europees a la Fundació Catalunya-La Pedrera per portar a terme una sèrie d'objectius. Aquest projecte pretén demostrar de forma general la viabilitat tècnica i econòmica dels projectes de segrest de CO_2 a través de la gestió integral agroforestal i la conservació de naturalesa, experimentant amb metodologies noves i la introducció de crèdits de carboni per fer profitosos els projectes a gran escala. Així es podrà clarificar per quin tipus de projecte, magnitud i circumstàncies climàtiques, la gestió agroforestal és viable i pot formar un mètode atractiu per propietaris de terres i organitzacions de conservació de la natura en la lluita davant el canvi climàtic.

El projecte es desenvolupa a diferents àrees de l'Estat (vegeu Figura 8). Concretament, a l'àrea A, que correspon a Alinyà, principalment es vol demostrar si es pot mesurar la fixació de carboni en ecosistemes naturals europeus i fer que aquesta augmenti segons el tipus de gestió que es fa del territori. Els resultats esperats a l'àrea A (Vall d'Alinyà) del projecte "Operación CO_2":

- El segrest de 10% més carboni per hectàrea al final del projecte comparat amb la situació inicial.
- La introducció en el mercat de crèdits de carboni des d'un bosc natural certificat. S'estima que 0.5 t de CO_2 addicional per any poden ser segrestades degut a la gestió forestal activa. Això es traduiria en 2250 crèdits per any per les 4500 ha.
- Implementar un programa de maneig forestal i de crèdits de carboni.
- Un increment de la biodiversitat dins les subàrees on s'apliquen mesures específiques de gestió.
- Una demostració que un ingrés addicional pot ser generat mitjançant la conservació i la millora dels boscos existents, una gesta única en Europa.

Figura 8. Zones de treball del projecte "Operación CO_2". **Font**: "Operación CO_2".

1.5.1. Líneas de treball del projecte a la Vall d'Alinyà

Els boscos d'Alinyà originàriament absorbeixen una gran quantitat de carboni però encara no ha estat possible certificar crèdits de CO_2 ja que és necessari demostrar que el carboni fixat és fruit de la gestió que realitza el propietari del bosc. D'aquesta manera, les dues principals línies d'acció a la finca consisteixen en la restauració o plantació en zones degradades amb

problemes d'erosió i poca cobertura vegetal i gestionar cultius i boscos ja establerts per tal de convertir-los en millors embornals de carboni.

En referència a la restauració de territoris degradats, que ja s'ha realitzat, s'han utilitzat espècies capaces de cobrir el sòl el més ràpid possible (veure Taula 6).

Taula 6. Espècies i proporcions utilitzades per la restauració de territoris degradats.

Restauració	Proporció
Pinus nigra	15 %
Pinus sylvestris	15%
Quercus ilex	15%
Quercus pubescens	15%
Rosa canina	10%
Crataegus monogyna	10%
Genista scorpius	10%
Medicago sativa	10%

Font: Proposta pla de cultiu LIFE Operation CO_2.

També, en el marc d'aquesta Operació CO_2, la Fundació Catalunya-La Pedrera amb la col·laboració de la UAB[27], va desenvolupar a l'any 2013 un projecte de captura de CO_2 amb cultius de pomeres, analitzant la seva viabilitat ambiental en termes de CO_2 i la seva rendibilitat econòmica. Aquest treball ens servirà de referència en quant a metodologia en alguns aspectes (veure apartat 1.6), suposant un complement molt important per la gestió agroforestal.

A les zones de plantacions s'hi produeixen plantes aromàtiques destinades al segrest de CO_2 que comptabilitzarà a l'hora d'obtenir els crèdits de carboni (vegeu Taula 7). A més, es busca també donar un rendiment econòmic a les collites.

[27] Universitat Autònoma de Barcelona.

Taula 7. Espècies i proporcions d'aromàtiques utilitzades en l'absorció de CO_2.

Aromàtiques	Proporcions
Lavandula angustifolia	15%
Rosmarinus officinalis	15%
Thymus vulgaris	15%
Satureja montana	15%
Origanum vulgare	15%
Hyssopus vulgaris	15%

Font: Fundació Catalunya-La Pedrera.

Pel que fa al pla de millora forestal, que encara no s'ha dut a terme i serà la temàtica que centrarà el nostre treball, es durà a terme a l'Obaga de Colldéu en una parcel·la de 25,8 ha (veure Figura 9). Es tracta d'un bosc de pi roig (*Pinus sylvestris*) i l'objectiu del pla és establir un sistema d'aclarides que permeti optimitzar el segrest de CO_2 de l'atmosfera. La fusta resultant serà destinada a la serradora si aquesta té el diàmetre adequat. Si no és el cas, s'utilitzarà per a altres usos com la producció d'estella i substituir combustibles més contaminants com el carbó.

Totes aquestes accions poden augmentar la biodiversitat de la zona, fet que podria permetre a la fundació vendre crèdits amb aquest plus de biodiversitat (CCBS) a més dels de segrest de carboni. Aquesta línia de treball encara està en fase d'investigació per ser aplicada posteriorment a la realització del nostre projecte com hem comentat al apartat de mercats de carboni (veure apartat 1.4.2). Moltes empreses compren aquests crèdits per a finançar la protecció de la biodiversitat i alhora millorar la seva imatge de cara al públic. Els beneficis de la venta d'aquests crèdits financen programes com el de restauració de fauna dels voltors o el manteniment dels camins de la finca.

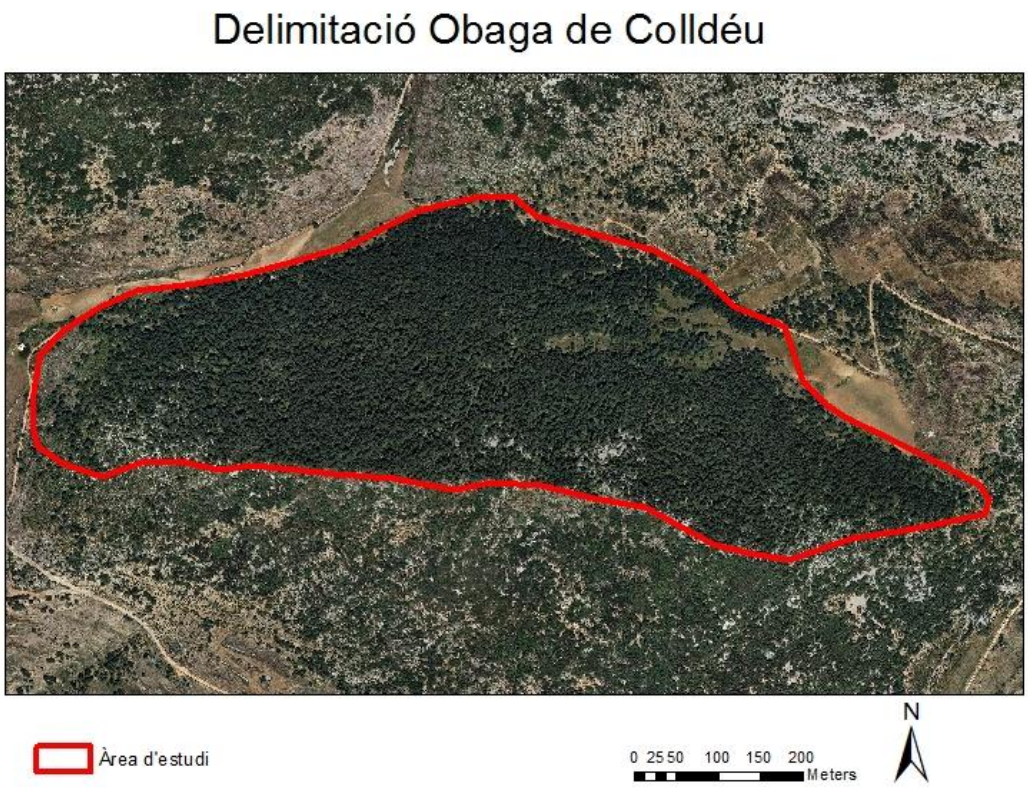


Figura 9. Zona d'estudi del nostre projecte (Obaga de Colldéu). **Font:** Elaboració pròpia.

Els objectius del nostre projecte tindran una vessant més amplia de l'impacte en termes de CO_2 del procés de gestió i tractament de la fusta, tenint en compte també la viabilitat econòmica (vegeu apartat 3).

L'empresa responsable de l'aclarida serà la FIP[28]. La FIP fóra creada al 2011 gràcies a l'Ajuntament de la Seu d'Urgell, el consell comarcal de l'Alt Urgell i l'àrea d'impuls social de la Fundació Catalunya-La Pedrera.

Es tracta d'una empresa forestal privada sense ànim de lucre que basa la seva subsistència en invertir els beneficis que obté de diferents projectes forestals en fer front als costos d'altres projectes i/o en augmentar la seva plantilla, integrada en la seva totalitat per persones en risc d'exclusió social, específicament persones amb discapacitat intel·lectual i amb malaltia mental.

Segons el seu director, Ignasi Amat, l'aclarida que es durà a terme a la primavera del 2015, a la Obaga de Colldéu es realitzarà sobre 15 ha de les 25,8 ha. S'ha pres aquesta decisió perquè són les úniques hectàrees que es poden gestionar des del punt de vista de viabilitat econòmica a causa de la impracticabilitat del terreny.

[28] Fundació Integra Pirineus.

1.6. Altres projectes relacionats amb la captura de carboni

Per a la realització del treball, ens hem servit de molts treballs, articles i llibres, és a dir, documentació tècnica, que tenia relació amb alguns aspectes de la temàtica d'estudi (captura de CO_2 o anàlisi del *Pinus sylvestris*), les eines que utilitzarem, la informació geogràfic, etc, i que hem inclòs com a bibliografia dels antecedents anteriors. No obstant això, en aquesta part aprofundirem solament en els projectes o treballs que tenen objectius similars al nostre o aporten elements clau per entendre el sentit global del projecte, sobretot quant a la temàtica de captura de carboni i la gestió forestal i legal d'aquesta. Comentarem, per tant, en què consisteixen i veurem el que ens ha aportat cadascun en la realització del nostre treball.

1.- Bargalló, D.; Cañadas, V.; Cecilia, F.J.; Lòpez, S. (2013). *Propuesta de implementación del cultivo del manzano (Malus domestica) en la Vall d'Alinyà*.

Aquest treball té com a objectiu desenvolupar una metodologia per a la implantació de cultius fructícoles en zones de muntanya que valori, de forma real, la seva capacitat com a embornal de carboni. Així, determina el balanç de CO_2 del sistema de cultius com un procés que permet capturar el CO_2 atmosfèric i que produeix unes emissions derivades del procés de gestió, és a dir, el manteniment per desenvolupar els cultius mitjançant maquinària i productes. Cerca també quantificar els beneficis generats per la venda de la producció agrícola i complementar-los amb beneficis obtinguts mitjançant la certificació de crèdits de carboni voluntaris. Finalment, es pretén estudiar la viabilitat econòmica d'aquest projecte a partir d'indicadors econòmics de mercat.

Igual que el nostre projecte, estudia l'impacte en termes de CO_2 d'un sistema vegetal analitzant la seva capacitat com a embornal. No obstant això, el nostre es tracta d'un bosc. En l'àmbit forestal no quantifiquem aquest tipus de gestions de manteniment, sinó solament la gestió d'aclarides i el tractament que es fa de la producció. També analitza la viabilitat econòmica del procés de gestió, que en el nostre cas es tracta de l'aprofitament de productes forestals,i té en compte com a ingressos indirectes la quantificació dels beneficis obtinguts per la certificació de crèdits de carboni al mercat voluntari.

2.- Vayreda J.; Martínez-Vilalta J.; Gracia N.; Retana J. (2012). *Recent climate changes interact with stand structure and management to determine changes in tree carbon stocks in Spanish forests. Global Change Biology.*

Aquest article analitza els efectes d'una gestió d'aclarides sobre la captura de carboni en un sistema forestal en un context de canvi climàtic. Curiosament, l'efecte negatiu del canvi climàtic sobre l'acumulació del carboni del bosc com a conseqüència del canvi climàtic desapareix si només es consideren les parcel·les gestionades, emfatitzant el potencial de gestió del bosc per mitigar els efectes del canvi de clima.

La importància d'aquest treball es troba en que la gestió de bosc podria ser, dins alguns casos, una eina eficaç per mitigar l'impacte de canvi climàtic en l'equilibri de carboni del bosc, com a mínim sota condicions actuals. Malgrat el seu efecte era dèbil i no sempre significant, l'estudi considera que aquest resultat hauria d'animar les administracions públiques per afavorir polítiques i pràctiques de gestió forestals dirigides a mitigar els efectes del canvi climàtic. Per tant, valora el paper dels ecosistemes forestals com a embornals i la seva gestió com a eina adaptativa, utilitzant una gestió forestal del mateix tipus, i proporciona una experiència prèvia d'impacte positiu o viabilitat en termes de CO_2.

2. Justificació del projecte

L'objecte d'aquest apartat és analitzar l'interès, la utilitat i la novetat de la realització d'aquest projecte, explicant la importància de la temàtica que tracta i l'impacte que pot tenir aquest en la resolució dels problemes ambientals actuals. A continuació, analitzarem per què aquest projecte es desenvolupa a la Vall d'Alinyà i analitzarem els beneficis que comportaran per la zona.

La creixent preocupació pel canvi climàtic en termes de conseqüències a curt i mig termini per a la població humana a causa de l'augment de la concentració atmosfèrica de CO_2 està provocant reaccions en l'àmbit internacional per articular estratègies de mitigació vers aquest fenomen. Aquestes estratègies passen per la disminució de l'ús de combustibles fòssils i la seva substitució per energies renovables i netes d'emissions de CO_2 i el desenvolupament d'uns usos del sòl efectius. En aquest marc intervenen, per tant, una limitació de les emissions i una millora dels processos de captació de CO_2. Aquesta última necessita d'un bon enteniment dels mecanismes de funcionament dels embornals, tant naturals (la captació de la vegetació terrestre, l'acumulació en sediments de llacs i oceans i l'acumulació en aigües intermèdies i profundes dels oceans) com forçats (la injecció geològica o oceànica i la separació, transport i emmagatzematge de CO_2 emès per la indústria).

El mecanisme de la fixació de CO_2 per part de la vegetació terrestre, que és el tema que ens ocupa en aquest treball, és àmpliament conegut, en el qual el CO_2 s'incorpora en forma de biomassa mitjançant la fotosíntesi. No obstant, l'estudi de la capacitat com a embornal dels boscos es tracta d'un tema experimental que s'estudia en els últims anys davant d'un nou escenari ambiental, polític i legal. Les parcel·les de *Pinus sylvestris* gestionades mitjançant aclarides augmenten la captura de CO_2, el que permet adaptar els boscos al canvi climàtic, donant-los eines per superar situacions adverses (Vayreda *et al.,* 2012),. Així, podem considerar la millora dels processos de captació de carboni com un servei ambiental i ecosistèmic que podem aportar als boscos.

La novetat d'aquest projecte a la Vall d'Alinyà s'explica només amb el fet que al 2011, de forma prèvia a la sol·licitud d'ajudes europees i segons els agents participants, encara no s'havien realitzat a Europa projectes concrets a través del mercat voluntari de crèdits de carboni. Des de llavors, el projecte només ha estudiat la viabilitat dels projectes de segrest de carboni en cultius d'aromàtiques i de pomeres, menys costosos econòmicament però a priori amb menys impacte en termes de captació de CO_2 i de beneficis econòmics d'acord amb l'extensió de la zona d'estudi. L'estudi del segrest de carboni dels boscos d'Alinyà contribueix, per tant, a formar una visió integral d'aquest per part de la vegetació terrestre.

La promoció de la conservació a través de la gestió activa dels boscos i el carboni de boscos naturals facilita, amb les eines de gestió i legislació actuals, la certificació de crèdits de carboni i la conseqüent emissió en el mercat voluntari de drets de carboni. L'obtenció d'aquests crèdits de carboni i els ingressos relacionats, a més dels beneficis resultants de la venda de la biomassa, podrien ser certament una important ajuda econòmica per combatre els problemes econòmics de la institució degut a la crisis financera i per aplicar mesures de gestió que produeixin un benefici en el territori. Les possibles millores en la captura de carboni estan lligades a una major productivitat d'aquests, i per tant es podrà treure un major profit econòmic d'aquest increment d'aprofitament de la biomassa per diferents usos. A més, la

gestió podria representar la creació de nous llocs de treball estables o donar feina a empreses locals. Aquesta aproximació és un element explícit de les polítiques internacionals del clima, en part perquè fer créixer arbres per segrestar carboni pot ser un mitjà relativament barat de combatre el canvi climàtic.

La Vall d'Alinyà, territori objecte del nostre estudi, ha sofert l'èxode rural i l'abandonament d'activitats tradicionals, i ha perdut la cultura del maneig de recursos naturals i el mosaic paisatgístic de la zona (Bargalló *et al*., 2013), per la qual cosa la gestió agroforestal i paisatgística esdevé un element clau. L'àrea es troba en perill degut a varies raons, com canvis als patrons de precipitacions (menys pluja) i perill d'incendis forestals (fons insuficients per protegir aquesta gran àrea). Per això, existeix un interès local en una gestió que pugui permetre assegurar la preservació del bosc a llarg termini davant dels riscos ambientals.

3. Objectius

- **Objectiu general**

  Analitzar les possibilitats de gestió d'una parcel·la de pi roig (*Pinus sylvestris)* situada a la Obaga de Colldéu a la Vall d'Alinyà des d'un punt de vista de fixació de carboni i econòmic.

- **Objectius específics**

  - Calcular la capacitat d'embornal de carboni del bosc.
  - Calcular el percentatge d'aclarida òptima per maximitzar la fixació de carboni.
  - Calcular el balanç de carboni òptim per a la certificació de crèdits de carboni.
  - Analitzar les emissions de CO_2 produïdes durant la gestió forestal, el transport, la distribució i el tractament de la biomassa extreta del bosc.
  - Determinar el balanç econòmic de les propostes de gestió.
  - Calcular els ingressos econòmics mitjançant la certificació de crèdits de carboni voluntaris.
  - Analitzar possibilitats de gestió alternatives més eficients.
  - Estudiar si es compleixen els objectius de segrest del *Proyecto Operación* CO_2

4. Metodologia

En aquest apartat tractarem d'explicar l'estructura general del projecte en el qual s'analitzaran els aspectes generals, els específics que trobem inclosos i les eines utilitzades per desenvolupar-los. Aquesta informació es veurà complementada amb un esquema per facilitar la seva visualització (veure Taula 8).

1. Antecedents. Serveixen per portar a terme una investigació documental de les diferents temàtiques d'estudi. Específicament presentem el context general de la Vall d'Alinyà, la vegetació que podem trobar a la zona on es destaca la figura del *Pinus sylvestris* i com s'ha gestionat l'espai forestal de la regió; la captura de CO_2 on s'estudia el mercat de carboni i finalment expliquem el projecte Operació CO_2 que es duu a terme a l'espai de la Vall d'Alinyà.

Les eines emprades per completar els antecedents es basen en la documentació tècnica, concretament la recopilació bibliogràfica basada en articles, llibres, altres Treballs de Fi de Grau i consultes directes amb experts.

2. Definició d'objectius. Analitzant el tema d'estudi, juntament amb tota la informació recopilada, s'ha establert un objectiu principal que és analitzar les possibilitats de gestió d'una parcel·la de pi roig (*Pinus sylvestris)* situada a la Obaga de Colldéu a la Vall d'Alinyà des d'un punt de vista de fixació de carboni i econòmic.

3. Treball de camp. Per complir els objectius marcats és estrictament necessari portar a terme una sèrie de tasques específiques tant a nivell ambiental com a nivell econòmic . A continuació es desglossaran i es detallaran les eines que s'emprendran per a cadascú.

- **<u>Tasques específiques emprades a nivell econòmic</u>**

Per determinar tant els costos com els ingressos de l'estudi i d'aquesta manera determinar la viabilitat econòmica del projecte, utilitzarem com a eines la documentació tècnica procedent de l'entrevista amb el director de la Fundació Integra Pirineus, Ignasi Amat, ja que és la institució encarregada d'executar l'aclarida i de gestionar la biomassa procedent d'aquesta.

- **<u>Tasques específiques emprades a nivell de carboni</u>**

Abans de portar a terme les accions pròpies en el camp per obtenir les dades ambientals bàsiques per donar resposta als objectius marcats, es treballarà sobre la Figura 9 mitjançant l'eina cartogràfica ArcGis. ArcGis és un SIG[29] que permet recopilar, organitzar, administrar, analitzar, compartir i distribuir informació geogràfica (ArcGis Resources, 2010). El treball que es portarà a terme en el mapa respon a la necessitat de determinar quines zones del bosc seran mostrejades per a què les dades que obtinguem siguin representatives de la totalitat de les 25,8 ha.

A partir de la Figura 9, hem creat una malla de 100x100 metres. Amb aquesta quadrícula, hem aconseguit dividir l'àrea d'estudi en 30 parcel·les de 1 hectàrea de superfície a les quals se'ls hi ha atorgat un número per tal de facilitar la seva identificació.

[29] Sistema d'Informació Geogràfica.

Per tal que el nostre estudi sigui representatiu de la totalitat de la finca, s'ha d'escollir el 50% de les parcel·les (en aquest cas quinze parcel·les) i, a més a més, a l'atzar (Vayreda 2014 *con. verb.*). Per aconseguir-ho, introduirem tots els números de les parcel·les en un simulador que ens donarà el número de quinze parcel·les diferents que seran les escollides per mostrejar.

Un cop realitzada la tria de les parcel·les de les quals es pretén obtenir les dades, el grup es desplaçarà a la zona d'estudi. De cada parcel·la es varen mesurar els individus de *Pinus sylvestris*, juntament amb dades com el pendent del terreny. Per a la mesura dels pins s'ha seguit el procediment que exposem a continuació:

- En un punt a l'atzar dins de la parcel·la, es delimitarà una circumferència de 12 metres de radi i es mesuraran tots els individus de *Pinus sylvestris* inclosos (veure Figura 10).

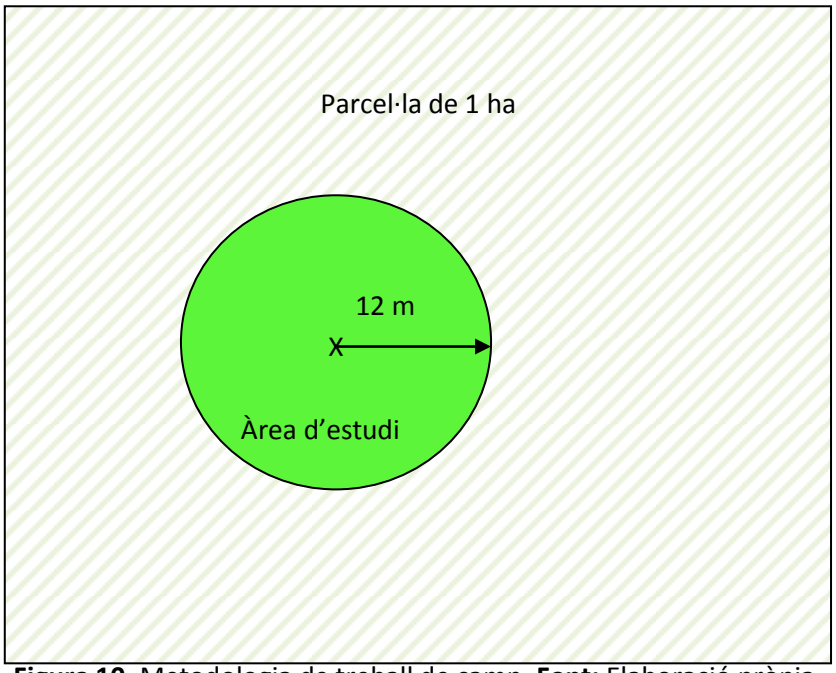


Figura 10. Metodologia de treball de camp. **Font:** Elaboració pròpia.

- Els individus es classificaran en classes diametrals (CD) segons el seu diàmetre normal. D'aquesta manera, la classe diametral 5 inclourà els individus amb un diàmetre normal entre 2,5 i 7,5 cm. Tots els individus inferiors a la classe diametral 5 tan sols seran contats ja que no són prou rellevants en el càlcul de la biomassa però seran indicadors de la regeneració de la parcel·la. A partir dels individus de CD 5 o superior s'obtindran les dades següents:

  - Dades del fust:
    - Perímetre del tronc
    - Altura de l'arbre

  - Dades de les branques:
    - Perímetre de les branques
    - Longitud de les branques
    - Nombre de les branques

- Per determinar l'altura dels arbres es mesurarà un individu de cada CD i s'extrapolarà a la resta. El càlcul s'efectuarà a partir del següent procediment:

  Amb una referència coneguda (un bastó, una persona, etc) col·locada a la base del tronc, es mesurarà amb un clinòmetre[30] els angles α,β i γ procurant que l'angle γ no passi de 45°, ja que amb angles molt oberts els resultats tendeixen a esbiaixar-se (veure Figura 11).

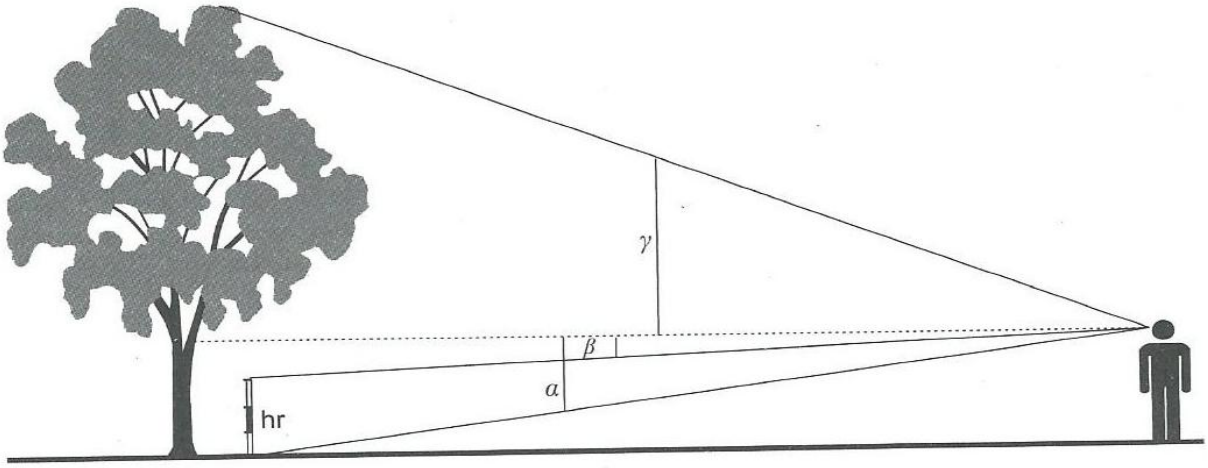


Figura 11. Angles α, β i γ per al càlcul de l'alçada de l'arbre mesurats amb clinòmetre. **Font:** Gracia et al, 2004.

Gràcies al valor dels angles i l'altura de referència podrem determinar l'altura de l'arbre, expressat en m, mitjançant l'equació 1 que s'exposa seguidament. Cal remarcar que els angles de la Equació 1 s'han d'expressar en radians i no pas en graus.

$$H = hr \times \frac{tg\,(\gamma) - tg\,(\alpha)}{tg(\beta) - tg(\alpha)} \quad \textit{Equació 1}$$

Paràmetres:

hr és l'altura de referència expressada en m.

4. Resultats i discussió. Presentar tota la informació econòmica i referent a al carboni recopilada per tal de ser analitzada, estudiada i discutida seguint els mètodes que descriurem seguidament.

[30] Aparell de mesura de l'angle d'inclinació respecte a l'horitzontal del cabussament d'un estrat, d'una fractura, d'un pla d'esquistositat o del pendent d'un terreny. Font: Termcat.

- **Estudi de carboni**

A continuació exposem les diferents eines metodològiques utilitzades en l'estudi del carboni.

➢ Protocol de càlcul de la biomassa inicial del bosc

Per calcular la quantitat de biomassa i de CO_2 fixat per hectàrea a la zona d'estudi utilitzarem dues metodologies, ambdues desenvolupades pel CREAF. El primer mètode consisteix en calcular la Biomassa Aèria Total (BAT) de l'espècie estudiada el qual ja ha estat emprat en altres projectes similars a aquest i així obtenir una primera aproximació; el segon mètode consisteix en emprar el programa de simulació forestal GOTILWA+.

o Mètode BAT

Consisteix en calcular el volum del fust i de les branques i, a partir d'aquest, determinar la biomassa aèria. En l'explicació de cada càlcul es podrà observar l'equació i l'explicació dels paràmetres incloses en elles.

Càlcul del Volum del Fust (VF)

El Volum del Fust (VF), la unitat del qual és en m^3, és el volum del tronc de l'arbre des de la base fins l'àpex que es determinar seguint l'equació 2.

$$\mathrm{VF} = \pi \times \left(\frac{\mathrm{d_b}}{2}\right)^2 \times \mathrm{H} \times \mathrm{K_f} \quad \textit{Equació 2}$$

Paràmetres:

d_b és el diàmetre basal del tronc expressat en m.
H és l'altura de l'arbre expressat en m.
K_f és el coeficient de forma de l'arbre.

El diàmetre basal es calcula segon l'equació 3.

$$d_{b=\frac{P_f}{\pi}} \quad \textit{Equació 3}$$

Paràmetres:

P_f és el perímetre del tronc expressat en m.

Càlcul del volum de les branques (VB)

El Volum de les branques (VB), la unitat del qual és en m^3, s'obté a partir de l'equació 4.

$$VB = VBr \times n\,Branques \quad \textit{Equació 4}$$

Paràmetres:

VBr és el volum de la branca representativa de l'arbre expressat en m^3.

n branques és el nombre de branques que hi ha a cada arbre.

El Volum de la Branca representativa (VBr) consisteix en seleccionar una branca de cada arbre que sigui representativa a les dimensions de l'arbre en qüestió i es determina mitjançant l'equació 5.

$$VBr = \pi \times \left(\frac{d_r}{2}\right)^2 \times L_r \quad \textit{Equació 5}$$

Paràmetres:

d_r és diàmetre de la branca representativa expressat en m.

L_r és la longitud de la branca representativa expressat en m.

El diàmetre de la branca representativa s'estima mitjançant l'equació 6.

$$d_r = \frac{P_r}{\pi} \quad \textit{Equació 6}$$

Paràmetres:

P_r és el perímetre de la branca expressat en m.

Càlcul de la Biomassa Aèria Total (BAT)

La Biomassa Aèria Total de cada arbre, expressada en quilograms (Kg), s'obté de la suma de la biomassa del fust i de la biomassa de les branques tal i com es mostra a l'equació 7.

$$BAT = BF + BB \quad \textit{Equació 7}$$

Paràmetres:

BF és la biomassa del fust expressat en kg.

BB és la biomassa de les branques expressat en kg.

Per obtenir la Biomassa del Fust (BF) s'ha d'aplicar l'equació 8.

$$BF = VF \times \rho F \quad \textit{Equació 8}$$

Paràmetres:

VF és el Volum del Fust expressat en m^3.

ρF és la densitat del fust del *Pinus sylvestris* expressada en kg/m^3.

El càlcul per determinar la Biomassa de les Branques (BB) és el mateix que el de l'equació 7 però aplicant la densitat de les branques tal i com es mostra a l'equació 9.

$$BB = VB \times \rho B \quad \textit{Equació 9}$$

Paràmetres:

VB és el Volum de les Branques expressat en m^3.
ρB és la densitat de les Branques del *Pinus sylvestris* expressada en kg/m^3.

Un cop és coneguda la BAT determinarem quants kg de Carboni fixat conté el conjunt de biomassa dels *Pinus sylvestr*is a través de l'equació 10.

$$\text{Carboni} = \text{BAT} \times \text{a} \quad \textit{Equació 10}$$

Paràmetres:

a és la quantitat de carboni que contenen els *Pinus sylvestris*, expressat en tant per u.

En el moment que ja coneixem la quantitat de carboni fixat per l'espècie podem estimar la quantitat de CO_2. Prèviament cal calcular quants kg de Carboni equivalen a kg de CO_2 mitjançant una simple relació entre els pesos atòmics entre l'àtom (12) i la molècula (44). A l'equació 11 es pot observar aquest relació de pesos atòmics.

$$\frac{44}{12} = \frac{3{,}667\ kg\ de\ CO_2}{1\ kg\ de\ C} \quad \textit{Equació 11}$$

Ara sí que ja som capaços de calcular el CO_2 fixat pel pi roig gràcies a l'equació 12.

$$CO_2 = Carboni \times \frac{3{,}667\ kg\ de\ CO_2}{1\ kg\ de\ Carboni} \quad \textit{Equació 12}$$

- Mètode GOTILWA+

El programa GOTILWA+[31], creat pel Dr. Carlos Gràcia i el Dr. Santiago Sabaté, investigadors del CREAF, és un model de simulació de creixement dels boscos sota diferents escenaris de gestió i condicions ambientals. És necessari realitzar una simulació introduint les dades de densitats de les classes diametrals dels individus de *Pinus sylvestris* que vam obtenir durant el nostre treball de camp.

- Model per determinar la fixació de carboni del bosc i el percentatge d'aclarida òptim

Pel que fa a la fixació, el programa GOTILWA+ necessita les dades de densitat i estructura anteriors, juntament amb les dades edàfiques, meteorològiques i metabòliques.

Les dades edàfiques les vam obtenir d'un estudi de la Universitat de Valladolid realitzat a la Obaga de Colldéu al 2013 i 2014 (veure Annex I).

Pel que fa a les dades meteorològiques, degut a la falta de registres de la recentment establerta estació d'Alinyà, vam haver de recórrer a les dades de la estació de Port del Comte, la qual es troba a menys de 20 km d'Alinyà i a una altura comparable (2300 m). La resta

[31] *Growth Of Trees Is Limited by Water.*

d'estacions properes a Alinyà no es troben a suficient alçada com per ser representatives de la meteorologia de la nostra zona d'estudi.

Tot i així, el GOTILWA+ demana dades diàries, i aquesta estació meteorològica ens proporciona dades mensuals. Disposàvem de les dades diàries de Poblet incloses dins la base de dades del mateix programa, de les quals es podia extrapolar la seva desviació estàndard. D'aquesta manera, amb les mitjanes mensuals del Port del Comte (2007-2013) i la variabilitat de les dades diàries de Poblet vam crear la nostra pròpia sèrie climàtica que aproximava la meteorologia de la zona d'Alinyà (Nadal, 2014 *con. verb.*).

Per últim també necessitem les dades metabòliques referents a la fotosíntesi de l'espècie però, en el cas del *Pinus sylvestris*, aquestes ja venen predefinides en el programa.

El conjunt d'aquestes dades utilitzades al GOTILWA+ es pot observar a la Figura 12 i ens permetrà calcular primerament la biomassa i carboni inicial. Després, quan analitzem les diferents propostes de gestió, calcularem a partir d'aquestes dades el percentatge òptim d'aclarida per maximitzar la fixació, i veurem el procediment que es segueix amb el programa.

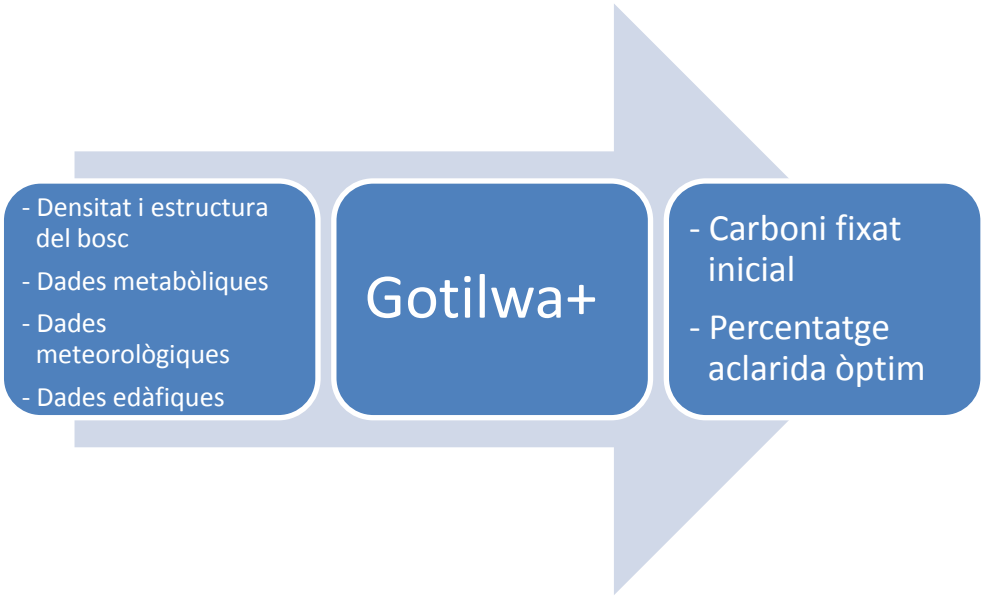


Figura 12. Esquema dels inputs i outputs del programa GOTILWA+. **Font:** Elaboració pròpia.

Amb tota aquesta informació introduïda, GOTILWA+ ja pot simular el creixement del bosc al cap del període de temps desitjat. En el nostre cas, es van escollir 15 anys ja que es tracta del període que s'ha marcat la Fundació Catalunya La Pedrera per a la certificació de crèdits de carboni.

Per a optimitzar la fixació, vam provar diversos règims de gestió i vam observar quin percentatge d'aclarida resulta en una major fixació de carboni.

- Protocol per quantificar les emissions de CO_2 generades en el projecte

En la quantificació de les emissions de CO_2 generades en les diferents accions del projecte utilitzarem com a eina la documentació tècnica a través de l'entrevista amb el ja citat Ignasi Amat com a director de la Fundació Integra Pirineus i amb la recopilació bibliogràfica de la quantitat de combustible fòssil consumit per la maquinaria. Les accions que estudiarem són les següents:

- Transport de l'empresa encarregada a portar a terme l'aclarida del bosc.
- Maquinària emprada en la gestió forestal del bosc.
- Transport i distribució de la biomassa extreta del bosc.
- Tractament de la biomassa.

- Balanç global de carboni

En el moment que coneixem la quantitat de carboni fixat pels *Pinus sylvestris* i les emissions d'aquest mateix que es produeixen en les diferents accions ja esmentades, podem portar a terme el balanç global de CO_2 i, d'aquest mode, determinar si les accions portades a terme afavoreixen la capacitat d'embornal del bosc o si, pel contrari, perd capacitat de captació. Per tant, per calcular el balanç global de carboni aplicarem l'equació 13.

$$\text{Balanç global de } CO_2 = \text{Fixació de } CO_2 - \text{ Emissions de } CO_2 \quad \textit{Equació 13}$$

- **<u>Estudi econòmic</u>**

Per determinar l'estudi econòmic es determinaran els costos i els ingressos i d'aquesta manera saber si el projecte és viable des del punt de vista econòmic.

- Protocol de càlcul del balanç econòmic del projecte.

Gràcies a l'entrevista al director de la Fundació Integra Pirineus coneixerem els ingressos i els costos de que es generen en el projecte.

- Protocol de càlcul dels ingressos de la certificació dels crèdits de carboni del mercat voluntari

En el cas que les accions de gestió forestal siguin satisfactòries i aconsegueixin augmentar la capacitat d'embornal del bosc de *Pinus sylvestris* es determinaran els beneficis provinents de la venta de crèdits de carboni voluntaris a través de la documentació tècnica mitjançant de la recopilació bibliogràfica d'on obtindrem el preu per tona de carboni captat.

6. Conclusions. A partir de l'anàlisi i la discussió de les dades s'han extret les conclusions que pretenen donar resposta als objectius.

7. Propostes de millora. A través de les conclusions extretes de l'estudi s'intentarà donar resposta a les necessitats identificades mitjançant propostes de millora viables que podran ser portades a terme per la Fundació Catalunya-La Pedrera, la Fundació Integra Pirineus i altres actors relacionats amb el projecte.

Taula 8. Estructura general del projecte.

<table>
<tr><th>General</th><th colspan="2">Específic</th><th>Eines</th></tr>
<tr><td rowspan="4">1. Antecedents</td><td colspan="2">Context general de la Vall d'Alinyà</td><td rowspan="4">Documentació tècnica</td></tr>
<tr><td colspan="2">Vegetació de la Vall d'Alinyà</td></tr>
<tr><td colspan="2">La captura de CO_2 i la seva gestió</td></tr>
<tr><td colspan="2">El projecte Operació CO_2 a la Vall d'Alinyà</td></tr>
<tr><td>2.Objectius</td><td colspan="3">-</td></tr>
<tr><td rowspan="3">3. Treball de camp</td><td colspan="2" rowspan="2">Forestal</td><td>Cartografia (ArcGis)</td></tr>
<tr><td>Mesures de camp</td></tr>
<tr><td colspan="2">Àmbit econòmic</td><td>Consultes a experts</td></tr>
<tr><td rowspan="4">4. Resultats i discussió</td><td rowspan="2">Estudi de carboni</td><td>Fixació</td><td>GOTILWA+</td></tr>
<tr><td>Emissions de CO_2</td><td>Documentació tècnica
Consultes a experts</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Estudi econòmic</td><td>Ingressos directes</td><td rowspan="3">Documentació tècnica
Consultes a experts</td></tr>
<tr><td>Ingressos indirectes</td></tr>
<tr><td>Costos</td></tr>
<tr><td>6. Conclusions</td><td colspan="3">-</td></tr>
<tr><td>7. Propostes de millora</td><td colspan="2">-</td><td>Documentació tècnica</td></tr>
</table>

Font: Elaboració pròpia.

5. Resultats i discussió

En aquest bloc exposarem les dades obtingudes en el treball de camp, les analitzarem i les discutirem. En el treball de camp s'inclouen tant mostrejos de la zona d'estudi com entrevistes a experts. La recopilació de dades de camp les presentarem en fitxes on s'expressaran tots els valors obtinguts.

5.1. Caracterització de la massa forestal

Per a dur a terme el posterior balanç de carboni, primer de tot, es van analitzar paràmetres de la zona d'estudi com la densitat arbòria o la seva estructura morfològica. Tot i així, començarem l'estudi amb una breu descripció de la biodiversitat predominant als estrats arbori, arbustiu i herbaci per a analitzar la dinàmica del bosc.

5.1.1. Anàlisi qualitatiu de la biodiversitat vegetal de la zona

A la Taula 9, podem observar les diferents espècies observades ordenades segons la seva rellevància a la zona d'estudi.

Taula 9. Principals espècies observades a la Obaga de Colldéu.

Espècies
Pinus sylvestris
Buxus sempervirens
Juniperus communis
Brachipodium sp.
Rosa sp.
Pinus nigra ssp. salzmanii
Genista scorpius
Lavandula angustifolia
Thymus vulgaris

Font: Elaboració pròpia.

Com es pot observar, es tracta d'un bosc de pi roig (*Pinus sylvestris*) amb un sotabosc dens format principalment per boix (*Buxus sempervirens*) i ginebre (*Juniperus communis*). Pel que fa a l'estrat herbaci, el sòl es trobava cobert principalment per comunitats del gènere *Brachipodium*. També vam trobar algun individu aïllat de pinassa (*Pinus nigra ssp. salzmanii*) a l'estrat arbori i de rosa (*Rosa sp.*) a l'estrat arbustiu.

Pel que fa a les zones més seques dels marges del bosc, vam poder observar comunitats formades per argelaga borda (*Genista scorpius*), espígol (*Lavandula angustifolia*) i farigola (*Thymus vulgaris*).

5.1.2. Densitat i estructura del bosc

Per a dur a terme aquest anàlisi, vam dividir la zona d'estudi en 30 parcel·les de 1 hectàrea (Figura 13), tal com s'explica a la Metodologia (apartat 4).

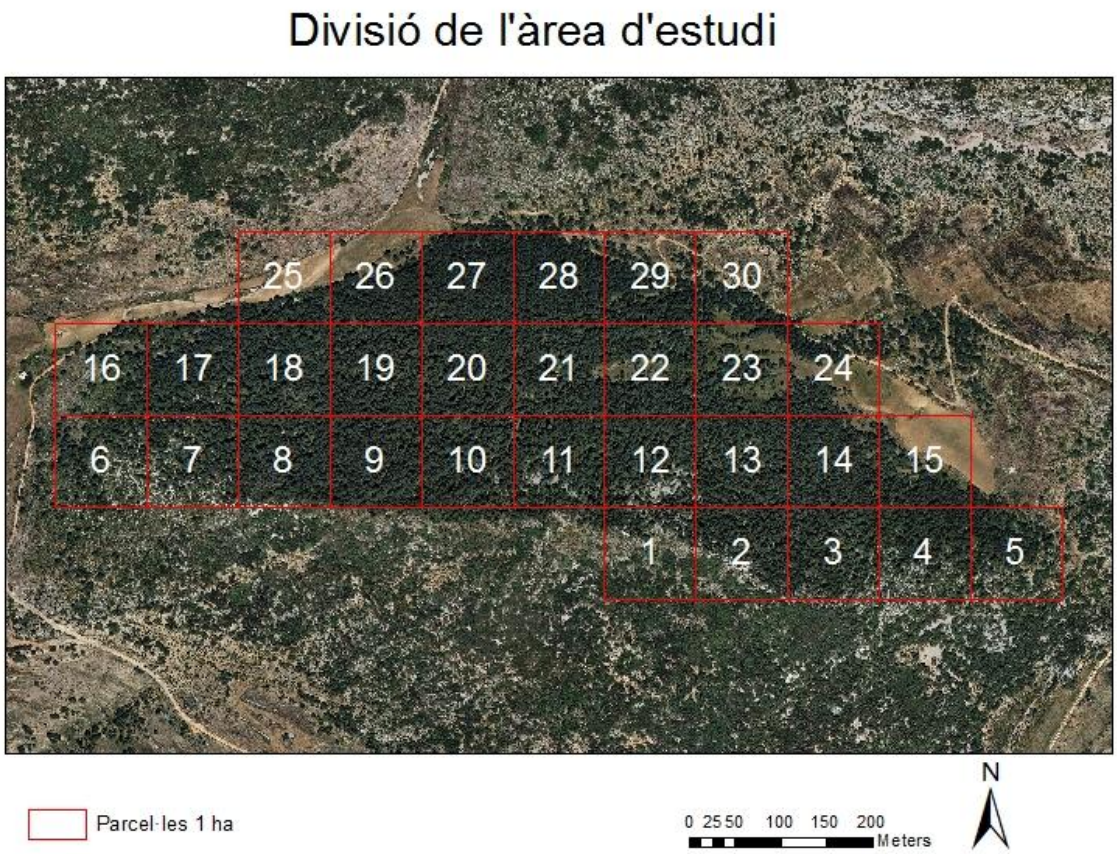


Figura 13. Àrea d'estudi dividida en parcel·les. **Font:** Elaboració pròpia.

Les parcel·les seleccionades per al mostreig es mostren a la Figura 14.

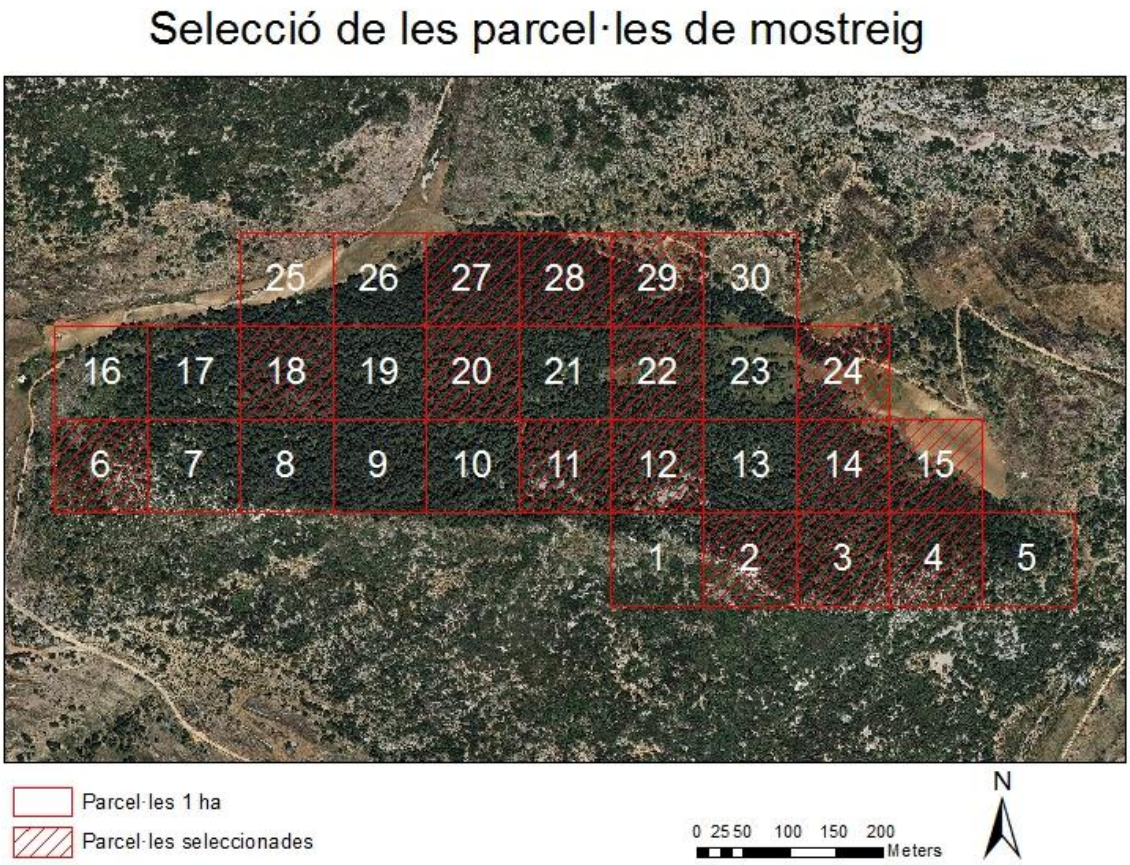


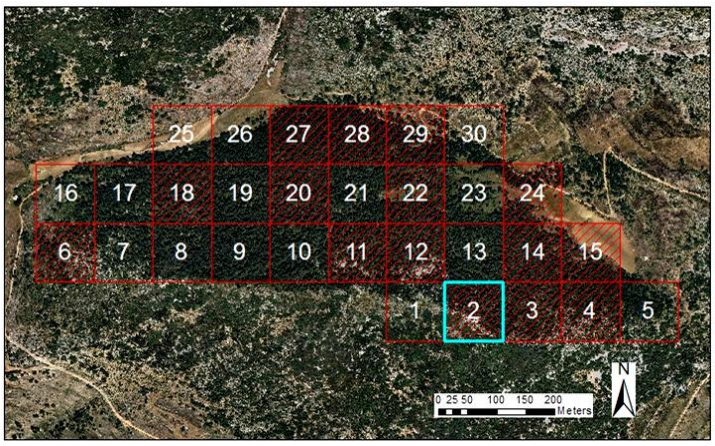
Figura 14. Àrea d'estudi dividida en parcel·les. **Font:** Elaboració pròpia.

Els resultats del mostreig es poden observar els resultats en les fitxes adjuntades a continuació. Totes les dades han estat obtingudes el novembre de 2014.

Parcel·la 2

Característiques generals	
Coordenades	X: 370344 Y: 4672935
Altura [m]	1569
Pendent [graus]	48
Àrea mostrejada [m^2]	452,4
Àrea sobre el pla [m^2]	302,7
Individus [peus]	34
Densitat [peus/ha]	1123,2
Regeneració [plançons/ha]	594,6
Morts [peus/ha]	0

Localització



Diàmetres [cm]

2,6	2,7	2,9	3,4	4,1	4,6	5,4	5,4	5,8	5,9	6	7
8,1	9,5	9,5	9,7	10	10,1	10,1	10,9	11	12,1	12,3	12,3
13,8	14,5	15,1	17,5	19,1	22,1	23,1	27,1	27,5	27,9		

Distribució dels individus per Classes Diametrals

CD	5	10	15	20	25	30	35	40	45
Ind.	12	12	3	3	2	2	12	0	0

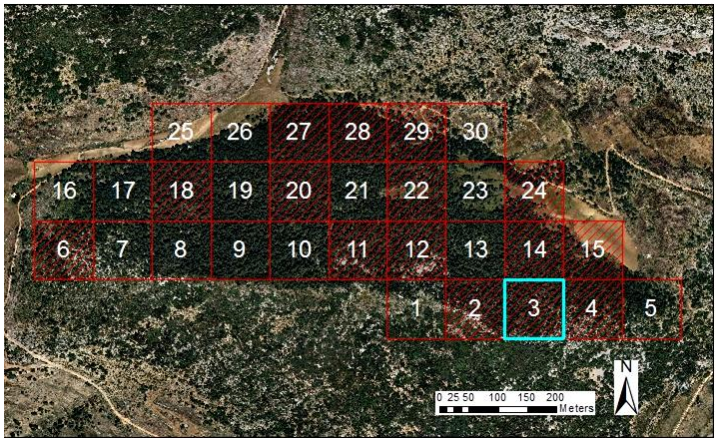
Descripció de la parcel·la

Parcel·la perifèrica amb gran quantitat de roques superficials i un gran pendent. Zona molt oberta amb poca quantitat d'individus de vida mitja o llarga però elevada densitat de plançons, fet que ens mostra que la zona comença a ser ocupada per l'espècie.

Parcel·la 3

Característiques generals	
Coordenades	X: 370444 Y: 4672935
Altura [m]	1542
Pendent [graus]	38
Àrea mostrejada [m^2]	452,4
Àrea sobre el pla [m^2]	356,5
Individus [peus]	51
Densitat [peus/ha]	1430,6
Regeneració [plançons/ha]	1430,6
Morts [peus/ha]	28,1

Localització



Diàmetres [cm]

2,6	2,6	2,7	2,8	3,1	3,1	3,2	3,3	3,5	3,6	3,7	3,7
3,8	4,3	4,3	4,5	4,8	5,4	5,4	5,6	5,7	6	8,1	8,1
8,7	9,1	9,5	9,9	10	10,1	10,2	11	12,3	13,2	13,6	13,8
15,4	16	16,4	18,5	19,4	20,7	21,3	21,4	21,6	25,7	30,2	40,1
43,4	43,7	44,6									

Distribució dels individus per Classes Diametrals

CD	5	10	15	20	25	30	35	40	45
Ind.	22	11	6	6	1	1	0	1	3

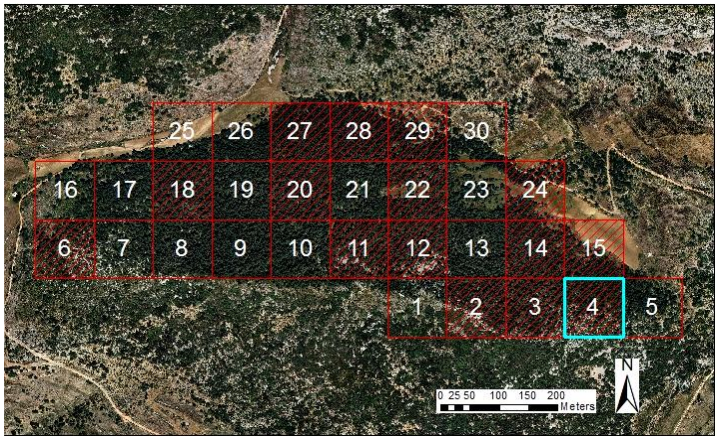
Descripció de la parcel·la

Parcel·la a gran altitud i de difícil accés que destaca per l'elevat nombre de plançons i de pins joves i la presència d'arbres molt adults (CD ≥ 40). Podem afirmar que els arbres més adults han sigut els arbres pare que han permès l'inici d'ocupació de la zona.

Parcel·la 4

Característiques generals	
Coordenades	X: 370544 Y: 4672935
Altura [m]	1530
Pendent [graus]	34
Àrea mostrejada [m^2]	452,4
Àrea sobre el pla [m^2]	375
Individus [peus]	15
Densitat [peus/ha]	399,9
Regeneració [plançons/ha]	53,3
Morts [peus/ha]	0

Localització



Diàmetres [cm]

2,2	2,2	6,1	6,2	7,8	7,9	8,2	9,1	12,5	13,2	14,1	15,7
16,9	19,2	20,7	23,7	32	16,9	19,2	20,7	23,7	32		

Distribució dels individus per Classes Diametrals

CD	5	10	15	20	25	30	35	40	45
Ind.	2	4	5	2	1	1	0	0	0

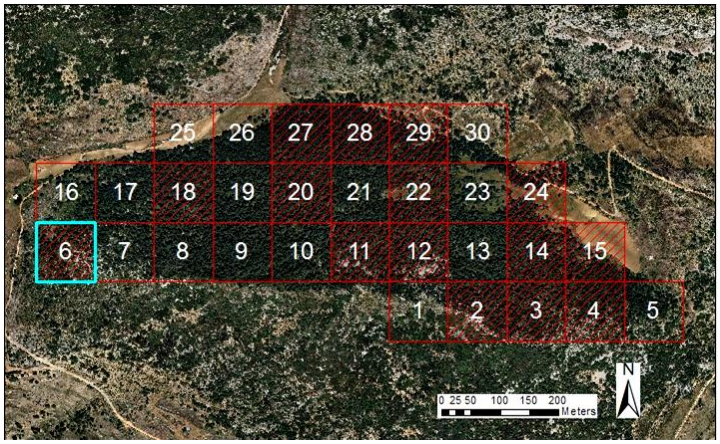
Descripció de la parcel·la

Parcel·la propera a la cresta de la muntanya amb presència de roques superficials i constants afloraments de les roques que es troben en el sòl. Aquests dos factors dificulten l'arrelament dels individus i per tant la ocupació del terreny. Per aquest motiu s'observen pocs individus i la majoria són joves.

Parcel·la 6

Característiques generals	
Coordenades	X: 369644 Y: 4673035
Altura [m]	1379
Pendent [graus]	38
Àrea mostrejada [m^2]	452,4
Àrea sobre el pla [m^2]	356,5
Individus [peus]	5
Densitat [peus/ha]	140,3
Regeneració [plançons/ha]	0
Morts [peus/ha]	0

Localització



Diàmetres [cm]

11,8	27,2	27,7	30,7	32,2	

Distribució dels individus per Classes Diametrals

CD	5	10	15	20	25	30	35	40	45
Ind.	0	1	0	0	1	3	0	0	0

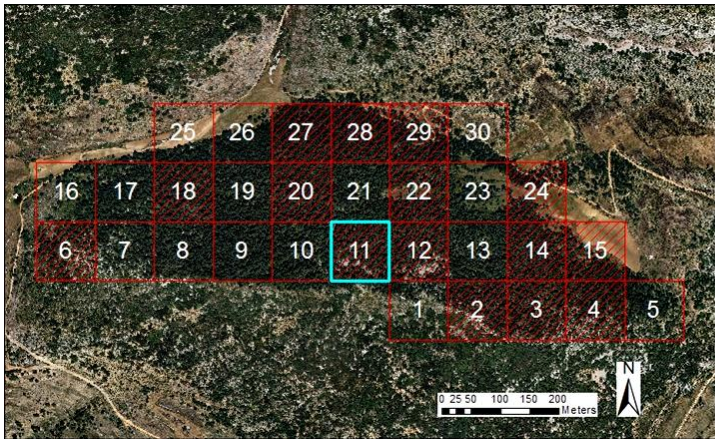
Descripció de la parcel·la

Parcel·la perifèrica més assolellada de l'Obaga on l'existència de pi roig és testimonial ja que solament trobem 5 individus. Aquesta realitat és deguda a la quantitat de pedres amb poca capacitat de retenció d'aigua i baixa matèria orgànica. A més aquestes pedres impedeixen l'arrelament dels arbres.

Parcel·la 11

Característiques generals	
Coordenades	X: 370144 Y: 4673035
Altura [m]	1489
Pendent [graus]	42
Àrea mostrejada [m^2]	452,4
Àrea sobre el pla [m^2]	336,2
Individus [peus]	38
Densitat [peus/ha]	1130,3
Regeneració [plançons/ha]	356,9
Morts [peus/ha]	119,0

Localització



Diàmetres [cm]

2,7	3,4	5,4	6,4	6,7	6,8	7,5	8,1	8,8	8,9	9,2	9,7
10,8	10,8	12,1	12,6	13,1	15,9	16,5	16,6	18	18	19,1	19,7
19,7	19,8	20,8	21,1	22,4	22,6	22,7	24,3	28,9	31,5	31,5	33,3
41,9	44,5										

Distribució dels individus per Classes Diametrals

CD	5	10	15	20	25	30	35	40	45
Ind.	7	8	5	9	3	3	1	1	1

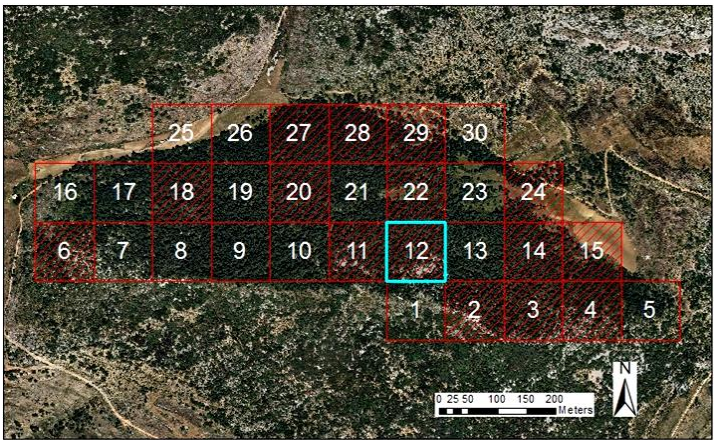
Descripció de la parcel·la

Parcel·la amb un pendent pronunciat. Aquest fet provoca que els individus es distribueixin per la zona limitant a la resta l'accés a la radiació solar, que és el recurs més important per poder sobreviure en una obaga com la de Colldéu. Observem una gran varietat d'individus, des de plançons fins a ela adults més antics (CD=45).

Parcel·la 12

Característiques generals	
Coordenades	X: 370244 Y: 4673035
Altura [m]	1510
Pendent [graus]	44
Àrea mostrejada [m^2]	452,4
Àrea sobre el pla [m^2]	325,4
Individus [peus]	47
Densitat [peus/ha]	1444,3
Regeneració [plançons/ha]	61,5
Morts [peus/ha]	0

Localització



Diàmetres [cm]

2,9	3	3,3	3,7	4,2	7,1	7,4	7,7	8,9	10,4	10,4	11
11,9	12,1	12,2	12,6	12,7	13,3	13,6	14,1	14,3	14,6	14,9	15,5
15,9	16,4	16,6	17,2	17,3	17,9	17,9	18,9	19,1	19,7	20,2	21,2
21,5	21,8	23	23	23,7	24,6	28	28,2	28,8	33,2	38,5	

Distribució dels individus per Classes Diametrals

CD	5	10	15	20	25	30	35	40	45
Ind.	7	8	14	9	4	3	1	1	0

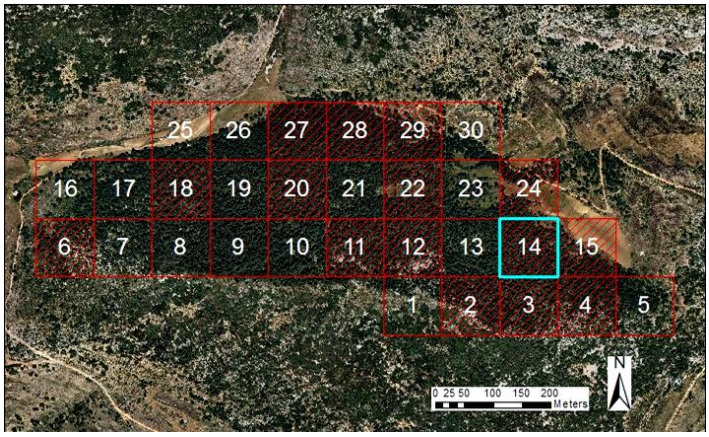
Descripció de la parcel·la

Parcel·la amb un pendent considerable que presenta característiques molt semblants a la anterior. Cal afegir que trobem pins de moltes classes diametrals i per tant, d'edats diferents.

Parcel·la 14

Característiques generals	
Coordenades	X: 370444 Y: 4673035
Altura [m]	1500
Pendent [graus]	31
Àrea mostrejada [m^2]	452,4
Àrea sobre el pla [m^2]	387,8
Individus [peus]	72
Densitat [peus/ha]	1856,8
Regeneració [plançons/ha]	0
Morts [peus/ha]	386,8

Localització



Diàmetres [cm]

4,1	4,9	7,8	8,7	8,9	9	9	9,4	10,2	10,4	10,5	10,5
11	11,9	13	13,3	13,4	13,4	14,2	14,7	15,1	15,3	15,3	15,3
15,3	15,8	15,9	16,1	16,3	17	17,1	17,2	17,2	17,5	17,9	18
18,1	18,1	18,2	18,5	18,8	19,4	19,6	20,1	20,2	20,4	20,7	20,9
21,8	22,2	23,1	23,1	23,2	23,4	23,7	24,3	24,5	24,5	24,5	24,6
25,0	25,3	25,3	25,6	26,8	28,2	28,3	29	30,4	30,6	31,4	32,9

Distribució dels individus per Classes Diametrals

CD	5	10	15	20	25	30	35	40	45
Ind.	2	12	20	16	15	6	1	0	0

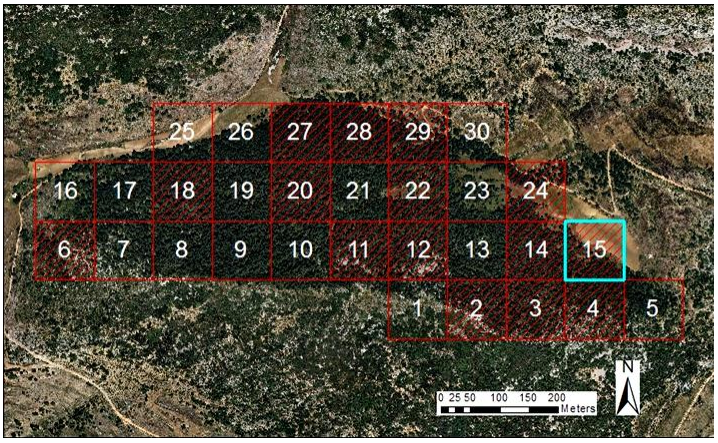
Descripció de la parcel·la

Parcel·la que destaca per dos paràmetres: la gran densitat i l'elevada taxa de peus morts. La densificació de la parcel·la provoquen que la competència per la radiació solar sigui extrema. Per aquest motiu trobem tants pins adults, que van ésser els que primer van ocupar la zona, i una baixa fracció de pins joves vius. A més a més absolutament tots els individus morts són joves (entre CD 5 i 10).

Parcel·la 15

Característiques generals	
Coordenades	X: 370544 Y: 4673035
Altura [m]	1485
Pendent [graus]	16
Àrea mostrejada [m^2]	452,4
Àrea sobre el pla [m^2]	434,9
Individus [peus]	63
Densitat [peus/ha]	1448,7
Regeneració [plançons/ha]	367,9
Morts [peus/ha]	0

Localització



Diàmetres [cm]

2,5	2,5	2,6	2,7	2,7	2,9	3,1	3,2	3,4	3,6	3,8	3,9
4,3	4,6	4,6	4,8	4,9	4,9	6	6	6,2	6,4	6,5	6,7
7,7	8,1	8,3	9,1	9,6	10	10,9	11,1	11,1	11,8	12,7	12,8
13,4	14	16,9	16,9	17,5	18,1	18,2	18,4	18,5	18,5	19,4	20
20,8	21,5	21,5	22,6	22,7	23,2	24,2	24,7	25,1	25,3	25,3	26,6
26,9	27,1	31,2									

Distribució dels individus per Classes Diametrals

CD	5	10	15	20	25	30	35	40	45
Ind.	24	10	7	10	11	1	0	0	0

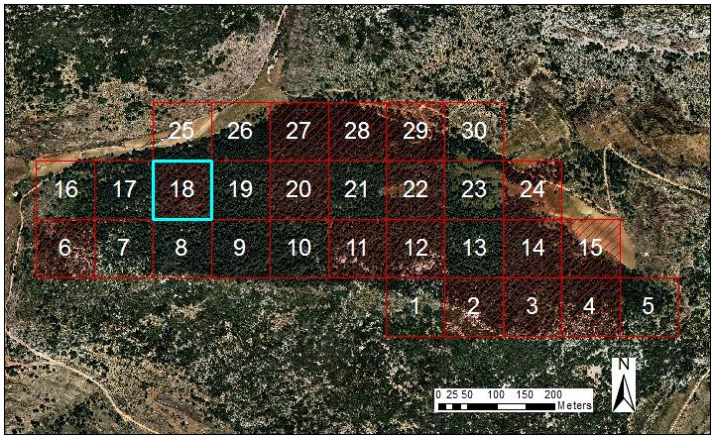
Descripció de la parcel·la

Parcel·la perifèrica mot oberta amb pendent molt suau on destaca una gran quantitat d'individus joves i de plançons que estan ocupant de mica en mica el terreny. La gran quantitat de matèria orgànica absència de roques afavoreix que aconsegueixen arrelar sense dificultats.

Parcel·la 18

Característiques generals	
Coordenades	X: 369844 Y: 4673135
Altura [m]	1382
Pendent [graus]	35
Àrea mostrejada [m^2]	452,4
Àrea sobre el pla [m^2]	370,6
Individus [peus]	45
Densitat [peus/ha]	1214,3
Regeneració [plançons/ha]	161,9
Morts [peus/ha]	269,9

Localització



Diàmetres [cm]

2,9	3,2	5,3	5,8	6,4	7,3	8,2	8,7	8,8	9,2	9,7	11,1
12,1	13,6	15,3	16,2	16,6	17,3	18,8	19	19,1	20,2	21	22
22,3	23,7	23,7	24	24,5	25,4	25,5	25,5	27,2	27,2	27,2	27,7
28,3	28,4	29,1	29,1	29,6	30,2	30,3	32,5	35,8			

Distribució dels individus per Classes Diametrals

CD	5	10	15	20	25	30	35	40	45
Ind.	6	7	5	7	10	9	1	0	0

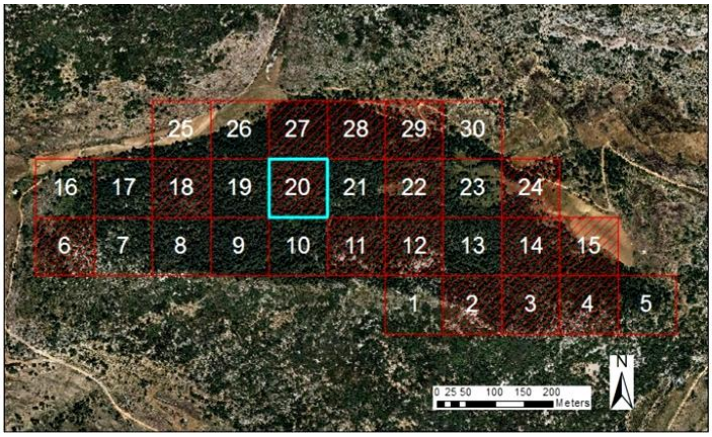
Descripció de la parcel·la

Parcel·la interior en la que trobem dues parts molt diferenciades: a una part s'observa una gran quantitat de sotabosc i hi trobem els individus adults; a l'altra, on el sotabosc desapareix completament, deixant una zona neta, hi trobem els peus més joves i els plançons. El fet que hi hagi una zona oberta en una parcel·la interna és degut a què en el passat es va tallar i s'hi va conrear. L'abandonament del terreny va permetre al bosc ocupar-lo i integrar-la dins del sistema bosc.

Parcel·la 20

Característiques generals	
Coordenades	X: 370044 Y: 4673135
Altura [m]	1426
Pendent [graus]	34
Àrea mostrejada [m^2]	452,4
Àrea sobre el pla [m^2]	375
Individus [peus]	58
Densitat [peus/ha]	1546,5
Regeneració [plançons/ha]	0
Morts [peus/ha]	320,0

Localització



Diàmetres [cm]

3,3	4	4,5	4,6	5,2	7	8,1	8,2	9,7	10,3	12	12,1
12,5	13,2	13,2	13,8	13,9	13,9	14,6	15,7	15,8	16,1	17	17
17,4	17,6	17,6	18,1	18,5	18,7	19	19,3	20,5	20,8	20,9	21,2
21,4	21,4	21,7	22,5	23	23,2	23,5	23,6	23,7	24,2	24,9	25,9
26	28,5	30,5	32	32,2	33,3	34,5	37,8	39,5	42,7		

Distribució dels individus per Classes Diametrals

CD	5	10	15	20	25	30	35	40	45
Ind.	6	6	13	14	10	4	2	2	1

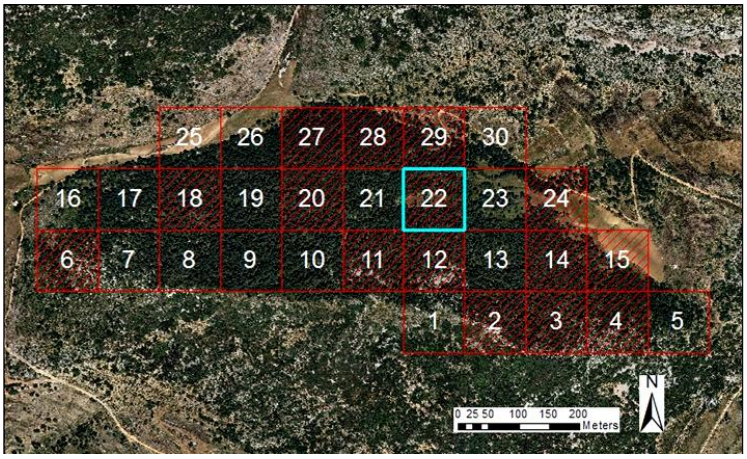
Descripció de la parcel·la

Parcel·la interior on trobem una densitat arbòria notable. Dominen els individus adults i fins i tot trobem un nombre prou important dels més antics (CD entre 40 i 45). També cal dir que observem una quantitat de morts elevada, la gran majoria d'ells són joves. El motiu d'aquesta realitat és la mateixa que en altres parcel·les anteriors: elevada densitat provoca que la competència per la radiació solar sigui molt gran i els més joves tenen dificultats per sobreviure.

Parcel·la 22

Característiques generals	
Coordenades	X: 370244 Y: 4673135
Altura [m]	1454
Pendent [graus]	38
Àrea mostrejada [m^2]	452,4
Àrea sobre el pla [m^2]	356,5
Individus [peus]	43
Densitat [peus/ha]	1206,2
Regeneració [plançons/ha]	1346,5
Morts [peus/ha]	0

Localització



Diàmetres [cm]

2,6	3,2	3,2	3,4	3,5	3,9	4	4	4	4	4,7	4,9
4,9	5	5,5	5,8	6,2	6,4	7	7,5	7,7	7,7	7,8	7,9
8,1	8,5	8,9	9,4	9,5	9,8	10,1	10,9	11,3	11,7	11,9	11,9
12,3	12,4	15,9	16,6	19,6	22,1	23,9					

Distribució dels individus per Classes Diametrals

CD	5	10	15	20	25	30	35	40	45
Ind.	20	18	2	2	1	0	0	0	0

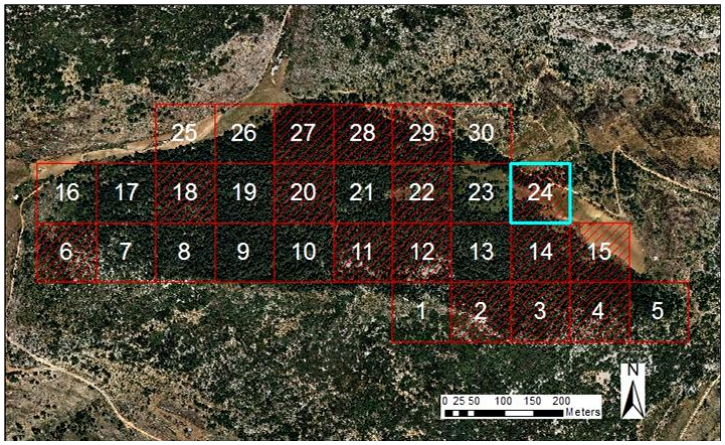
Descripció de la parcel·la

Parcel·la interior totalment lliure d'individus adults. El motiu és el mateix que a la parcel·la 18. Es va tallar la zona per poder conrear fins que van abandonar el camp i el bosc ha iniciat l'ocupació de l'espai. Aquest fet s'evidencia amb la gran quantitat de plançons i de pins joves que trobem.

Parcel·la 24

Característiques generals	
Coordenades	X: 370444 Y: 4673135
Altura [m]	1450
Pendent [graus]	26
Àrea mostrejada [m^2]	452,4
Àrea sobre el pla [m^2]	406,6
Individus [peus]	38
Densitat [peus/ha]	934,6
Regeneració [plançons/ha]	270,5
Morts [peus/ha]	0

Localització



Diàmetres [cm]

2,9	4,6	4,7	4,7	5,4	5,5	6,3	6,7	7,4	8	8,1	9,1
10,6	10,7	10,9	11,6	12,7	13	13,8	16,1	17,5	18,4	18,6	19,2
22	23,4	23,7	24,1	24,5	26,4	27,7	30,1	30,2	31,3	31,5	32,4
34,5	34,5										

Distribució dels individus per Classes Diametrals

CD	5	10	15	20	25	30	35	40	45
Ind.	9	7	4	5	5	6	2	0	0

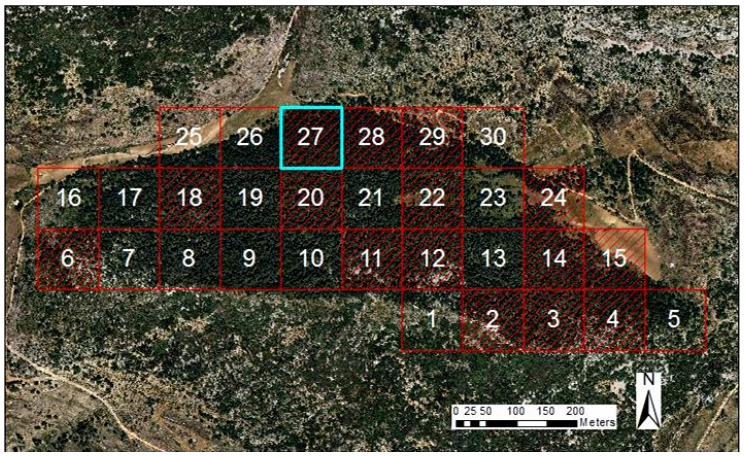
Descripció de la parcel·la

Parcel·la perifèrica amb pendent molt suau i amb abundant matèria orgànica al sòl. Trobem una gran varietat d'individus incloent un nombre considerable de plançons.

Parcel·la 27

Característiques generals	
Coordenades	X: 370044 Y: 4673235
Altura [m]	1400
Pendent [graus]	17
Àrea mostrejada [m^2]	452,4
Àrea sobre el pla [m^2]	432,6
Individus [peus]	53
Densitat [peus/ha]	1225,1
Regeneració [plançons/ha]	0
Morts [peus/ha]	485,4

Localització



Diàmetres [cm]

6	6,5	7,2	8,4	8,4	9,8	11,8	12,1	12,3	12,4	12,6	12,9
13,1	13,5	14,1	14,4	14,7	14,8	14,8	14,9	14,9	15	15,3	15,4
15,7	15,8	17,3	17,9	18,1	18,7	19	19,5	19,6	20,4	20,8	21,6
21,8	22,1	24	25,2	25,8	26,1	26,8	27,1	27,5	28,1	28,3	28,5
28,9	30,2	31,3	32,9	34,9							

Distribució dels individus per Classes Diametrals

CD	5	10	15	20	25	30	35	40	45
Ind.	3	5	18	12	6	7	2	0	0

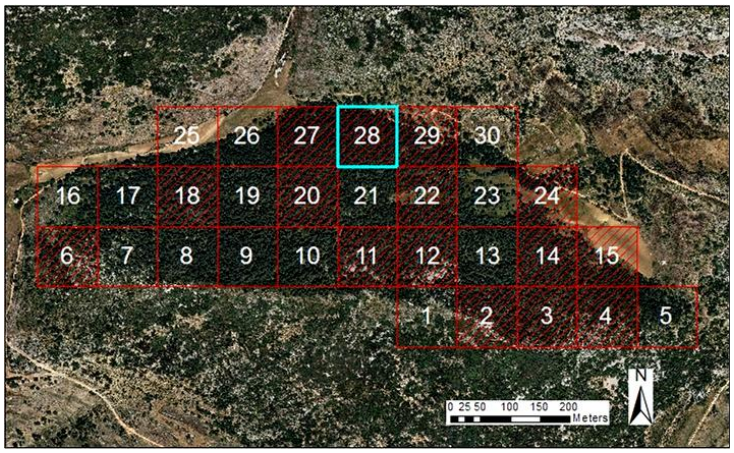
Descripció de la parcel·la

Parcel·la perifèrica amb poc sotabosc pràcticament plana. Destaca la gran quantitat de peus morts degut a què els individus són propers entre ells, fet que genera un entramat de branques en altura i redueix considerablement la penetració dels rajos solars. Això dificulta la supervivència dels pins joves i dels plançons fins al punt que la gran majoria acaben morint.

Parcel·la 28

Característiques generals	
Coordenades	X: 370144 Y: 4673235
Altura [m]	1414
Pendent [graus]	28
Àrea mostrejada [m^2]	452,4
Àrea sobre el pla [m^2]	399,4
Individus [peus]	92
Densitat [peus/ha]	2303,24711
Regeneració [plançons/ha]	0
Morts [peus/ha]	450,6

Localització



Diàmetres [cm]0

5,7	6,4	6,5	7,2	7,3	7,7	7,8	7,9	8,3	8,6	8,8	9
9,2	9,4	9,9	10	10	10,2	10,2	10,3	10,3	10,4	10,7	11,1
11,5	11,6	11,7	11,9	11,9	12	12	12,4	12,5	12,7	12,8	13,1
13,2	13,8	14,1	15,5	15,9	16,1	16,2	16,3	16,5	16,6	16,6	16,6
16,7	16,7	16,7	16,8	16,9	17	17	17	17	17	17,1	17,2
17,4	17,4	17,5	17,6	17,6	17,7	17,7	18	18	18,4	19,4	19,6
19,7	19,7	20,1	21,2	21,3	21,4	21,4	22,1	22,3	22,8	24	24,3
25,5	25,6	25,8	27,5	30,9	32,8	35,2	43,5				

Distribució dels individus per Classes Diametrals

CD	5	10	15	20	25	30	35	40	45
Ind.	5	27	30	19	6	2	2	0	1

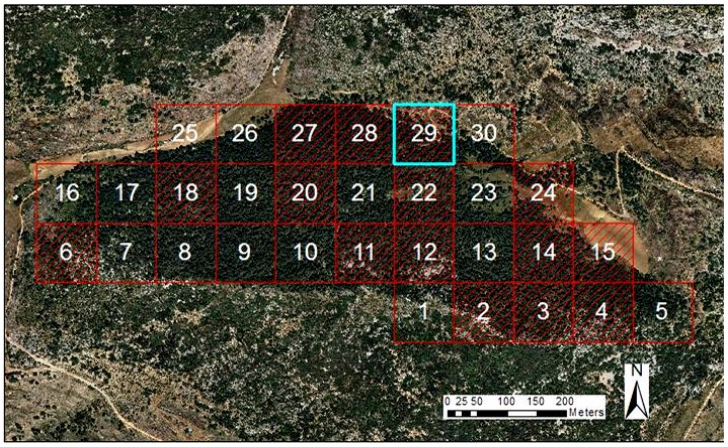
Descripció de la parcel·la

Parcel·la amb la densitat arbòria més alta de totes les parcel·les mostrejades. Té unes característiques calcades a la parcel·la 27 on destaca el baix grau de pendent i la gran quantitat de peus morts. El motiu és exactament el mateix: l'entramat de branques en altura redueix la infiltració dels rajos solars provocant que els més joves no hi puguin sobreviure.

Parcel·la 29

Característiques generals	
Coordenades	X: 370244 Y: 4673235
Altura [m]	1428
Pendent [graus]	14
Àrea mostrejada [m^2]	452,4
Àrea sobre el pla [m^2]	439
Individus [peus]	50
Densitat [peus/ha]	1139,1
Regeneració [plançons/ha]	273,4
Morts [peus/ha]	0

Localització



Diàmetres [cm]

3,2	3,9	4,4	4,5	4,5	6,2	6,2	6,4	7,1	8,5	9,9	10,2
10,2	10,2	10,4	12	12	12,4	12,5	12,5	12,6	12,9	13,2	13,4
13,7	14	14,5	15,9	16,5	16,6	16,7	16,7	17	17,4	18	18,6
19,1	19,9	20,2	20,3	21,5	21,8	22,3	24,1	24,9	25,8	26,9	27,2
28,6	42,9										

Distribució dels individus per Classes Diametrals

CD	5	10	15	20	25	30	35	40	45
Ind.	9	10	15	9	5	1	0	1	0

Descripció de la parcel·la

Parcel·la perifèrica amb unes característiques molt especials que trenca la tònica de la resta de parcel·les mostrejades. Es tracta d'una zona a una vall en la qual pel mig hi travessa un camí. Pel costat dret hi ha un turó que puja cap a un camí superior i pel costat esquerra hi ha una pendent descendent. El nombre de plançons i pins joves és elevada.

L'estudi de les parcel·les ens permet obtenir les densitats de cadascuna per classes diametrals (veure Taula 10).

Taula 10. Taula resum de les densitats per parcel·les en funció de les classes diametrals (Obaga de Colldéu, novembre de 2014).

CD	5	10	15	20	25	30	35	40	45
Parcel·la 2	396,4	396,4	99,1	99,1	66,1	66,1	0	0	0
Parcel·la 3	617,1	308,6	168,3	168,3	28,1	28,1	0	28,1	84,2
Parcel·la 4	53,3	106,7	133,3	53,3	26,7	26,7	0	0	0
Parcel·la 6	0	28,1	0	0	28,1	84,2	0	0	0
Parcel·la 11	208,2	238	148,7	267,7	89,2	89,2	29,7	29,7	29,7
Parcel·la 12	215,1	245,8	430,2	276,6	122,9	92,2	30,7	30,7	0
Parcel·la 14	51,6	309,5	515,8	412,6	386,8	154,7	25,8	0	0
Parcel·la 15	551,9	230	161	230	253	23	0	0	0
Parcel·la 18	161,9	188,9	134,9	188,9	269,9	242,9	27	0	0
Parcel·la 20	160	160	346,6	373,3	266,6	106,7	53,3	53,3	26,7
Parcel·la 22	561	504,9	56,1	56,1	28,1	0	0	0	0
Parcel·la 24	221,3	172,2	98,4	123	123	147,6	49,2	0	0
Parcel·la 27	69,3	115,6	416,1	277,4	138,7	161,8	46,2	0	0
Parcel·la 28	125,2	676	751,1	475,7	150,2	50,1	50,1	0	25
Parcel·la 29	205	227,8	341,7	205	113,9	22,8	0	22,8	0

Font: Elaboració pròpia.

Així, podem conèixer la distribució en classes diametrals mitjana de tot el bosc (veure Taula 11).

Taula 11. Distribució dels individus de *Pinus sylvestris* en classes diametrals diametrals (Obaga de Colldéu, novembre de 2014).

CD	Individus [peus]	Densitat [ind/ha]
Plançons	8.457,4	327,8
5	6.187,7	239,8
10	6.722,1	260,5
15	6.538,2	253,4
20	5.515,9	213,8
25	3.596,7	139,4
30	2.228,8	86,4
35	536,7	20,8
40	283,2	11
45	284,8	11

Font: Elaboració pròpia.

Per elaborar els posteriors càlculs de biomassa, també necessitem les alçades dels individus mesurats (veure apartat 4). A continuació exposem les alçades per cada classe diametral (veure Taula 12).

Taula 12. Alçades per classe diametral diametrals (Obaga de Colldéu, novembre de 2014).

CD	Alçada [m]
5	3,7
10	6,1
15	12,6
20	13,7
25	12,5
30	16,4
35	18,5
40	16,6
45	18,7

Font: Elaboració pròpia.

Es pot observar que els individus a partir de la CD 30 tenen una altura d'entre 16 i 19 metres. Això és degut a què en certes zones del bosc hi ha tanta densitat arbòria que tots els individus amb una alçada inferior moren per falta de llum. A aquest fenomen se l'anomena procés d'autoaclarida. Aquest fet resulta en una comunitat arbòria amb una alçada uniforme independentment del seu diàmetre.

Un cop coneguda la distribució del bosc en classes diametrals i la seva alçada, es pot calcular la biomassa total i el carboni fixat en la parcel·la d'estudi.

5.1.3. Biomassa i carboni inicial

El càlcul de la fixació requereix d'un estudi de la biomassa forestal present a la nostra àrea d'estudi i, conseqüentment, la quantitat de carboni i CO_2 actual fixat en el bosc. Utilitzarem dues metodologies creades pel CREAF que ens permetran conèixer aquest valor: el BAT i el model de simulació GOTILWA+ (veure apartat 4).

- **Mètode BAT**

Per tal de determinar el volum del fust hem utilitzat l'Equació 2, el resultat del qual es presenta a la Taula 13.

El volum de les branques no ha sigut possible determinar-lo seguint les Equacions 4 i 5 ja que no hem disposat dels recursos materials necessaris per poder mesurar els diàmetres i les longituds d'aquestes. Consultant un projecte de captura de carboni de *Pinus sylvestris* (Montero *et al*., 2004) hem pogut constatar que el volum de les branques respecte el volum total és del 17%, per tant hem aplicat aquest percentatge per tal d'obtenir els valors de la Taula 13.

Taula 13. Volum de la biomassa aèria del bosc de *Pinus sylvestris* diametrals.

CD	Volum Fust [m^3]	Volum Branques [m^3]
5	19,8	4,1
10	141,7	29
15	640,6	131,2
20	1.044,6	213,9
25	971	198,9
30	1.136,9	232,8
35	420,4	86,1
40	259,9	53,2
45	372,7	76,3
Total	**5.007,5**	**1.025,6**

Font: Elaboració pròpia.

El següent pas consisteix en determinar la Biomassa Aèria Total inicial (Equació 7). Per portar-ho a terme és necessari transformar els volums totals del fust i de les branques a unitats de massa, per aquest motiu s'utilitza la densitat del pi roig tal i com es mostra a l'Equació 8 i 9 respectivament. Segons dades del Centre Tecnològic Forestal, la densitat del pi roig (60% de humitat) és de 0,768 t/m^3. El resultat el podem observar en la Taula 14.

Taula 14. Biomassa Aèria Total inicial del bosc de *Pinus sylvestris* diametrals.

BAT [t]	
Biomassa fust	3.845,7
Biomassa branques	787,7
Total	**4.633,4**

Font: Elaboració pròpia.

El valor obtingut correspon a les 25,8 hectàrees que ocupa l'Obaga.

Per finalitzar, seguint la metodologia descrita, apliquem l'Equació 10 per tal de determinar la quantitat de carboni que hi ha capturat en la Obaga de Colldéu. La quantitat de carboni que conté el *Pinus sylvestris* correspon al 50% de la seva biomassa total (Montero *et al.,* 2004). Mitjançant l'Equació 11 convertim la quantitat de Carboni a quantitat de CO_2.

Recordem que a la proposta de referència (FIP) només es gestionen 15 ha. D'aquesta manera, a la Taula 15 podem apreciar els resultats de carboni i CO_2 fixat a la totalitat de la Obaga i a la finca gestionada.

Taula 15. Quantitat de carboni i CO_2 inicial capturat en el bosc de *Pinus sylvestris* en funció del mètode BAT.

	25,8 ha	15 ha
Carboni [t]	2.316,7	1.346,9
CO_2 [t]	8.495,4	4.939,2

Font: Elaboració pròpia.

- **Mètode GOTILWA+**

El mètode de simulació GOTILWA+ no produeix un resultat de forma directa com el BAT sinó que el resultat proporcionat es basa en diferents variables que ja es troben exposades a l'apartat 4.

L'estructura de densitats de les classes diametrals dels individus de *Pinus sylvestris* presentades a la Taula 11 s'han introduït al programa, tot generant el gràfic de distribució següent (Figura 15).

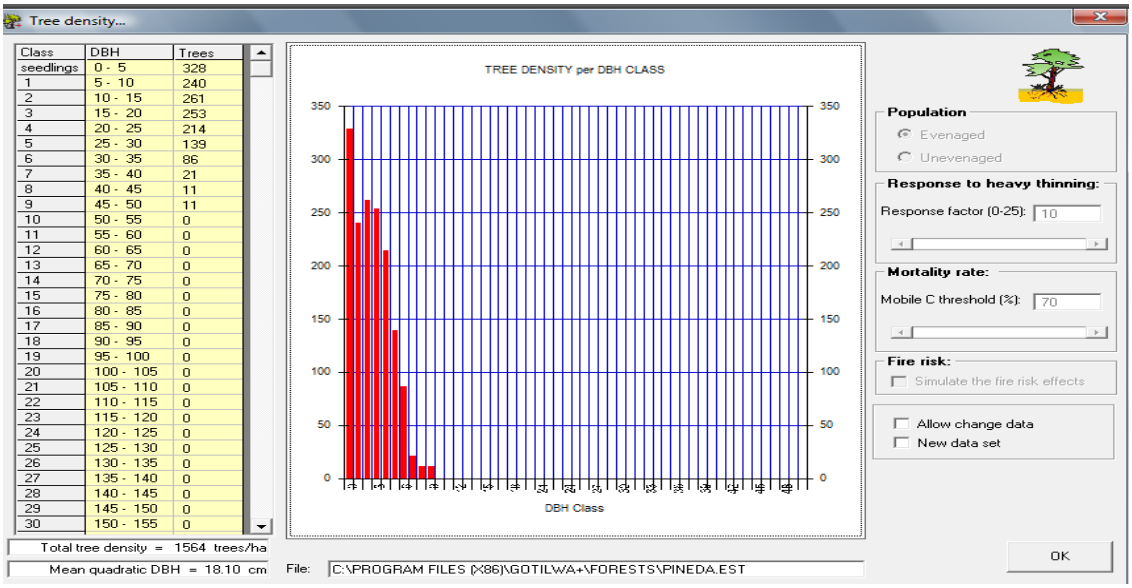


Figura 15. Distribució inicial dels individu de *Pinus sylvestris* en classes diametrals. **Font:** Elaboració pròpia a través de GOTILWA+.

Pel que fa a les dades edàfiques, s'han extret les dades de pedregositat i MOS[32] de l'informe de la Universitat de Valladolid (veure Annex I). El programa, però, necessita el COS[33]. Per aquest motiu s'utilitzarà l'equació 14 per a calcular el COS a partir del MOS (6,92%) (Schumacher, 2002).

$$COS = \frac{MOS}{1{,}724} \quad \textit{Equació 14}$$

A la Taula 16 es mostren les dades edàfiques introduïdes al GOTILWA+.

Taula 16. Variables edàfiques de la Obaga de Colldéu, 2013 i 2014.

Variables edàfiques	
Pedregositat [%]	72,6
Profunditat del sòl [m]	0,2
COS[%]	4

Font: Elaboració pròpia a partir de les dades aportades per la Universitat de Valladolid.

La profunditat del sòl és de 20 cm (Escuté, 2015 *in letter*).

[32] Matèria Orgànica del Sòl.
[33] Carboni Orgànic del Sòl.

Aquestes dades edàfiques permeten al GOTILWA+ determinar la capacitat del sòl de retenir aigua. Aquest paràmetre resulta clau pel creixement dels arbres , per tant, per la capacitat del bosc de fixar carboni. En aquest cas el sòl és capaç de retenir, com a màxim, 12,9 mm. A la Figura 16 es pot observar l'opció del programa que permet introduir les dades anteriorment esmentades.

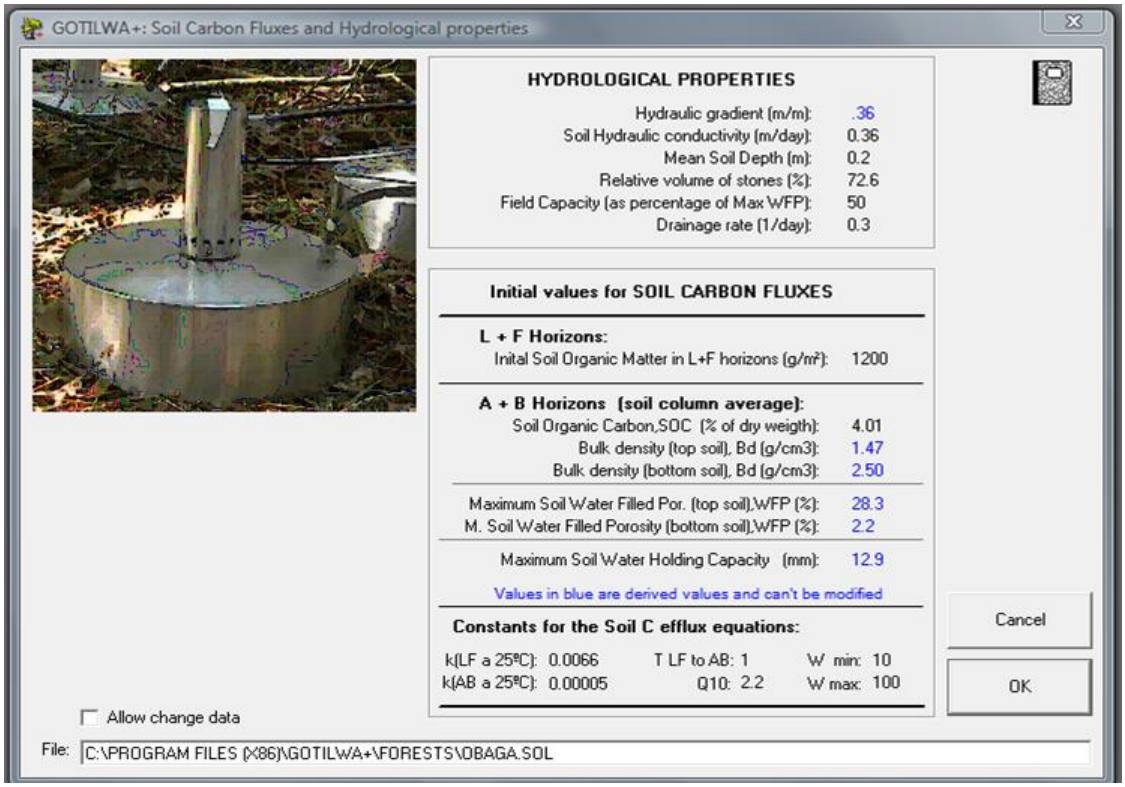


Figura 16. Dades edàfiques de la Obaga de Colldéu. **Font:** Elaboració pròpia a través de GOTILWA+.

A continuació s'han utilitzat les mitjanes mensuals de l'estació de Port del Compte per a crear la nostra pròpia sèrie climàtica que representi el clima de la Vall d'Alinyà. Les dades utilitzades es mostren a la Taula 17.

Taula 17. Mitjanes mensuals de Port del Compte pel període 2007-2013.

	Irradiació solar (Q) [MJ/m^2]	Precipitació (P) [mm]	Dies de precipitació (Days P)	Temperatura mínima (Min T)[ºC]	Temperatura màxima (Max T)[ºC]	Velocitat del vent (W)[m/s]
Gener	8,7	52,7	8,7	-5	0,4	5,8
Febrer	12,1	44,1	9,6	-6,7	-1,1	6,1
Març	16,7	100,6	12,9	-5,1	0,6	5,9
Abril	18,7	137,5	15	-2,2	3	5,3
Maig	21,4	131,9	15,6	1	6,8	5,2
Juny	24,5	109,7	10,1	5	11,4	4,9
Juliol	27	70,4	7,7	7,7	14,7	4,7
Agost	23,3	52,3	8	8,5	15,2	4,5
Setembre	18	61,6	9	5,1	11,1	4,3
Octubre	12,9	109,2	9,4	1,9	7,4	5,1
Novembre	8,9	92,5	9,4	-2,8	2	6,3
Desembre	7,4	68,6	7,9	-3,4	0,5	6,5

Font: Elaboració pròpia amb les dades extretes del Meteocat.

D'aquesta manera, les mitjanes de Poblet (Figura 17) s'han substituït per les de Port del Compte (Taula 17) per a aprofitar la variabilitat de les dades de Poblet.

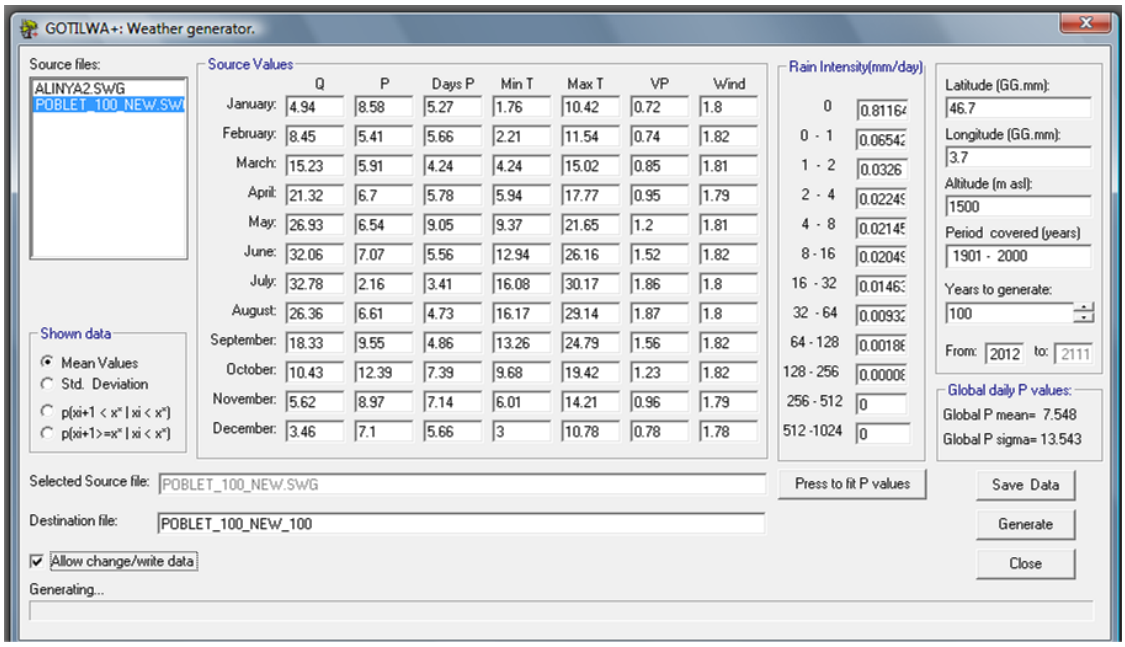


Figura 17. Generador meteorològic de GOTILWA+. **Font:** Elaboració pròpia a través de GOTILWA+.

D'aquesta manera, només amb la distribució dels individus de *Pinus sylvestris* en les diferents classes diametrals ja permet conèixer al programa la biomassa inicial, ja que les dades referents a les relacions al·lomètriques d'aquesta espècie estan predefinides a la seva base de dades.

Així, hem produït diverses simulacions per determinar la biomassa inicial del bosc (veure Taula 18).

Taula 18. Simulacions de la biomassa inicial de l'Obaga segons el model GOTILWA+.

Simulació	Biomassa inicial [t/ha]
1	77,73
2	77,69
3	77,67
4	77,67
5	77,66
Mitjana	**77,68**

Font: Elaboració pròpia.

D'aquest valor per hectàrea en podem extreure la biomassa total per 25,8 ha, però també el carboni i el CO_2 inicial (veure Taula 19).

Taula 19. Biomassa i carboni capturat en el bosc de *Pinus sylvestris* en funció del mètode GOTILWA+.

Biomassa i carboni capturat [t]	
Biomassa	4.008,5
Carboni	2.004,3
CO_2	7.349,6

Font: Elaboració pròpia.

Analitzant les dues dades de les estimacions de la biomassa aèria inicial, la estimació del BAT resulta en una xifra que és un 13,5% inferior a la calculada amb el GOTILWA+.

A continuació desenvoluparem els tres escenaris de gestió forestal que s'han analitzat en el nostre projecte.

5.2. Escenari 1: Proposta de la Fundació Integra Pirineus

El pla tècnic de la Fundació Integra Pirineus, per gestionar la Obaga estableix que es poden extreure al voltant de 720 t, és a dir, unes 48 t/ha, ja que la Fundació Integra Pirineus proposa que només 15 ha de les 25,8 ha que presenta l'Obaga són interessants des del punt de vista econòmic. No obstant, el Centre de Propietat Forestal autoritza a treure en algunes zones fins a 70 t/ha, però la FIP ha tingut en compte certs criteris de sostenibilitat de la explotació, ja que són zones elevades amb possibilitat de nevades i ventades fortes i s'ha de mantenir una certa cohesió en l'estructura del bosc. Aquest pla tècnic ens servirà de referència a l'hora d'elaborar la nostra proposta de gestió des del punt de vista de l'optimització de la fixació de carboni, ja que ens aporta una base per comparar la gestió, a més de dades econòmiques, de processos, de maquinària, etc que ens ajuden a entendre la dinàmica d'aquestes actuacions en el medi.

5.2.1. Resultats i discussió de l'estudi del carboni

En aquest apartat exposarem les dades i els protocols de càlcul necessaris per a elaborar el balanç de carboni.

- **Fixació de CO_2**

A continuació calcularem la fixació resultant de la proposta de gestió de la FIP.

- Càlcul del percentatge d'aclarida

Hem utilitzem la xifra de biomassa inicial procedent del programa GOTILWA+ per calcular el percentatge d'aclarida a la zona estudiada per cada proposta.

Així, hem calculat el percentatge d'aclarida real que portarà la FIP. Recordem que la gestió forestal es portarà a terme en 15 ha, per tant hem determinat l'aclarida sobre aquestes hectàrees i no sobre la superfície total de la Obaga. La biomassa que s'extreu són 720 t i la biomassa que hi ha en aquestes 15 ha és de 2.330,5 t.

Amb aquestes dades, podem determinar la aclarida que es durà a terme és del **30,9%.**

- Determinació de la fixació de 15 hectàrees del bosc de *Pinus sylvestris*

En aquestes 15 hectàrees es realitzarà una aclarida del 30,9% que suposarà la extracció de 720 tones. Per aquest percentatge d'aclarida estudiarem, amb el model GOTILWA+, quin és l'increment de carboni que es produeix al bosc per un període de 15 anys, és a dir, quant carboni, que posteriorment convertirem a CO_2, quedarà fixat al bosc per a aquest temps. Hem simulat 15 anys ja que és el període establert per a assolir els objectius de fixació per a la venta de crèdits per part de la fundació. El model GOTILWA+ ens proporciona la biomassa i el carboni capturat per hectàrea, que haurem de transformar al total de superfície gestionada.

De la mateixa forma que s'ha procedit amb la biomassa inicial, calcularem el carboni capturat per hectàrea en 15 anys amb 5 simulacions que disminueixin els efectes de la estocasticitat del programa (veure Taula 20).

Taula 20. Simulacions de l'increment de carboni per hectàrea en 15 anys per l'aclarida del 31%.

Simulació	Increment de carboni [t C/ha]
1	6,3
2	6,27
3	6,26
4	6,3
5	6,35
Mitjana	**6,3**

Font: Elaboració pròpia.

D'aquest valor per hectàrea podem determinar el carboni total per les 15 hectàrees gestionades en 15 anys, però també el CO_2 fixat.

Per tant, amb aquest increment de carboni per hectàrea aconseguim un valor de 94,4 t de carboni fixat. Finalment, segons l'Equació 11, podem obtenir la quantitat de CO_2 fixat en quinze anys per la superfície gestionada, que serà de 346,3 tones de CO_2. A la Taula 21 es mostren els resultats de fixació totals de la parcel·la i el increment de fixació respecte a la no gestió de l'àrea d'estudi, en unitats de carboni i CO_2.

Taula 21. Carboni i CO_2 capturat en quinze anys en 15 hectàrees en el bosc de *Pinus sylvestris* en funció del mètode GOTILWA+ a l'escenari 1.

	Fixació total		Fixació respecte el bosc sense gestionar	
Unitats	t/ha	t	t/ha	t
Carboni	6,3	94,4	2,1	31,6
CO_2	23,1	346,3	7,7	115,8

Font: Elaboració pròpia.

Així, podem afirmar que el CO_2 fixat en les 15 hectàrees gestionades per la FIP durant 15 anys seria de **346,3 t**, és a dir, 6,3 t C/ha. Si analitzem les dades anuals podem veure que la fixació total seria de **0,42 t C/ha/any** o **1,54 t CO_2/ha/any.**

Això vol dir que la fixació obtinguda a través d'un 31% d'aclarida és un 50,2% major que la fixació del bosc sense cap intervenció al llarg de 15 anys (veure Figura 24), aconseguint **115,8 t de CO_2** més en termes absoluts (un increment de **0,14 t C/ha/any o 0,51 t CO_2/ha/any**). Aquest valor, per tant, ens indica l'augment de fixació del bosc degut a la proposta d'intervenció de la FIP.

- **Auditoria d'emissions de CO_2**

Per justificar que el carboni total de la massa tractada sigui més elevada que el carboni inicial, es necessari que s'expliqui què se'n fa de la fusta quan es talla i quan CO_2 s'emet per tallar-la, processar-la i transportar-la. Així, a continuació analitzarem, en la seva globalitat, el cicle del carboni, expressat en CO_2.

La realització del balanç de CO_2 requereix el coneixement de les emissions que comporta el procés de gestió forestal i tractament dels productes resultants de l' explotació forestal. Per a la certificació dels crèdits, l'auditor necessita comprovar, dins el pla de gestió proporcionat, com es desenvolupa el cicle del carboni, i això implica conèixer quin impacte en termes d'emissions tenen els treballs que poden fer possible que el bosc augmenti la seva fixació.

Veurem quina funció desenvolupa la maquinària i quins són els seus consums, prenent com a dada quan sigui necessari el valor mig dels rangs de consum que hem trobat. Una jornada laboral en els nostres càlculs correspon a vuit hores diàries.

Per realitzar l'auditoria hem utilitzat la *Guía práctica para el cálculo de emisiones de Gases de Efecto invernadero* de la Generalitat de Catalunya (2013) amb l'aportació de la Oficina de Canvi Climàtic, que indica com a metodologia de càlcul d'emissions més adequada la que utilitza com a font de dades la quantitat de litres consumits per davant d'altres que utilitzen la quantia econòmica associada al consum o els kilòmetres recorreguts amb la marca i model del automòbil.

La maquinària implicada en el projecte utilitza diferents combustibles convencionals: gasolina, gasoil i gasoil agrícola. Cadascun d'ells presenta diferents factors d'emissió que mostrem a la Taula 22.

Taula 22. Factor d'emissions dels combustibles convencionals emprats.

Combustible	Factor d'emissió [kg CO_2/L]
Gasolina	2,38
Gasoil	2,61
Gasoil agrícola	2,69

Font: Elaboració pròpia a partir de les dades de la Generalitat de Catalunya.

L'estudi intenta ser independent i crític en la seva globalitat en quant a dades econòmiques i maquinària adequada però el desconeixement del món professional en l'àmbit de la gestió forestal i del tractament de la biomassa, ens obliga a fer concessions assumint la veracitat de les dades proporcionades per la Fundació Integra Pirineus, que ja disposa d'un pla de gestió de la zona basant-se en un inventari forestal i en la experiència de molts anys en aquesta temàtica.

Al llarg del treball, desglossarem els processos que intervenen en la producció d'aquest gas d'efecte hivernacle per les tres propostes per després analitzar aquestes dades conjuntament amb la capacitat de fixació de CO_2 del bosc, i realitzar el balanç.

A la proposta actual de gestió establerta per la Fundació Integra Pirineus explicarem amb major extensió com es porten a terme els processos que causen les emissions de CO_2, per posteriorment, comparar-ho la petjada de carboni per la nostra proposta d'optimització de la fixació de carboni.

- Gestió forestal

La gestió forestal, segons la FIP, es durà a terme en un període de 2 mesos, és a dir, de 40 dies hàbils. En primer lloc, caldrà acabar d'obrir les pistes forestals que permetin l'explotació del bosc i l'arrossegament dels troncs (Figura 18). Aquesta tasca la porta a terme la retrocarregadora o mixta. La FIP no disposada d'aquesta maquinària, per aquest motiu ha de subcontractar aquest servei a una empresa externa.

La retrocarregadora o mixta pot obrir camins a un ritme de 0,8-1,2 km/dia de treball. Segons la FIP, es necessiten obrir 1300 metres de camins addicionals als existents , per tant, utilitzant el valor mig d'aquest rang podem determinar que es podrà completar en 1,3 dies.

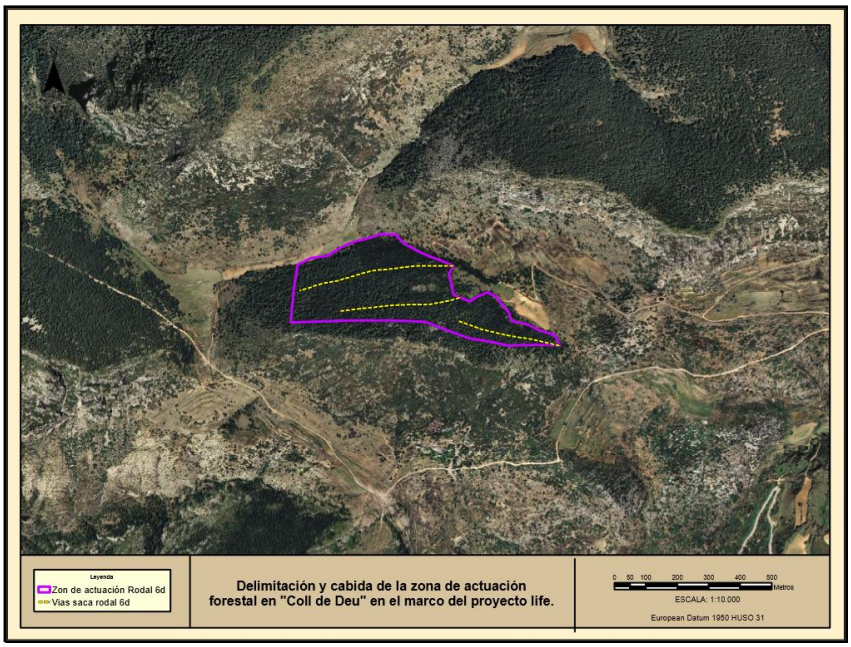


Figura 18. Obertura de camins a les 15 ha de l'Obaga de Colldéu gestionades per la FIP. **Font:** FIP.

Seguidament es procedeix al tallat i desbrancat dels arbres. El procediment és el següent: un grup de 3 persones, anomenat colla, és l'encarregat de desbrancar els arbres ja abatuts mitjançant una motoserra STIHL MS 261 que funciona amb gasolina. La persona que prèviament s'ha encarregat de tallar els arbres és el cap de colla que utilitza un model STIHL MS 441 de major potència la qual també funciona amb gasolina. Aquestes eines consumeixen 7 dipòsits diaris que contenen 0,5 L i són propietat de la FIP.

Un cop els arbres han estat abatuts i desbrancats es porta a terme el desembosc. Els troncs són lligats amb un cable procedent d'un cabrestant col·locat a un tractor forestal situat al camí forestal obert per la mixta. Aquest tractor carrega els troncs i els transporta als camions que es troben aparcats a una zona habilitada just a les afores del bosc. El tractor forestal, que utilitza gasoil agrícola, treballarà de forma continua i durant tot el període i, igual que en el cas de les motoserres, també és propietat de la FIP.

A la Taula 23, hem aplicat els diferents factors d'emissió segons el tipus de combustible que utilitzen, per calcular les emissions de la gestió forestal.

Taula 23. Emissions resultants del procés de gestió forestal de la proposta de la FIP.

Tasques	Maquinària	Modalitat	Consum horari [L/h]	Consum [L/dia]	Consum total [L]	Emissions [kg de CO_2]
Obertura de camins	Retrocarregadora/ Mixta	Subcontractat	13,8	110,4	143,5	341,6
Desembosc	Tractor forestal amb cabrestant	Recursos propis	6,5	52	2.080	5.595,2
Tallar i desbrancar	4 motoserres MS441-MS261	Recursos propis	0,44	14	560	1.332,8

Font: Elaboració pròpia a partir de dades de: Fundació Integra Pirineus; "*Asociación Española de Valorización Enegética de la Biomasa*"; Generalitat de Catalunya; Diputació de Barcelona.

- Transport

A través de Google Earth, hem obtingut les distàncies entre els llocs clau que necessitarem per determinar els recorreguts que faran els camions i que posteriorment contribuiran a les dades d'emissions (veure Taula 24).

Taula 24. Recorreguts parcials entre llocs clau del transport.

Recorregut	Distància [km]
La Seu d'Urgell- Obaga de Colldéu	45,5
Obaga de Colldéu-Gravera	12,8
Obaga de Colldéu-Solsona	48,2
Gravera-La Seu d'Urgell	38

Font: Elaboració pròpia.

La biomassa extreta al bosc segueix dues vies. D'una banda, 288 t es transporten en un camió de 16 t amb un consum de 33,3 L/100 km de gasoil a una gravera propera, per posteriorment ser distribuïts com a biomassa verda en camions per ser tractada per altres empreses (Camió 1). D'altra banda, 432 t es venen a la serradora de Solsona FUSTES JANÉ S.L directament des del bosc a l'Obaga de Colldéu en un camió de 21 t que consumeix 33,3 L/100 km de gasolina (Camió 2). Així, el transport i les seves emissions s'estructuren com veiem a la Taula 25.

Taula 25. Emissions corresponents als processos de transport de la proposta de la FIP.

Tasques	Maquinària	Recorregut	Distància [km]	Nº de viatges	Consum total [L]	Emissions [kg de CO_2]
Troncs destinats a la gravera	Camió 1	La Seu d'Urgell- Obaga de Colldéu- Gravera- La Seu d'Urgell	96,3	18	577,8	1.375,2
Troncs destinats a la serradora	Camió 2	Solsona- Obaga de Colldéu- Solsona	96,4	21	674,8	1.761,2

Font: Elaboració pròpia a partir de dades de FIP, "*Asociación Española de Valorización Enegética de la Biomasa*"; Generalitat de Catalunya.

- Distribució

A més a més, s'han d'incloure en el procés les emissions causades per la distribució de la biomassa verda acumulada a la gravera (en cas que no sigui triturada) i la distribució dels productes acabats que surten de la serradora (veure Taula 26). La biomassa verda (288 t) es distribueix en camions de gasolina de 8,5 t de capacitat que consumeixen 18 L/100 km de gasolina (Camió 3) i es ven a majoristes o minoristes en un radi d'acció de 50 km (considerem trajectes de 25 km) que poden fer estella o tractar-la d'altres formes. Per distribuir les 288 t es necessiten 29 viatges. Depenent de les condicions del mercat, aquesta biomassa es pot deixar assecar per després triturar-la a través de la FIP per vendre-la com a estella a un preu més elevat mitjançant l'ús d'una trituradora subcontractada, fet que es produiria a la mateixa gravera. Aquesta opció, però, no serà contemplada en cap escenari de gestió.

Els productes de la serradora són venuts a la zona industrial dels polígons de les rodalies de Barcelona, fent 160 km de trajecte en camions de 30 t que consumeixen 35 L/100 km de gasoil (Camió 4). Considerem que la pèrdua de massa en el procés industrial és menyspreable i que s'envien la pràctica totalitat de les 432 t en 15 viatges.

Taula 26. Emissions corresponents als processos de distribució de la proposta de la FIP.

Tasques	Maquinària	Recorregut	Distància per viatge [km]	Nº de viatges	Consum total [L]	Emissions [kg de CO_2]
Distribució de fusta per estella	Camió 3	La Seu d'Urgell - Gravera - Radi d'acció de 50 km - La Seu d'Urgell	101	29	527,2	1.254,8
Distribució de productes a la serradora	Camió 4	Solsona- Zona industrial dels polígons de les rodalies de Barcelona	160	15	840	2.192,4

Font: Elaboració pròpia a partir de dades de FIP; BMW i Generalitat de Catalunya.

El nostre estudi és coherent amb les dades proporcionades per la serradora FUSTES JANÉ S.L, que calcula el consum de gasoil del Camió 4 com el 60% del consum total dels dos camions que proporciona la serradora (Camions 2 i 4), i en el nostre estudi suposa el 55,5%.

- Tractament

En primer lloc, la serradora és una font important d'emissions de CO_2. Els processos que es donen a la serradora són pràcticament d'ús d'electricitat com a vector energètic, per tant els consums que es donen en derivats del petroli són menyspreables.

Amb dades d'un treball de recerca anomenat *Análisis de los consumos de energia eléctrica en aserraderos* hem obtingut el consum promig en kWh per m^3 de fusta tractada. Mitjançant la densitat de la fusta a 60% d'humitat (0,768 t/m^3) proporcionat per documents del Centre Tecnològic Forestal hem pogut determinar el consum en kWh per tona de fusta (veure Taula 27). Posteriorment, per a calcular les emissions, hem utilitzat la mitjana nacional de les

emissions de CO_2 referents a la mescla de producció del sistema elèctric espanyol de 2013, que és de 0,27 kg CO_2 per kWh generat.

Taula 27.Emissions resultant del processos de tractament a la serradora a la proposta de la FIP.

Tasques	Consum [kWh/ m^3]	Consum [kWh/t]	Consum total [kWh]	Emissions [kg de CO_2]
Processos de tractament de la fusta en la serradora	16,7	21,7	9.374,4	2.531,1

Font: Elaboració pròpia a partir de dades de *Fernández-Golfín et al.,* 1993; *Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia.*

Al llarg de l'auditoria s'ha comentat la possibilitat que la biomassa verda pugui ser deixada a la gravera per assecar-se i posteriorment ser estellada a les mateixes instal·lacions en funció de la demanda i dels preus de mercat de les dues matèries. Si aquesta proposta es portés a terme, la trituradora aportaria emissions (vegeu Taula 28), però el seu càlcul no es comptabilitzarà en les emissions globals del projecte. Només pretén ser una aportació per conèixer la seva rellevància dins els resultats finals.

Taula 28. Emissions potencials de la trituradora a la proposta de la FIP.

Tasques	Maquinària	Productivitat [t/h]	Consum [L/h]	Massa per triturar [t]	Temps de treball [h]	Consum total [L]	Emissions [Kg de CO_2]
Trituració	Trituradora	5,5	12	288	52,4	628,8	1.496,5

Font:Elaboració pròpia a partir de dades de "*Asociación Española de Valorización Enegética de la Biomasa*"; Generalitat de Catalunya.

- Resultats i anàlisi

A la Taula 29 presentem una taula resum de les emissions per a cada procés, amb la seva contribució relativa, i el total d'emissions.

Taula 29. Emissions totals de CO_2 per procés de la proposta de la FIP.

Procés	Emissions [kg de CO_2]	Contribució relativa (%)
Gestió forestal	7.269,6	44,4
Transport	3.136,4	19,1
Distribució	3.447,2	21
Tractament	2.531,1	15,5
Total	**16.384,3**	**100**

Font: Elaboració pròpia.

Les emissions globals del procés de gestió forestal, transport i tractament de la fusta són de **16.384,3** kg de CO_2, és a dir, 16,4 tones. Per hectàrea, això representa **1.092,3 kg CO_2/ha**. Si incloguéssim les emissions de la trituradora, estaríem parlant de 17.880,8 kg de CO_2 d'aquesta manera la trituradora causaria el 8,4% de les emissions totals.

Atenent als processos que originen aquestes emissions, la gestió forestal i els processos de transport, distribució inclosa, són els que tenen una major contribució a les emissions totals, amb un 44,4% i un 41,1% respectivament. El transport dels troncs suposa un 19,1% de les

emissions mentre que la part de la distribució representa un 21%. El procés que menys diòxid de carboni emet és el tractament de la fusta en la serradora (15,5%).

A més a més, s'ha volgut conèixer la distribució de les emissions per a cada maquinària que s'utilitza en els processos que hem descrit amb anterioritat (Figura 19).

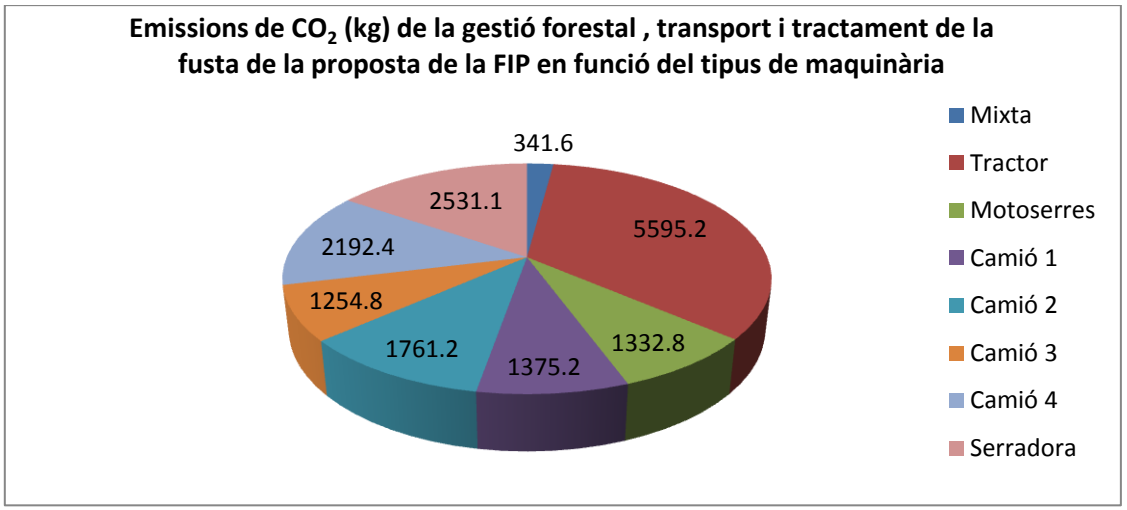


Figura 19. Emissions de CO_2 per tipus de maquinària. **Font:** Elaboració pròpia.

El tractor representa el 34,1 % de les emissions total. La resta de maquinària està repartida de forma homogènia. Les emissions dels camions suposen un 41,1%. Els camions subcontractats a la serradora generen el 60% de les emissions dels camions.

- **<u>Balanç de CO_2</u>**

Seguidament presentem el balanç de CO_2 de la proposta de la FIP seguint l'Equació 13.

$$\text{Balanç de } CO_2 = 115{,}8\text{ t} - 16{,}4\text{ t} = \mathbf{99{,}4\text{ t de } CO_2}$$

Aquesta xifra seria necessària per demostrar l'auditor que amb aquesta gestió es captura una determinada quantitat de carboni i l'haurem de dividir entre el nombre d'anys per saber quants crèdits corresponen de mitja anualment, que són els que es pagaran (**6,6 crèdits/any**). Si es certifiquen els crèdits i coneixem el preu que es paga per cada crèdit podrem saber quin serà l'import que rebrà la Fundació Catalunya-La Pedrera com a conseqüència d'aquest treball que implica un servei ambiental de millora en la mitigació del canvi climàtic. El benefici generat per aquests crèdits l'analitzarem a l'apartat 5.2.2.

No obstant, nosaltres busquem una proposta que maximitzi la fixació de carboni, i que després de conèixer la magnitud de les emissions, ens permeti obtenir el millor balanç de CO_2. Desconeixem si aquesta proposta s'apropa o no a la presentada per la FIP. Així, posteriorment, per la nostra proposta buscarem quin és el percentatge d'aclarida que permet aconseguir la màxima fixació de CO_2 i obtenir el millor balanç possible.

5.2.2. Resultats i discussió de l'estudi econòmic

A continuació presentarem les dades econòmiques de la gestió forestal que es portarà a terme a la zona d'estudi, a la Obaga de Colldéu. L'estructura serà molt semblant a la part ambiental: primer de tot analitzarem les variables incloses en el balanç: els costos i els ingressos. A partir de les dues variables calcularem el balanç econòmic de la gestió forestal. Finalment analitzarem si els ingressos procedents de la venta de crèdits de carboni (anomenats ingressos indirectes) poden millorar el balanç o, per contra, no són necessaris destinar-los en el aquest projecte.

Cal dir que l'anàlisi econòmic de l'explotació forestal s'emmarca dins de la gestió de l'empresa encarregada de realitzar-la. Per tant, solament tindrem en compte els ingressos que rep la FIP a partir de la venta de la matèria primera i dels possibles subproductes i els costos que ha d'assumir aquesta. Això significa que la venta dels productes que la serradora obté gràcies a la venta de la biomassa per part de la FIP no es tenen en compte ja que no té una repercussió econòmica per a la fundació però, per contra, sí que es tenen en compte en el balanç ambiental ja que tant el tractament de la biomassa com la distribució dels productes sí que es tenen presents ja que la Unió Europea té en compte totes les emissions de CO_2 generades durant tot el projecte per decidir si les accions realitzades que puguin convertir el bosc en embornal de carboni.

- **Ingressos**

A la Taula 30 adjuntada seguidament, es presentaran els ingressos que es generen en l'explotació forestal.

Taula 30. Ingressos obtinguts en l'explotació forestal.

Destinació	Biomassa [t]	Preu de venta [€/t]	Ingrés [€]
Estella	288	22	6.336
Serradora	432	48	20.736
Total	-	-	**27.072**

Font: Elaboració pròpia a partir de dades obtingudes del director de la FIP.

Com es pot observar el preu de venta de la fusta per a serradora és més del doble que el preu de venta per a la biomassa que es destina a estella. Aquest fet és degut a què la fusta que es necessita per elaborar mobiliari o altres productes relacionats amb la construcció ha de ser d'una major qualitat i per tant té un valor més elevat en el mercat.

- **Costos**

Els costos econòmics han sigut desgranats per tal de fer-los més comprensibles. Presentarem els costos de cada etapa del projecte analitzant la maquinària que s'utilitzarà en la gestió forestal i el transport de la matèria primera als punts de venta tal i com s'ha explicat a l'apartat 5.2.1. Cal dir que la FIP ens ha facilitat un nombre reduït de dades per tant hi ha part dels costos que ens són desconeguts i que haurem d'assumir com a sous dels treballadors i com a costos addicionals no facilitats.

- Gestió forestal

A la Taula 31 es determina el cost de l'obertura de camins mitjançant la retrocarregadora o mixta.

Taula 31. Cost de l'obertura de camins.

Mixta		
Distància [m]	Preu [€/m]	Total
1.300	2,5	3.250

Font: Elaboració pròpia a partir de dades obtingudes del director de la FIP.

Per determinar els costos del tallat i desbrancat, primerament, i per cada model, es presentaran les variables que s'utilitzaran pel càlcul a la Taula 32 i 33 i seguidament es determinarà el cost que suposen a la Taula 34.

Taula 32. Variables de la motoserra pel tallat dels arbres.

Motoserra MS 441	
Cost [€]	1.089
Vida útil [mesos]	24
Consum combustible [L/dia]	3,5
Preu combustible [€/L]	1,238
Quantitat	1

Font: Elaboració pròpia a partir de dades del Catàleg de STIHL, 2013; del director de la FIP; *Diario expansión*.

Taula 33. Variables de la motoserra pel desbrancat dels arbres.

Motoserra MS 261	
Cost[€]	799
Vida útil [mesos]	24
Consum combustible [L/dia]	3,5
Preu combustible [€/L]	1,238
Quantitat	3

Font: Elaboració pròpia a partir de dades del Catàleg de STIHL, 2013; del director de la FIP; *Diario expansión*.

Taula 34. Cost del tallat i desbrancat.

Motoserra MS 441		Motoserra MS 261 (x3)	
Preu [€/2mesos]	90,8	Preu [€/2mesos]	199,8
Combustible [€]	173,3	Combustible [€]	520

Font: Elaboració pròpia.

També determinarem la part proporcional del cost del tractor per portar a terme l'aclarida i el cost del combustible. Primerament es presentaran les variables que s'utilitzaran pel càlcul a la Taula 35 i seguidament es presentarà el cost a la Taula 36.

Taula 35. Variables del tractor forestal pel desembosc.

Tractor Forestal amb cabestrant	
Cost [€]	40.000
Vida útil [mesos]	120
Consum combustible [L/h]	6,5
Treball [h/dia]	8
Preu combustible [€/L]	1,238
Quantitat	1

Font: Elaboració pròpia a partir de dades del director de la FIP; *Diario Expansión*.

Taula 36. Cost del desembosc.

Tractor Forestal	
Preu [€/2 mesos]	Combustible
666,7	2.575

Font: Elaboració pròpia.

En aquest punt és on el procés de gestió forestal finalitza. A continuació presentem la Figura 20 en la qual es podrà comprovar el repartiment de costos en les diferents etapes del procés descrit anteriorment i facilitar la discussió d'ells.

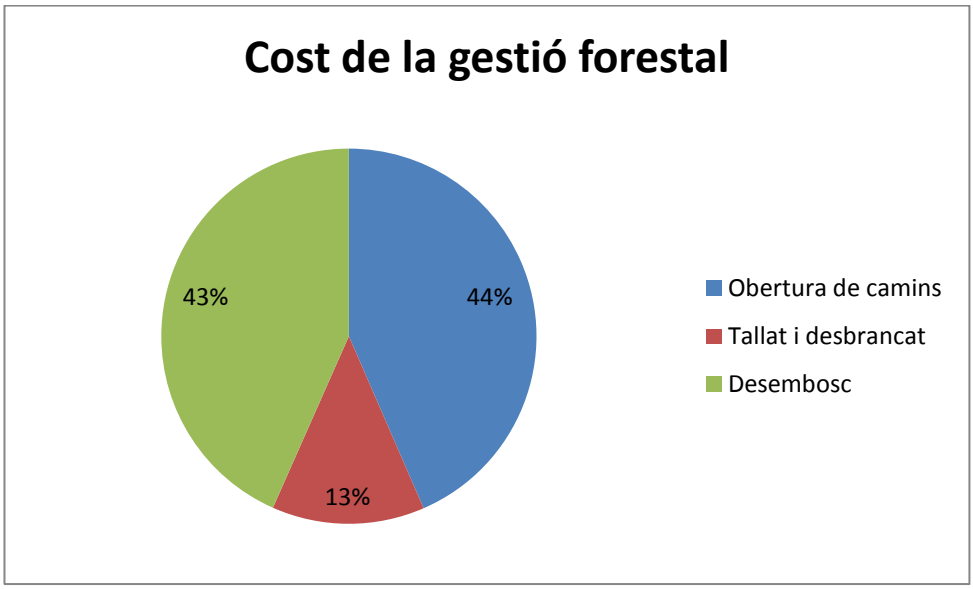


Figura 20. Costos de la gestió forestal de la Obaga de Colldéu. **Font:** Elaboració pròpia.

La Figura 20 ens mostra que més del 85% del cost de la gestió forestal recau en les etapes on s'utilitza maquinària de gran tonatge ja que necessiten una aportació de combustible més elevat pel fet que la seva tasca és més intensa que no pas el del tallat i desbrancat. Aquesta major intensitat de tasca també provoca que el seu preu d'adquisició sigui molt més important que el de les motoserres.

- Transport

Segons dades facilitades pel director de la FIP els costos de transportar les 720 t és de **11.520**€. Seguidament analitzarem aquest 11.520€ per conèixer com es reparteixen. Cal fer dues apreciacions abans de procedir en l'anàlisi: la primera és que les úniques dades que hem pogut aconseguir són les dels consums dels camions ja que la resta no se'ns ha facilitat per part de les empreses; la segona és que la terminologia designada pels camions i els seus consums de la Taula 37 es corresponen als mateixos que els de la Taula 25 i 26.

Taula 37. Anàlisi dels costos del transport.

Transport			
Camió	Consum [L]	Preu del combustible [€/L]	Cost [€]
1	577,8	1,238	715,3
2	674,8	1,194	805,7
3	527,2	1,238	652,7
Total	-	-	2.173,7

Font: Elaboració pròpia a partir de dades del *Diario expansión.*

Si fem la diferència entre els costos totals del transport declarats per la FIP i els costos en combustible dels camions, ens resten **9.346,3**€ per concretar (81% respecte la totalitat del cost del transport). Aquests import serviria per pagar els sous dels treballadors, obtenir els beneficis propis per l'empresa de transport i a cobrir altres costos que no se'ns han facilitat i que desconeixem.

Un cop reflectits tots els costos que se'ns han facilitat adjuntem la Taula 38 on s'indica la quantitat total de costos facilitats i coneguts per a cada etapa i maquinària corresponent.

Taula 38. Costos totals de la gestió forestal i transport facilitats.

Costos facilitats [€]	
Mixta	3.250
Motoserra MS 441	264,1
Motoserra MS 261	719,7
Tractor forestal amb cabestrant	3.241,7
Transport	11.520
Total	**18.995,5**

Font: Elaboració pròpia.

Els costos facilitats (veure Taula 38) no són els costos finals de la gestió forestal que es realitzarà. Segons dades de la mateixa Fundació, els costos totals són de **41.420**€.

Per tant hi ha més de la meitat del cost que la FIP a estimat que no se'ns ha facilitat, concretament **22.425€**. Tal i com hem comentat a l'inici de l'apartat, aquest diners restants formen part de tots els sous del treballadors durant els 40 dies que dura la gestió i altres costos addicionals que no se'ns han facilitat o que desconeixem.

A la Figura 21 hem representat la proporció relativa dels costos facilitats i dels costos desconeguts per tal de poder comprendre amb major claredat els paràgrafs anteriors.

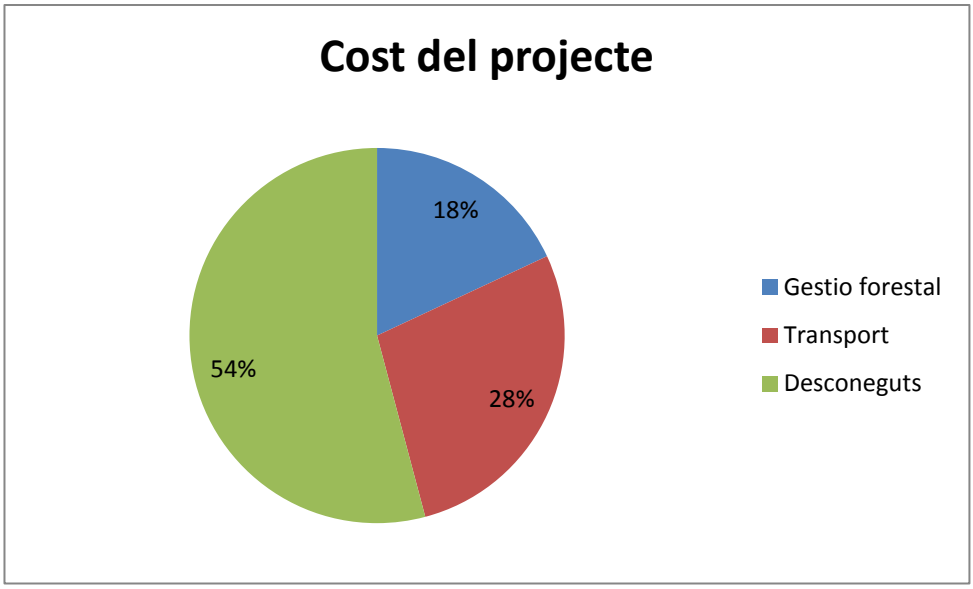


Figura 21. Costos del futur projecte a la Obaga de Colldéu. **Font:** Elaboració pròpia.

Tal i com podem observar el 54% dels costos no sabem en què es gasten.

A més a més, recordem que en la fase de transport hi ha un 81% del seu cost que tampoc sabem exactament a què es destina. Tal i com hem comentat amb anterioritat el cost el transport ens el va facilitar el director de la FIP però tan sols va afirmar el cost total d'aquest, 11.520€.

A partir de conèixer els camions que utilitzaven hem determinat quina quantitat es destinava a combustible i d'aquest manera hem precisat que el 81% dels costos no sabem en què es destinen. La Figura 21 ens indica que el 28% dels costos corresponen al transport, perquè la xifra absoluta és coneguda tot i tenir una gran part d'aquest sense justificació.

A partir de la reflexió anterior sabem que hi ha un percentatge més elevat de costos desconeguts que no pas el 54% que ens mostra la Figura 21. Aquest percentatge addicional correspon al 81% dels costos del transport desconeguts dins del 28% del cost que representa el transport dins de la totalitat del projecte. Si establim aquesta relació, podem afirmar que el 22,7% del cost total del transport és desconegut, de manera que en realitat no tenim un 54% de costos desconeguts, sinó un 76,7%.

Aquesta elevada incertesa en els comptes provoca que no es puguin determinar amb la precisió que voldríem i desitjaríem quines etapes tenen un cost més alt i per tant en quins punts es podrien centrar propostes de millora per reduir aquets costos per intentar maximitzar beneficis o reduir les pèrdues del projecte.

Per acabar l'anàlisi econòmic del projecte exposarem el balanç final d'aquest amb les dades presentades en els dos apartats anteriors i determinarem si és un projecte que genera beneficis o pèrdues.

- **Balanç econòmic**

A continuació presentem el balanç final de la gestió forestal en la Taula 39.

Taula 39. Balanç econòmic de la gestió forestal.

Ingressos[€]	Costos [€]	Balanç final [€]
27.072	41.420	**-14.348**

Font: Elaboració pròpia.

La gestió forestal genera pèrdues a la FIP. En situacions normals aquest projecte no el tirarien endavant ja que el balanç és significativament negatiu però en aquest cas estan disposats a gestionar la Obaga de Colldéu ja que la Fundació Catalunya-La Pedrera abonaria els 14.348€ de pèrdues mitjançant la subvenció provinent del projecte LIFE Operació CO_2. La Fundació Catalunya-La Pedrera destinaria aquest capital ja que el seu objectiu és augmentar la capacitat de fixació del bosc per tal de poder vendre crèdits de carboni i així finançar aquest projecte al llarg del temps i conservar els valors ecològics de la zona.

A més a més hem de comptabilitzar els ingressos indirectes que rep la Fundació Catalunya-La Pedrera a partir de la certificació dels crèdits de carboni. La fundació rebria **512,9€** durant els pròxims 15 anys ja que certificarien els crèdits VCS (veure apartat 1.4.2).

5.3. Escenari 2: Proposta d'optimització de la fixació de carboni

Com hem explicat al llarg del treball, volem saber si podem augmentar l'estoc de carboni acumulat a mig termini a la massa de bosc de pi roig de l'Obaga de Colldéu si fem una gestió concreta (aclarida) que estimuli el creixement dels arbres. Per tant hem de mesurar el carboni inicial i el final un cop implantats els tractaments. Si al aplicar el tractament, obtenim un increment del carboni fixat, es durà a terme el procés de certificació dins de l'esquema de crèdits de carboni del Protocol de Kyoto.

Buscarem saber el percentatge d'aclarida òptim que maximitzi la fixació, el que ens permet tenir capacitat d'intervenció en la gestió del carboni respecte a l'aclarida projectada actualment, que només té en compte criteris econòmics.

En aquesta proposta que prioritza la optimització de la fixació per obtenir el millor resultat , a diferència de la proposta de la FIP, desconeixem la quantitat de carboni que s'extreu amb la gestió forestal. Sabem que el percentatge que s'ha de retirar ha de ser aquell que faci que la quantitat de carboni capturat per hectàrea sigui màxima respecte qualsevol altre percentatge.

En aquest cas la proposta tractarà de gestionar les mateixes 15 ha perquè considerem que hem de respectar els criteris tècnics que manté la FIP, de forma que les condicions de pendent i pedregositat a la resta de hectàrees fan molt difícil aplicar una gestió a tota la zona.

Aquesta assumpció ens permet també delimitar l'àrea d'estudi i no extrapolar costos ni emissions en zones que no requereixen del mateix esforç de gestió, de forma que només es portarà a terme una aclarida més o menys intensiva a la mateixa àrea.

5.3.1. Resultats i discussió de l'estudi del carboni

Centrarem la nostra proposta en trobar la gestió que optimitzi la fixació de carboni al llarg dels anys. En primer lloc, però, buscarem saber el percentatge d'aclarida òptim que maximitzi la fixació, el que ens permet tenir capacitat d'intervenció en la gestió del carboni respecte a l'aclarida projectada per la FIP.

- **Fixació de CO_2**

A continuació calcularem la fixació en les 15 ha que pretenem gestionar amb una aclarida òptima durant un període de 15 anys i la compararem amb la fixació potencial que tindríem en el bosc sense gestionar.

- Optimització del percentatge d'aclarida.

Primer de tot, calcularem el percentatge d'aclarida que fixi la màxima quantitat de carboni al cap de 15 anys. Cal dir que la biomassa inicial és de 2.330,5 t, la mateixa xifra que vam establir per calcular el percentatge d'aclarida a la proposta de la FIP.

A la proposta anterior, sabíem la quantitat de biomassa extreta i a partir d'aquí vam determinar el percentatge d'aclarida. En aquesta, avaluarem quin és el percentatge òptim, que serà el que correspongui amb la major fixació de carboni per hectàrea.

Hem realitzat una sèrie de simulacions del creixement del bosc sota diferents règims d'aclarida utilitzant la funció de gestió forestal del GOTILWA+, el que ens permet determinar el percentatge òptim. En el nostre cas, volem saber el percentatge òptim en biomassa per a poder comparar-lo amb el definit per la gestió de referència. També vam especificar que la aclarida es dugués a terme mitjançant la tala dels arbres més grans ja que així s'afavoreix al creixement dels individus més joves i a una major fixació de carboni. A més, els arbres de més diàmetre es consideren de més qualitat en el mercat i se'ls hi dóna un major rendiment econòmic. Tot això ho podem veure a la Figura 22.

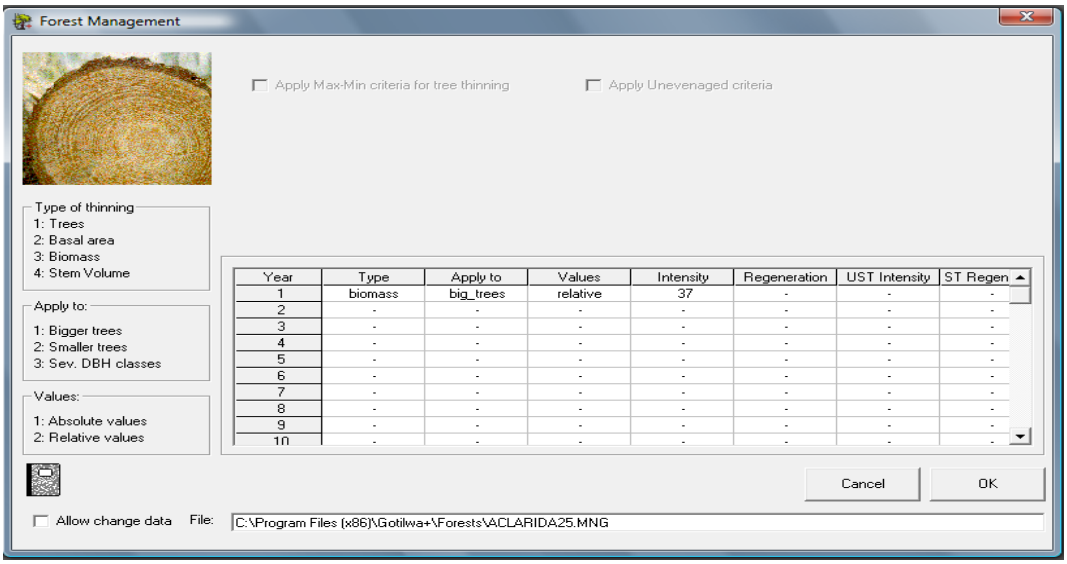


Figura 22. Funció de gestió forestal del GOTILWA+. **Font:** Elaboració pròpia a través de GOTILWA+.

Amb tota la informació introduïda (veure Figura 23) ja es pot començar a simular el creixement del bosc durant els 15 anys posteriors a la aclarida.

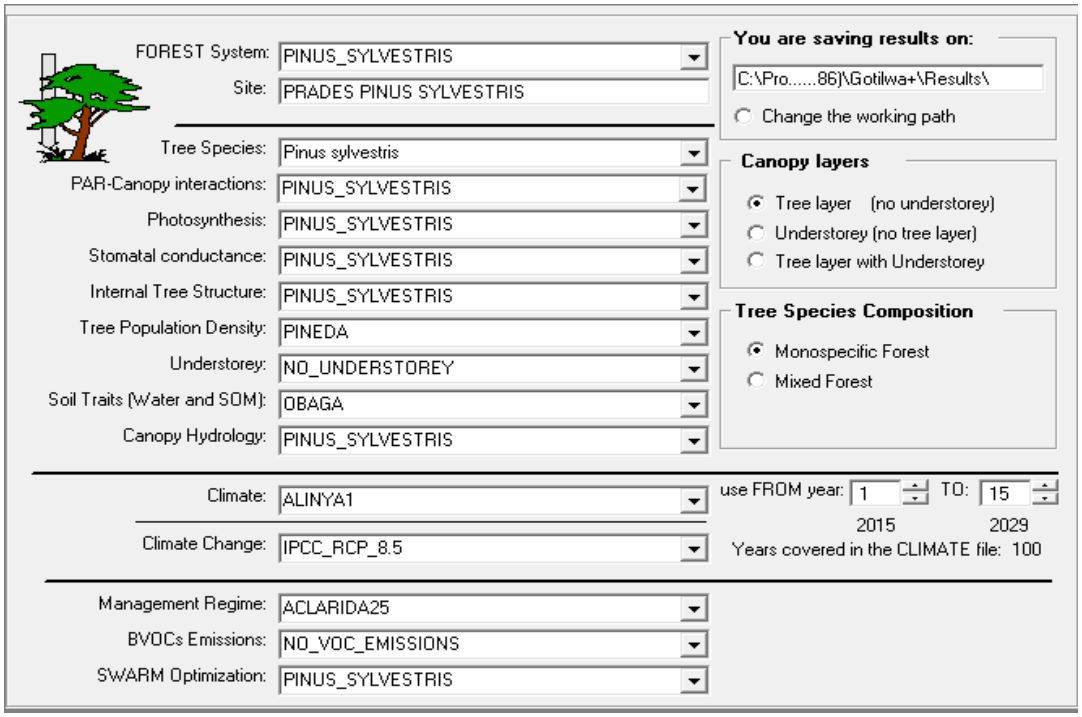


Figura 23. Finestra principal del GOTILWA+. **Font:** Elaboració pròpia a través de GOTILWA+.

Amb els resultats obtinguts, vam elaborar la següent gràfica (veure Figura 24):

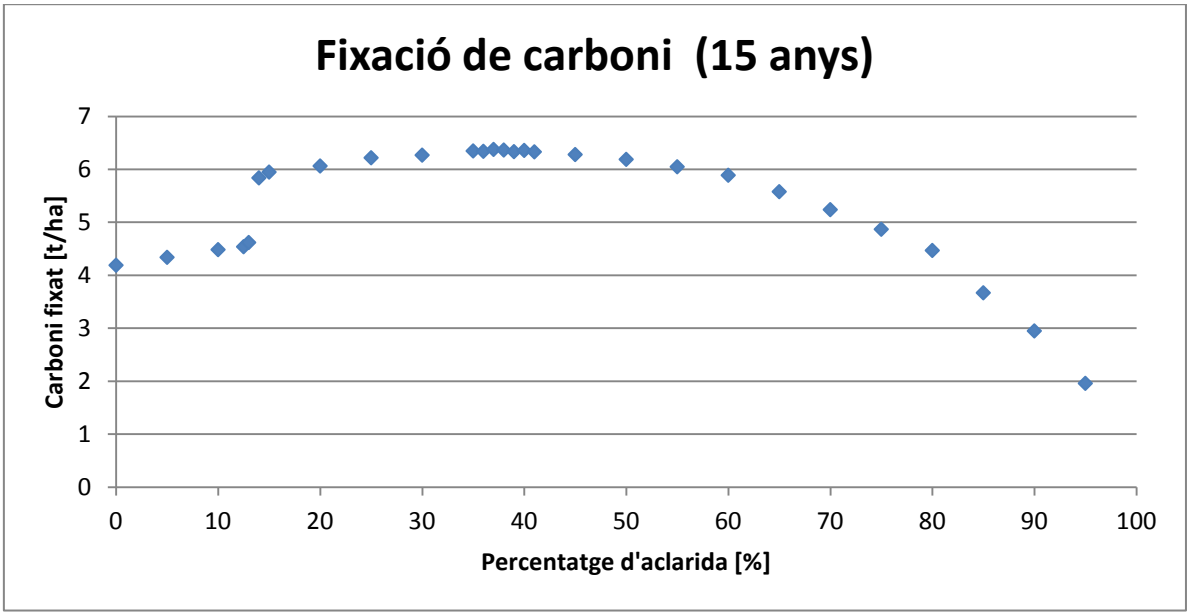


Figura 24. Fixació de carboni respecte el percentatge d'aclarida. **Font:** Elaboració pròpia.

Analitzant la fixació en un escenari sense gestionar, s'observa que el bosc de l'Obaga de Colldéu esdevé un embornal de CO_2, de forma que en les 15 ha gestionades, en un període de 15 anys es capturen 230,5 t de CO_2 (4,2 t C/ha).

Tenint en compte les dades anuals, aquest valor, que determina la capacitat d'embornal del bosc s'expressa com a **0,28 t C/ha/any** o **1,03 t CO_2/ha/any**.

Després de simular el creixement del bosc sota diferents percentatges d'aclarida, s'ha determinat que el percentatge que permet una major fixació de carboni és el 37%.

En el següent gràfic (veure Figura 25) hem traçat la línia de tendència dels resultats de les simulacions. S'han despreciat les dades de fixació referents a percentatges d'aclarida inferiors al 14% ja que aquestes no segueixen la tendència de la resta de dades i ens disminuïen la correlació de la sèrie. Per a realitzar els nostres càlculs, no obstant, s'ha utilitzat el valor de percentatge d'aclarida que ens ha proporcionat el programa GOTILWA+ (37%) per davant del obtingut mitjançant aquesta tècnica (38,9%), ja que considerem que és el que més s'ajusta a la realitat.

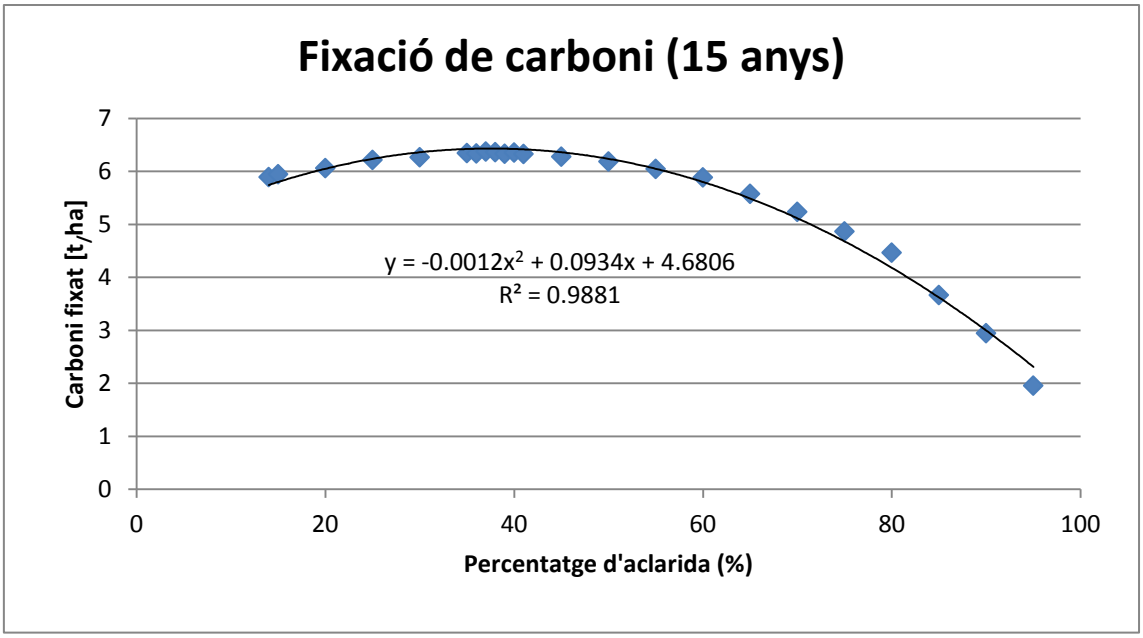


Figura 25. Gràfic de fixació de carboni amb línia de tendència**. Font:** Elaboració pròpia.

- Determinació de la fixació de 15 hectàrees del bosc de *Pinus sylvestris*

Mitjançant aquest anàlisi hem pogut concloure que el percentatge d'aclarida òptim a nivell de fixació de carboni és el 37%, amb un valor de 6,4 t C/ha. Aquesta dada és superior a les 6,3 t C/ha que fixa el bosc amb l'aclarida del 31% proposta a la FIP. Com que a més, la superfície gestionada es contempla per la mateixa superfície, 15 ha, amb una biomassa inicial de 2.330,5 t, la fixació total dependrà només d'aquesta dada d'increment de carboni fixat per hectàrea que ens proporciona el GOTILWA+.

Hem fet 5 simulacions que ens han permès ajustar amb major rigor quin seria el percentatge d'aclarida òptim, acotant la zona on podia presentar-se aquest valor (veure Figura 26).

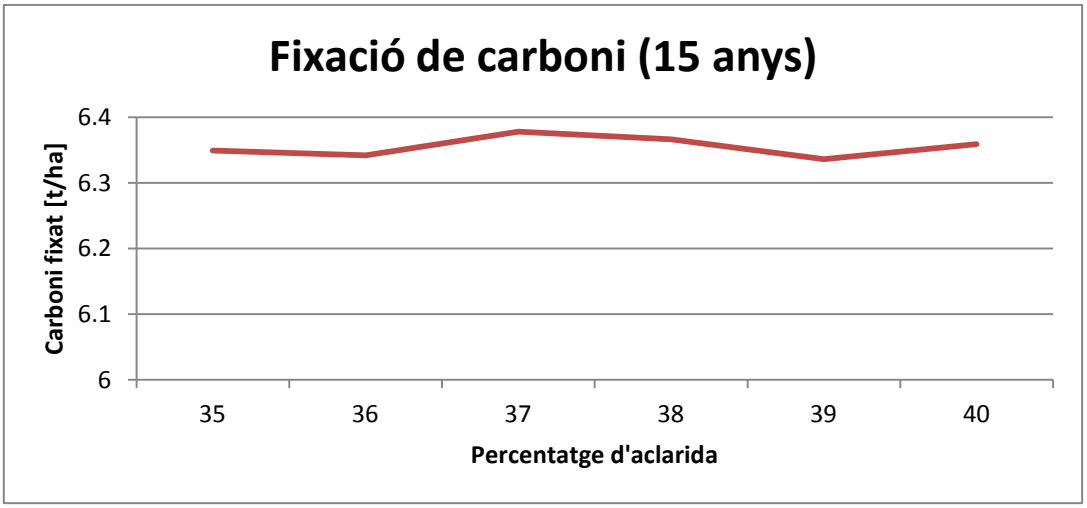


Figura 26. Fixació de carboni respecte el percentatge d'aclarida. **Font:** Elaboració pròpia a través de GOTILWA+.

A continuació calcularem, amb la dada de carboni fixat per hectàrea, quina és la quantitat de carboni i CO_2 fixat en les 15 ha al cap de 15 anys. A la Taula 40 es mostren els resultats de

fixació totals de la parcel·la i el increment de fixació respecte a la no gestió de l'àrea d'estudi, en unitats de carboni i CO_2.

Taula 40. Carboni i CO_2 capturat en quinze anys en les 15 ha gestionades en funció del mètode GOTILWA+ a l'escenari 2.

	Fixació total		Fixació respecte el bosc sense gestionar	
Unitats	t/ha	t	t/ha	t
Carboni	6,4	95,7	2,2	32,8
CO_2	23,4	350,8	8	120,3

Font: Elaboració pròpia.

Si analitzem les dades anuals, la fixació total la podem expressar com a **0,43 t C/ha/any** o **1,56 t CO_2/ha/any**. Així, a les 15 ha s'hi fixarien 350,8 t de CO_2 al cap dels 15 anys.

A la pantalla de resultats de la Figura 27 es pot observar l'augment del carboni fixat al llarg dels 15 anys.

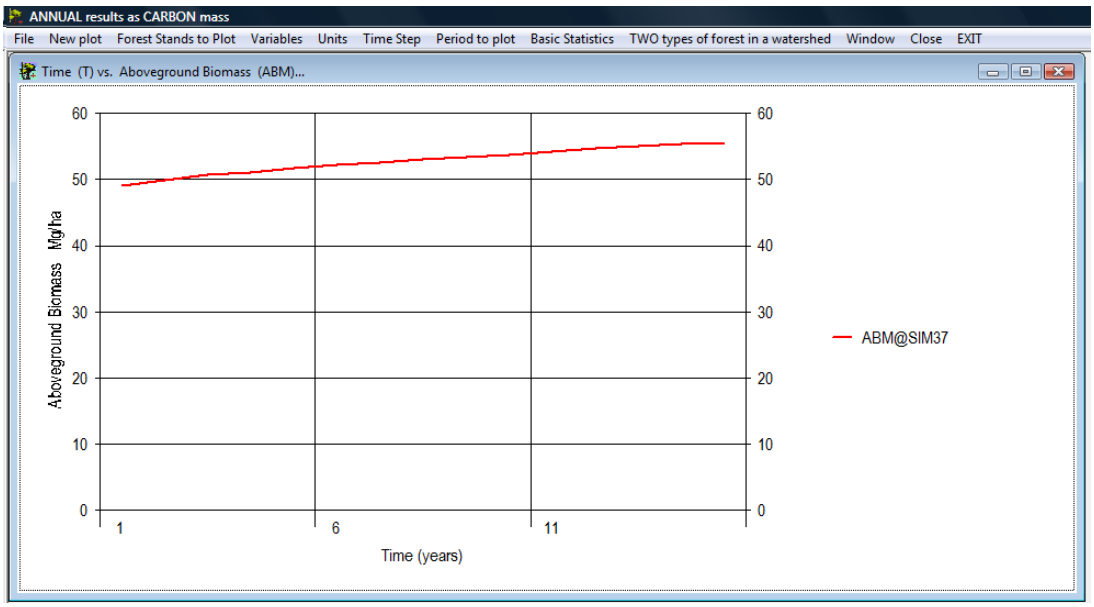


Figura 27. Evolució de la fixació per hectàrea amb l'aclarida del 37% en 15 anys. **Font:** Elaboració pròpia a través de GOTILWA+.

Per tant, l'execució de la nostra proposta d'intervenció permet fixar **120,3 t de CO_2** (veure Figura 28), tenint en compte que la fixació és la diferència entre la fixació total (350,8 t) i la fixació que hauria sense intervenció (230,5 t). Aquesta quantitat es pot expressar anualment com un increment de **0,15 t C/ha/any** o **0,53 t CO_2/ha/any**.

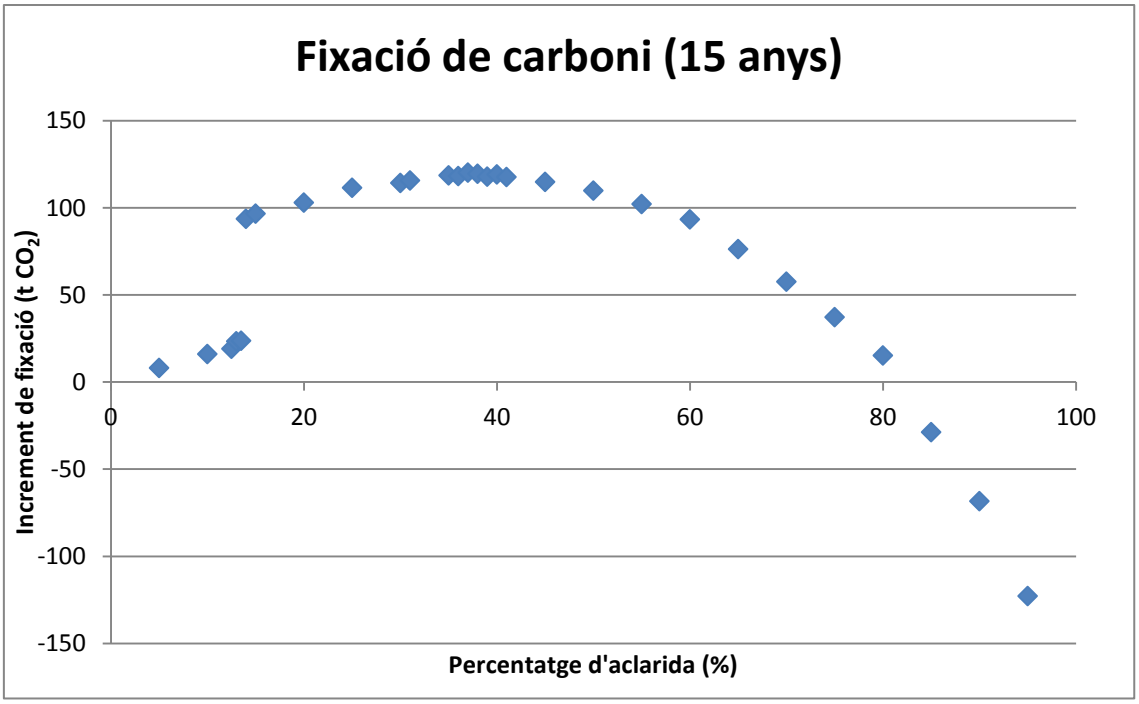


Figura 28. Fixació total de CO_2 incrementada per la nostra proposta d'optimització (respecte al bosc sense gestionar). **Font:** Elaboració pròpia.

Qualsevol tipus d'aclarida igual o inferior al 80% augmenta la quantitat de carboni fixat per al període de 15 anys.

Si realitzéssim la gestió sobre tot el bosc de l'Obaga (25,8 ha.) la fixació total seria de 603,4 t de CO_2, i tenint en compte la fixació sense intervenció (396,5 t), la fixació produïda degut a la nostra intervenció seria de 206,9 t.

- **<u>Auditoria d'emissions de CO_2</u>**

A continuació calcularem les emissions corresponents a la nostra proposta d'optimització.

- Gestió forestal

La duració de la gestió forestal, si considerem que passar de extreure 720 t de biomassa (48 t/ha) a 862,3 t (57,3 t/ha) implica una augment directament proporcional en el nombre de dies, suposa un temps de 48 dies de treball al bosc, és a dir, aproximadament 2,4 mesos. Per aconseguir això, s'utilitzarà la mateixa maquinària i es portaran a terme els mateixos processos que a la proposta de la FIP. Les emissions vindran determinades també pels factors d'emissió de la Taula 22. L'obertura de camins és la mateixa que a l'altra proposta. Les emissions resultants per tipus de tasques de gestió forestals es poden veure a la Taula 41.

Taula 41. Emissions resultants de la gestió forestal de la proposta d'optimització de la fixació de carboni.

Tasques	Maquinària	Modalitat	Consum horari [L/h]	Consum [L/dia]	Consum total [L]	Emissions [kg de CO_2]
Obertura de camins	Retrocarregadora/ Mixta	Subcontractat	13,8	110,4	143,5	341,6
Desembosc	Tractor forestal amb cabrestant	Recursos propis	6,5	52	2.496	6.714,2
Tallar i desbrancar	4 motoserres MS441-MS261	Recursos propis	0,44	14	672	1.599,4

Font: Elaboració pròpia a partir de dades de: Fundació Integra Pirineus; "*Asociación Española de Valorización Enegética de la Biomasa*"; Generalitat de Catalunya; Diputació de Barcelona.

- Transport

Les distàncies dels recorreguts dels camions (veure Taula 24) , així com la seva capacitat i consum per 100 km, són els mateixos utilitzats a la proposta de la FIP. El nombre de viatges varia ja que la biomassa a transportar és superior i per tant les emissions creixen de la mateixa forma (veure Taula 42).

Taula 42. Emissions corresponents als processos de transport de la proposta d'optimització de la fixació de carboni.

Tasques	Maquinària	Recorregut	Distància [km]	Nº de viatges	Consum total [L]	Emissions [kg de CO_2]
Troncs destinats a la gravera	Camió 1	La Seu d'Urgell-Obaga de Colldéu- Gravera- La Seu d'Urgell	96,3	21	674	1.604,1
Troncs destinats a la serradora	Camió 2	Solsona- Obaga de Colldéu- Solsona	96,4	24	771,1	2.012,6

Font: Elaboració pròpia a partir de dades de FIP, "*Asociación Española de Valorización Enegética de la Biomasa*" i Generalitat de Catalunya.

- Distribució

La distribució també es realitza de la mateixa forma que la proposta de la FIP. Els consums i la capacitat dels camions no varien. Les emissions resultants d'aquest procés són les següents (veure Taula 43).

Taula 43. Emissions corresponents als processos de distribució de la proposta d'optimització de la fixació de carboni.

Tasques	Maquinària	Recorregut	Distància per viatge [km]	Nº de viatges	Consum total [L]	Emissions [kg de CO_2]
Distribució d'estella	Camió 3	La Seu d'Urgell- Gravera- Radi d'acció de 50 km-La Seu d'Urgell	101	39	709	1.687,4
Distribució de productes a la serradora	Camió 4	Solsona- Zona industrial dels polígons de les rodalies de Barcelona	160	17	952	2.484,7

Font: Elaboració pròpia a partir de dades de FIP; BMW i Generalitat de Catalunya.

- Tractament

Com a la proposta de la FIP, amb un treball de recerca que ens ha facilitat el consum promig en kWh per m^3, i la densitat de la fusta amb un 60% d'humitat que arriba a la serradora (0,768 t/m^3) que ve proporcionada pel Centre Tecnològic, hem pogut determinar el consum en kWh per tona de fusta (veure Taula 44). Posteriorment, per calcular les emissions, hem utilitzat també la mitja nacional de les emissions de CO_2 referents a la mescla de producció del sistema elèctric espanyol de 2013, que es de 0,27 kg CO_2 per kWh generat.

Taula 44. Emissions resultant del processos de tractament a la serradora a la proposta d'optimització de la fixació de carboni.

Tasques	Consum [kWh/m^3]	Consum [kWh/t]	Consum total [kWh]	Emissions [kg de CO_2]
Processos de tractament de la fusta en la serradora	16,7	21,7	10.758,9	2.904,9

Font: Elaboració pròpia a partir de dades de *Fernández-Golfín et al.,* 1993, "Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia".

A la proposta de l'optimització de la fixació de carboni també tindrem en compte la possibilitat, segons les condiciones de mercat, de fer estella (veure Taula 45). No obstant això, aquestes emissions no les tindrem en compte a les emissions totals de la nostra proposta ja que no és segur que es porti a terme. De totes maneres, aquesta fusta serà distribuïda per diferents usos, un dels quals pot ser per aquesta finalitat de producció d'estella.

Taula 45. Emissions potencials de la trituradora a la proposta d'optimització de la fixació de carboni.

Tasques	Maquinària	Productivitat [t/h]	Consum [L/h]	Massa per triturar [t]	Temps de treball [h]	Consum total [L]	Emissions [kg de CO_2]
Trituració	Trituradora	5,5	12	330,5	60,1	721,2	1.716,5

Font: Elaboració pròpia a partir de dades de "*Asociación Española de Valorización Enegética de la Biomasa*" i Generalitat de Catalunya.

- Resultats i anàlisi

A la Taula 46 presentem una taula resum de les emissions per a cada procés i el total de emissions que es generen.

Taula 46. Emissions totals de CO_2 de la proposta d'optimització de la fixació de carboni.

Procés	Emissions [kg de CO_2]	Contribució relativa [%]
Gestió forestal	8.655,2	44,7
Transport	3.616,7	18,7
Distribució	4.172,1	21,6
Tractament	2.904,9	15
Total	**19.348,9**	**100**

Font: Elaboració pròpia.

Les emissions globals del procés de gestió forestal i tractament de la fusta són de **19.348,9** kg de CO_2, és a dir, 19,3 t. Per hectàrea, això representen **1.289,9 kg CO_2/ha**. Si incloguéssim les emissions de la trituradora, estaríem parlant de 21.065,4 kg de CO_2 i així aquesta causaria el 8,1% de les emissions totals.

Atenent als processos que originen aquestes emissions, la gestió forestal i els processos de transport, distribució inclosa, són els que tenen una major contribució a les emissions totals, amb un 44,7% i un 40,3% respectivament. El transport dels troncs suposa un 18,7% de les emissions mentre que la part de la distribució representa un 21,6%. El procés que menys diòxid de carboni emet és el tractament de la fusta en la serradora (15%).

A més a més, hem volgut conèixer la distribució de les emissions per a cada maquinària que s'utilitza en els processos que hem descrit amb anterioritat (Figura 29).

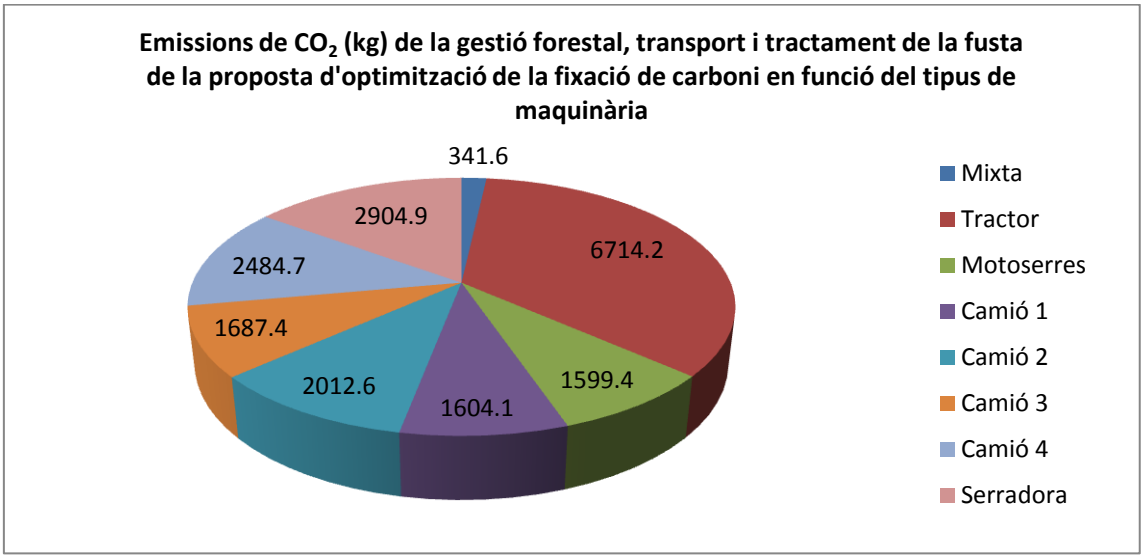


Figura 29. Emissions de CO_2 per tipus de maquinària. **Font:** Elaboració pròpia.

Les emissions del tractor representen el 34,7% de les emissions totals. La resta d'emissions, igual que a la proposta de la FIP, es distribueixen de forma homogènia. Les emissions dels camions subcontractats a la serradora suposen el 57,7% de les emissions generades pels camions. Els camions subcontractats a la serradora transporten el 60% de la biomassa, i

malgrat utilitzen gasoil, amb un factor d'emissió superior, les emissions són menors del que s'espera perquè la capacitat de càrrega d'aquests camions és major, i aquest fet permet superar que tinguin un consum també més elevat.

- **Balanç de CO_2**

El balanç de carboni, d'acord amb la Equació 13, quedarà de la següent manera:

Balanç de carboni = 120,3 t – 19,3 t = **101 t CO_2.**

El balanç de CO_2 per hectàrea és de **6,7 t CO_2/ha**.

El segrest aconseguit en 15 anys amb la gestió de fixació òptima augmenta en un 30,5% respecte el bosc sense gestionar. D'aquesta manera, aquest escenari compliria l'objectiu del *Proyecto Operación CO_2* a la Vall d'Alinyà, que es marca pel conjunt dels projectes parcials un augment del segrest de CO_2 del 10% (veure apartat 1.5).

En canvi, aquest escenari no compliria amb l'objectiu de segrest de 0,5 t de CO_2/ha/any del mateix *Proyecto Operación CO_2*, ja que només segresten **0,45 t CO_2/ha/any.**

5.3.2. Resultats i discussió de l'estudi econòmic

Seguidament presentarem les dades econòmiques del projecte tenint en compte que la quantitat de biomassa extreta que és superior a la de l'escenari de la FIP, 862,3 t i 720 t respectivament.

- **Ingressos**

A la Taula 47 que s'adjunta a continuació es presenten els ingressos que es generarien en l'explotació forestal.

Taula 47. Ingressos obtinguts en l'explotació forestal.

Destinació	Biomassa [t]	Preu de venta [€/t]	Ingrés [€]
Estella	330,5	22	7.271,4
Serradora	495,8	48	23.797,4
Total	-	-	**31.068,9**

Font: Elaboració pròpia.

Per a determinar la proporció de fusta destinada a serradora i a la venta per produir estella hem calculat la proporció que es destina en l'escenari de la FIP. D'aquesta manera hem constatat que el 60% de la fusta que s'extreu està en les condicions òptimes per a destinar-la a la serradora. El 40% de fusta restant es destina a la venta a tercers per a estellar-la.

- **Costos**

Per analitzar els costos econòmics seguirem el mateix guió establert en l'escenari de la FIP. Presentarem els costos de la maquinària tan de la gestió forestal com del transport de la fusta als punts de venta. Abans de procedir en l'anàlisi dels costos cal fer dues apreciacions: la primera és que en aquest escenari anirem precisant com hem aconseguit determinar aquests

costos tot i no tenir cap mena de font d'informació, tal i com succeïa a l'escenari anterior; la segona és que el procediment de la gestió forestal i del transport és exactament igual que en el escenari de la FIP (veure apartat 5.2.2) per tant, en aquest cas, no descriurem les accions.

- Gestió forestal

Primerament establirem el cost de l'obertura de camins a la Taula 48.

Taula 48. Cost de l'obertura de camins

Mixta		
Distància [m]	Preu [€/m]	Total
1.300	2,5	3.250

Font: Elaboració pròpia.

En aquest cas, l'obertura de camins no l'hem modificada ja que es gestiona la mateixa zona que la proposta de la FIP i per tant es necessiten els mateixos metres de pista.

Seguidament es porta a terme el tallat i desbrancat dels arbres. A la Taula 49 presentem els resultats.

Taula 49. Cost del tallat i desbrancat

Motoserra MS 441		Motoserra MS 261	
Preu [€/2,4 mesos]	108,9	Preu [€/2,4 mesos]	239,7
Combustible [€]	208	Combustible [€]	624

Font: Elaboració pròpia.

Els models de motoserra són els mateixos que els que s'utilitzen a la proposta de la FIP ja que considerem que l'empresa que s'hauria d'encarregar de realitzar l'escenari òptim és la FIP i aquesta té en propietat aquesta maquinària.

Per finalitzar l'anàlisi dels costos de la gestió forestal determinarem el cost del desembosc descrit a la Taula 50.

Taula 50. Cost de la retirada de troncs

Tractor Forestal	
Preu [€/2,4 mesos]	800
Combustible [€]	3.090

Font: Elaboració pròpia.

El tractor forestal és el mateix que el de l'escenari de la FIP pel mateix motiu que el cas de les motoserres.

El cost total de la gestió forestal és de **8.320,6 €**.

- Transport

A la Taula 51 hem analitzat el consum de combustible del transport. Els camions utilitzats són els que s'utilitzen proposta de la FIP. La terminologia designada pels camions i els consums de la Taula 51 es corresponen als mateixos que els de la Taula 42 i 43.

Taula 51. Anàlisi dels costos del transport.

Transport			
Camió	Consum [L]	Preu del combustible [€/L]	Cost [€]
1	674	1,238	834,4
2	771,1	1,194	920,7
3	709	1,238	877,7
Total	-	-	2.632,8

Font: Elaboració pròpia a partir de dades del *Diario expansión*.

Recordem que en l'escenari de la FIP tenim un 81% dels costos del transport són desconeguts i que per tant no sabem a què es destinen. Aquests costos també han de ser inclosos en el nou escenari ja que en aquest cas tampoc són coneguts.

El consum en combustible és de **2.632,8€** i, igual que en el cas de l'escenari real correspon al 19% del cost total del transport . A aquest cost cal que hi sumem el 81% que resta. La diferencia és que en aquest cas el cost total del transport no el sabem (en l'escenari de la FIP el coneixíem gràcies a l'entrevista amb el director de la FIP).

Per aconseguir determinar el 81% dels costos restants hem establert una relació de proporcionalitat on hem relacionat les dades presentades a la Taula 52.

Taula 52. Relació de proporcionalitat.

Percentatge del cost total	Cost relatiu [€]
19%	2.632,8
81%	11.319,7

Font: Elaboració pròpia.

D'aquesta manera hem determinat que els costos que representen el 81% dels costos totals del transport són **11.319,7€**. Per tant els costos totals de l'etapa del transport és de **13.952,6€**.

Un cop ja tenim els costos de les dues fases del projecte, presentem la Taula 53 en la qual determinarem el seu cost total.

Taula 53. Costos totals de la gestió forestal i transport

Procés	Cost [€]
Gestió forestal	8.320,6
Transport	13.952,6
Total	**22.273,1**

Font: Elaboració pròpia.

A la Figura 21 surten representades les aportacions relatives al cost total final de les dues etapes descrites. Aquests percentatges resten iguals a l'escenari òptim ja que són percentatges proporcionals independentment de la quantitat de biomassa que s'extregui.

A partir de la reflexió anterior, afirmem que la gestió forestal representa el 18%, el transport representa el 28% (un total del 46%) i que tenim un 54% de costos dels quals no coneixem a què es destinen ja que a l'escenari real no se'ns van justificar.

En l'escenari real podíem determinar el cost que representa el 54% ja que se'ns va facilitar el cost total del projecte. En aquest cas no coneixem aquest cost total. Per tant, no podem deduir el percentatge seguint la mateixa metodologia. Per aquest motiu hem tornat a establir una relació de proporcionalitat molt semblant a la de la Taula 53 que adjuntem a la Taula 54.

Taula 54. Relació de proporcionalitat.

Percentatge del cost total	Cost relatiu [€]
46%	22.273,1
54%	26.146,7

Font: Elaboració pròpia.

D'aquesta manera podem afirmar que el 54% dels costos restants es tradueixen en **26.146,7€**.

El cost total del projecte és de **48.419,9€**.

- **Balanç econòmic**

A continuació presentem el balanç final de l'escenari òptim en la Taula 55.

Taula 55. Balanç econòmic de l'escenari òptim.

Ingressos [€]	Costos [€]	Balanç [€]
31.068,9	48.419,9	**-17.351**

Font: Elaboració pròpia.

L'escenari òptim de captura de carboni genera pèrdues per valor de 17.351€. Resulta obvi que la gestió és deficitària econòmicament i per tant necessita de finançament extern, públic o privat, per portar-se a terme. L'opció més vàlida seria utilitzar part de la subvenció del projecte LIFE Operació CO_2 que rep la Fundació Catalunya-La Pedrera.

Pel que fa els ingressos indirectes, els rep la Fundació Catalunya-La Pedrera a partir de la certificació dels crèdits de carboni. La fundació rebria **521,2€** repartits durant els pròxims 15 anys ja que certificarien els crèdits VCS. (veure apartat 1.4.2)

5.4. Discussió i comparació dels dos escenaris

A continuació compararem la fixació, les emissions i el balanç final dels dos escenaris.

5.4.1. Discussió i comparació de carboni

- **Fixació de CO_2**

La fixació dels escenaris (en t, t/ha i t/ha/any) s'han analitzat a la Taula 21 i Taula 41 respectivament. Tot seguit presentem una taula comparativa per a contrastar la captura de carboni a través de les dues gestions mencionades (veure Taula 56):

Taula 56. Comparació de les dades de fixació de carboni obtingudes amb l'aclarida a les dues propostes.

Escenari	Aclarida	C inicial [t/ha]	C final [t/ha]	Fixació [t C/ha]	Fixació total [t C]
FIP	31%	53,8	60,1	6,3	94,4
Òptim	37%	49	55,4	6,4	95,7

Font: Elaboració pròpia

La fixació incrementada en termes de CO_2 de les dues propostes seria de la següent manera (veure Taula 57):

Taula 57. Comparació de la fixació de CO_2 en 15 anys de les dues propostes segons el percentatge d'aclarida.

Escenari	Aclarida	Fixació respecte del bosc sense gestionar [t CO_2]
FIP	31%	115,8
Òptim	37%	120,3

Font: Elaboració pròpia.

Així, la fixació de CO_2 de la proposta d'optimització de la fixació comporta un increment de fixació del 1,3%, el que representa en termes absoluts un augment de 4,5 t de CO_2. Aquest fet és deu a que només s'observa un increment de fixació de aproximadament 0,1 t C/ha en 15 anys, és a dir, de gairebé 0,4 t CO_2/ha en aquest període.

- **Auditoria d'emissions de CO_2**

Les emissions generades a la nostra proposta són un 18,1% superiors a les emissions de la proposta de la FIP (veure Taula 58). En termes absoluts veiem que la proposta òptima de fixació suposa 2.964,6 t de CO_2 d'emissions. Aquest fet es deu a l'augment de dies de treball i dels viatges dels camions com a conseqüència de l'increment de biomassa extreta del bosc.

Taula 58. Comparació de les dades d'emissions de CO_2 de les dues propostes.

Escenari	Aclarida	Emissions [t CO_2]
FIP	31%	16,4
Òptim	37%	19,3

Font. Elaboració pròpia

Observem que la contribució relativa dels diferents processos és similar a la proposta de la FIP. Veiem una disminució de la contribució tant del procés de transport, del 19,1% al 18,7% com de la serradora, del 15,5% al 15%. Per contra hi ha un augment de la contribució del procés de gestió forestal, del 44,4% al 44,7%, i de la distribució de la biomassa, del 21% al 21,6%. Aquest canvi de contribució a les emissions dels diferents processos és degut a la nova i major quantitat de biomassa extreta, que afecta de forma diferent a cada procés.

És cert que l'estudi de les emissions elaborat té uns límits determinats en la cadena de distribució de la fusta extreta al bosc, però ens dóna un ordre de magnitud que ens pot ser útil a l'hora de calcular el balanç global i de comparar-lo amb la part més important del nostre estudi, que és determinar la captura en l'estudi de la fixació de CO_2. S'ha establert el límit

d'estudi de les emissions, a diferència de la part econòmica, en la segona línia del transport, considerada com a distribució, donada la dificultat d'accés a la informació i coneixent les prioritats i que la repartició de les hores d'aquest treball és limitada.

La falta de transparència i de temps ens ha impedit avançar més en aquestes etapes, així com saber quin és el destí últim d'aquests matèries primes i productes. D'una banda si es cremarà la biomassa tancant el cicle de carboni substituint altres combustibles o es generarà un efecte addicional en el consum d'energia i la producció d'emissions de CO_2. D'altra banda, com es continuarà amb el tractament dels productes de la serradora, de forma que quan més llarga sigui la cadena de tractament, és a dir, més industries intervinguin en la consecució d'un producte final, més emissions s'afegiran al procés. A més, els resultats totals dependran de quin ús es faci dels productes finals i de quant de temps es mantingui fixat aquest carboni, sense degradar-se i fent-se un bon ús com a residu.

- **Balanç de CO_2**

El balanç de carboni de la proposta d'optimització de carboni, amb la fixació més òptima de 120,3 t, és millor que el balanç de la FIP, 101 t respecte a 99,4 t (veure Taula 59). La fixació de la nostra proposta respecte de la proposta de la FIP és de 4,5 t de CO_2 superior, mentre que l'augment d'emissions és de 2,9 t de CO_2. Per tant, el balanç de la nostra proposta és 1,6 t superior a la proposta de la FIP (1,5%). La fixació augmenta en xifres absolutes en major mesura que les emissions. No obstant, en termes relatius la fixació augmenta un 3,9% però les emissions augmenten en un 18,3%.

Podem assegurar que la proposta de l'escenari 2 ens permet obtenir a més de la major fixació, el millor balanç de CO_2 possible, ja que un petit canvi en la fixació per hectàrea té un efecte positiu major per al balanç que la disminució de les emissions, que són petites en valors absoluts en comparació amb la fixació.

Taula 59. Comparació dels paràmetres de CO_2 de les dues propostes.

Escenari	Aclarida	Fixació [t CO_2]	Emissions [t CO_2]	Balanç [t CO_2]
FIP	31%	115,8	16,4	99,4
Òptim	37%	120,3	19,3	101

Font: Elaboració pròpia.

Aquesta quantitat de 101 t addicionals, per tant, és més òptima que la obtinguda a la proposta de la FIP. Per tant, podem dir que el segrest de CO_2, aconseguit mitjançant una gestió òptima del carboni mitjançant una aclarida del 37%, pot augmentar en un 43,8% respecte d'un escenari sense gestió en el que captaria 230,5 t de CO_2.

Aquesta dada correspondrà al nombre de crèdits que podran ser certificats per un auditor i dels que la Fundació Catalunya-La Pedrera podrà rebre uns ingressos extra que permetin afrontar un balanç econòmic negatiu que esperem ja que la gestió de només una part amb la proposta de la FIP ja es deficitària. Aquest rendiment econòmic dels crèdits s'ha analitzat a l'apartat 5.3.2.

Hem de valorar positivament que la proposta de la FIP, que no té per objectiu obtenir el millor balanç de CO_2, s'apropa d'una forma quasi perfecta al balanç de carboni que té en compte la optimització de la fixació de carboni.

5.4.2. Discussió i comparació econòmica

A continuació compararem els ingressos, els costos i el balanç final dels dos escenaris.

- Ingressos

A la Taula 60 presentem la comparació dels ingressos dels dos escenaris.

Taula 60. Comparació dels ingressos de l'escenari de la FIP i l'escenari òptim de fixació de carboni.

Destinació	Escenari FIP [€]	Escenari òptim [€]	Relació òptim/FIP (%)
Estella	6.336	7.271,4	12,9
Serradora	20.736	23.797,4	12,9
Total	27.072	31.068,9	12,9

Font: Elaboració pròpia

Tal i com podem comprovar a la Taula 60, en el cas de l'escenari òptim de fixació de carboni, els ingressos augmenten ja que extraiem una quantitat major de biomassa. La proporció d'ingressos segons la seva destinació final és la mateixa en els dos escenaris ja que destinem la mateixa proporció de biomassa perquè la qualitat de la fusta dels arbres en el moment de portar a terme les aclarides (independentment de quin sigui el percentatge) és la mateixa.

A mesura que la gestió es vagi realitzant al llarg del temps, la fusta augmentarà de qualitat (Vayreda, 2014 *con. verb.*) i es podrà destinar una major proporció a la serradora, que és la que exigeix una major qualitat. Per tant en l'escenari òptim de fixació, al gestionar el bosc amb un major percentatge d'aclarida, al cap del temps, aconseguirem una major quantitat de biomassa que podrà ser destinada a aquest ús. Per tant els ingressos en aquest escenari, en un futur, seran majors que els de l'escenari de la FIP.

- **Costos**

Seguidament, a la Taula 61, compararem els costos dels dos escenaris.

Taula 61. Comparació dels costos de l'escenari de la FIP i l'escenari òptim de fixació de carboni.

Costos	Escenari FIP [€]	Escenari òptim [€]	Relació òptim/FIP (%)
Gestió forestal	7.475,5	8.320,6	10,2
Transport	11.520	13.952,6	17,4
Desconeguts	22.425	26.146,7	14,2
Total	41.420,5	48.419,9	14,5

Font: Elaboració pròpia

Com podem observar, els costos són més elevats en totes les etapes analitzades. També resulta normal ja que al augmentar la biomassa extreta, s'ha d'augmentar el nombre de dies de treball de la maquinària, per tant major consum de combustible en les etapes de gestió

forestal i de transport, i també en els costos desconeguts augmenten ja que hi ha una part que són els sous dels treballadors. El preu fluctuant dels combustibles derivats del petroli pot afectar al balanç econòmic resultant.

- **Balanç econòmic**

Per finalitzar compararem els balanços econòmics dels dos escenaris a la Taula 62.

Taula 62. Comparació del balanç econòmic de l'escenari de la FIP i l'escenari òptim de fixació de carboni.

Escenari FIP [€]	Escenari òptim [€]	Relació òptim/FIP (%)
-14.348	-17.351	17,3

Font: Elaboració pròpia.

Tal i com veiem a la Taula 62 com major és el percentatge d'aclarida, es generen més pèrdues. Per tant l'escenari millor a nivell econòmic és l'escenari de la proposta de la FIP.

5.4.3. Anàlisi final

Podem veure a la Figura 24 que l'increment de la fixació entre el 14% i el 37% d'aclarida és baix respecte a l'increment de la intensitat de la gestió (quantitat de biomassa extreta). D'aquesta manera, i tenint en compte l'elevat dèficit econòmic de l'escenari 2, proposem un tercer escenari en el qual es busqui un major equilibri entre fixació i costos per a aconseguir una gestió més ecoeficient.

5.5. Escenari 3: proposta alternativa d'ecoeficiència[34]

Amb aquest escenari busquem realitzar una proposta equilibrada que permeti compatibilitzar una gestió efectiva del carboni, disminuint la quantitat de biomassa extreta, amb un millor balanç econòmic que ens permeti dependre menys de la venda de crèdits, i amb una reducció relativa de les emissions rellevant. Així, podem aconseguir el millor balanç de carboni possible amb la menor inversió econòmica, i per tant, complir criteris d'ecoeficiència, que possibilitin una alternativa de gestió més raonable en temps de crisi econòmica, mantenint un objectiu exigent en termes de fixació.

Tanmateix, aquesta proposta de gestió es durà a terme a la mateixa àrea (15 ha), assumint la dificultat de gestionar tota la superfície de l'Obaga de Colldéu i es prioritzarà la extracció dels arbres més grans, de la mateixa forma que s'ha fet al escenari anterior. La biomassa extreta serà un 62% inferior a la del escenari 2.

[34] Estratègia mediambiental de reduir l'impacte d'un producte o servei augmentant l'eficiència d'utilització dels recursos. Font: *diseñoysostenibilidad.com*

5.5.1. Resultats i discussió de l'estudi del carboni

En aquest apartat s'exposaran les dades i els protocols de càlcul necessaris per a elaborar el balanç de carboni.

- **Fixació de CO_2**

El percentatge d'aclarida escollit per a la realització de les simulacions i els càlculs del nostre escenari serà del 14% ja que, tal i com mostra la Figura 24, és el mínim percentatge que permet mantenir la fixació de l'ordre de les gestions anteriors. Això es demostra amb el fet que el bosc fixaria 1,3 t/ha menys després d'una aclarida del 13% respecte el 14%, mentre que amb el 14% fixa només 0,5 t/ha menys que en el escenari de fixació òptima (37%).

Per a analitzar la fixació sota una gestió d'aclarida del 14% s'ha seguit el mateix procediment que en l'estudi dels anteriors escenaris. Hem simulat 5 repeticions amb el GOTILWA+ per a reduir els efectes de l'estocasticitat en els nostres resultats finals (veure Taula 63).

Taula 63. Resultats de les simulacions amb una aclarida del 14%.

Simulació	Increment de carboni [t C/ha]
1	5,8
2	5,9
3	6
4	5,9
5	5,8
Mitjana	**5,9**

Font: Elaboració pròpia.

En aquest escenari es fixarien 5,9 t C/ha al cap de 15 anys, en termes absoluts. Però tenint en compte que la fixació del bosc sense gestionar és de 4,2 t C/ha, hem calculat l'increment de fixació que suposaria dur a terme la gestió del 14%. A la Taula 64 es mostren els resultats de fixació totals de la parcel·la i l'increment de fixació respecte a la no gestió de l'àrea d'estudi, en unitats de carboni i CO_2.

Taula 64. Carboni i CO_2 capturat en quinze anys en les 15 ha gestionades en funció del mètode GOTILWA+ a l'escenari 3.

	Fixació total		Fixació respecte el bosc sense gestionar	
Unitats	t/ha	t	t/ha	t
Carboni	5,9	88,4	1,7	25,6
CO_2	21,6	324,3	6,3	93,8

Font: Elaboració pròpia.

La fixació total la podem expressar també com a **0,39 t C/ha/any** o **1,44 t CO_2/ha/any.**

Aquesta fixació incrementada respecte el bosc sense gestionar (**93,8 t CO_2** o **6,3 t CO_2/ha**) es pot expressar en termes anuals com un augment de **0,11 t C/ha/any** o **0,42 t CO_2/ha/any**.

La fixació incrementada d'aquesta proposta és un 21,3% inferior a la que presenta la proposta d'optimització de la fixació, i suposa en termes absoluts una reducció de 26,5 tones de CO_2, és a dir, de 1,7 t CO_2/ha menys. Sobre l'escenari de referència, aquesta fixació és un 18,2% inferior, el que representa una reducció de 22 t de CO_2, és a dir, 1,4 t CO_2/ha menys.

- **Auditoria d'emissions de CO_2**

Els processos i maquinària que intervenen a l'escenari de gestió ecoeficient seran els mateixos que s'han explicat als dos escenaris anteriors, però utilitzats amb una menor intensitat. També s'utilitzaran els mateixos combustibles, dades i eines de càlcul. En aquest apartat es donarà a conèixer quina és la reducció en termes absoluts i relatius d'emissions de CO_2 que permet que aquesta proposta tingui menys impactes d'emissions directes al medi.

El càlcul de les emissions es porta a terme en unes condicions d'extracció de 326,3 t de fusta, corresponent al 14% de la biomassa present a les 15 ha (2.330,5 t).

- Gestió forestal

La duració de la gestió o explotació forestal serà de 18 dies, si considerem que el temps és proporcional a la quantitat de biomassa extreta. Es suposa que l'obertura de pistes forestals es realitza de la mateixa forma i obrint la mateixa longitud de camins, de forma que pretenem gestionar les 15 ha en la seva totalitat amb una menor intensitat d'explotació, ja que ara només s'extraurà un 14% de la biomassa. En cap cas es deixaria d'explotar una de les àrees de la parcel·la.

A la Taula 65, podem veure les emissions associades al procés de gestió forestal.

Taula 65. Emissions resultants del procés de gestió forestal de l'escenari d'ecoeficiència.

Tasques	Maquinària	Modalitat	Consum horari [L/h]	Consum [L/dia]	Consum total [L]	Emissions [kg de CO_2]
Obertura de camins	Retrocarregadora/ Mixta	Subcontractat	13,8	110,4	143,5	341,6
Desembosc	Tractor forestal amb cabrestant	Recursos propis	6,5	52	988	2.657,7
Tallar i desbrancar	4 motoserres MS441-MS261	Recursos propis	0,44	14	266	633,1

Font: Elaboració pròpia a partir de dades de: Fundació Integra Pirineus; "*Asociación Española de Valorización Enegética de la Biomasa*"; Generalitat de Catalunya; Diputació de Barcelona.

- Transport

La biomassa extreta al bosc segueix dues vies com als escenaris previs. Així, 130,5 t són transportades a la gravera i 195,8 t es venen a la serradora. Els consums de combustible i la capacitat dels camions són idèntics (veure auditoria d'emissions apartat 5.2.1). Així, el transport i les seves emissions s'estructuren com veiem a la Taula 66.

Taula 66. Emissions corresponents als processos de transport de l'escenari d'ecoeficiència.

Tasques	Maquinària	Recorregut	Distància [km]	Nº de viatges	Consum total [L]	Emissions [kg de CO_2]
Troncs destinats a la gravera	Camió 1	La Seu d'Urgell- Obaga de Colldéu- Gravera- La Seu d'Urgell	96,3	9	288,6	686,9
Troncs destinats a la serradora	Camió 2	Solsona- Obaga de Colldéu- Solsona	96,4	10	321	837,8

Font: Elaboració pròpia a partir de dades de FIP, "*Asociación Española de Valorización Enegética de la Biomasa*" i Generalitat de Catalunya.

- Distribució

Les emissions generades per la distribució de la biomassa verda de forma local i la distribució dels productes de la serradora, fent ús dels mateixos camions (en quant a consum i capacitat) i amb el mateix recorregut establert als escenaris anteriors, es poden analitzar a la Taula 67.

Taula 67. Emissions corresponents als processos de distribució de l'escenari de ecoeficiència.

Tasques	Maquinària	Recorregut	Distància per viatge [km]	Nº de viatges	Consum total [L]	Emissions [kg de CO_2]
Distribució de fusta per estella	Camió 3	La Seu d'Urgell - Gravera - Radi d'acció de 50 km - La Seu d'Urgell	101	16	290,9	692,3
Distribució de productes a la serradora	Camió 4	Solsona- Zona industrial dels polígons de les rodalies de Barcelona	160	7	392	1.023,1

Font: Elaboració pròpia a partir de dades de FIP; BMW i Generalitat de Catalunya

- Tractament

Les emissions de la serradora per a aquest escenari (veure Taula 68) s'han calculat de la mateixa forma que als escenaris previs, gràcies a les dades del treball *Análisis de los consumos de energia eléctrica en aserradero,* del Centre Tecnològic i el factor d'emissió de la mescla de producció del sistema elèctric espanyol de 2013 (veure auditoria d'emissions del apartat 5.2.1)

Taula 68. Emissions resultants dels processos de tractament a la serradora de l'escenari d'ecoeficiència

Tasques	Consum [kWh/m^3]	Consum [kWh/t]	Consum total [kWh]	Emissions [kg de CO_2]
Processos de tractament de la fusta en la serradora	16,7	21,7	4.248,9	1147,2

Font: Elaboració pròpia a partir de dades de *Fernández-Golfín et al.,* 1993, *Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia.*

La possibilitat que la biomassa verda sigui triturada serà contemplada a continuació a la Taula 69, però no als resultats d'emissions globals de l'escenari d'ecoeficiència.

Taula 69. Emissions potencials de la trituradora a l'escenari d'ecoeficiència.

Tasques	Maquinària	Productivitat [t/h]	Consum [L/h]	Massa per triturar [t]	Temps de treball [h]	Consum total [L]	Emissions [Kg de CO_2]
Trituració	Trituradora	5,5	12	130,5	23,7	284,7	677,7

Font:Elaboració pròpia a partir de dades de "*Asociación Española de Valorización Enegética de la Biomasa*" i Generalitat de Catalunya.

- Resultats i anàlisi

A la Taula 70 presentem un resum de les emissions per a cada procés, amb la seva contribució relativa, i el total d'emissions.

Taula 70. Emissions totals de CO_2 per procés de l'escenari d'ecoeficiència.

Procés	Emissions [Kg de CO_2]	Contribució relativa (%)
Gestió forestal	3.632,4	45,3
Transport	1.524,7	19
Distribució	1.715,4	21,4
Tractament	1.147,2	14,3
Total	**8.019,7**	**100**

Font: Elaboració pròpia.

Les emissions globals del procés de gestió forestal, transport i tractament de la fusta són de **8.019,7** kg de CO_2, és a dir, 8 t. Per hectàrea gestionada, això representa 534,6 kg CO_2/ha. Si incloguéssim les emissions de la trituradora, estaríem parlant de 8.697,4 kg de CO_2. D'aquesta manera, la trituradora causaria el 7,8% de les emissions totals.

Les emissions de CO_2 d'aquest escenari són un 58,6% inferiors a les de la proposta de fixació òptima de carboni (11,3 t menys) i un 51,2% respecte de l'escenari de referència (8,4 t menys).

Si analitzem de forma específica la contribució relativa de cada procés, la gestió forestal amb un 45,3% i els processos de transport amb un 40,3% són els que més contribueixen a la generació d'emissions de CO_2. El tractament a la serradora produeix un 14,3% de les emissions totals.

També es pot conèixer la distribució de les emissions per a cada maquinària que s'utilitza en els processos anteriors (Figura 30).

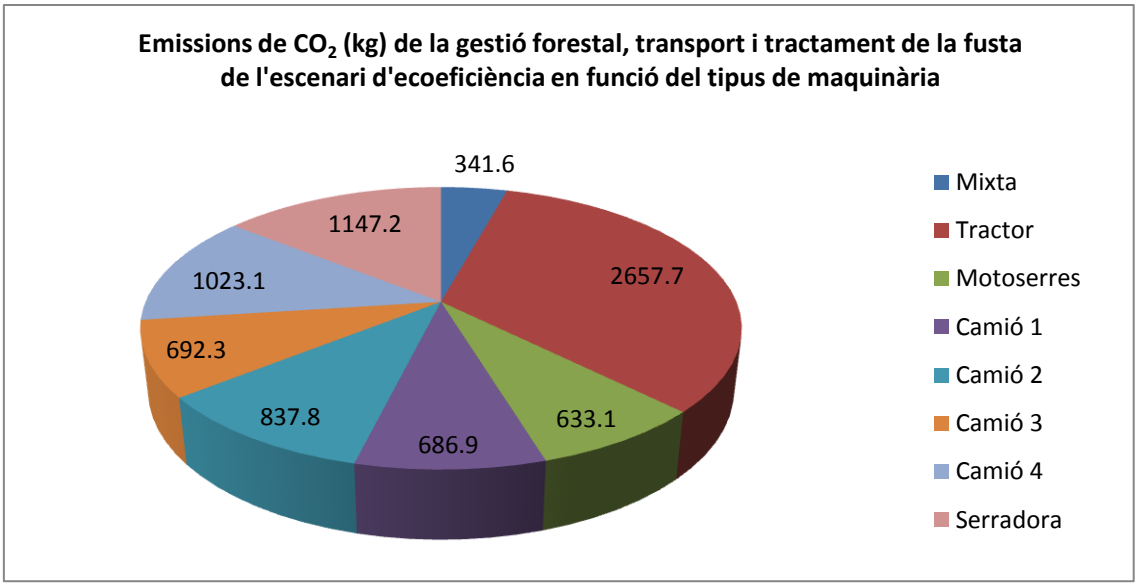


Figura 30. Emissions de CO_2 per tipus de maquinària. **Font:** Elaboració pròpia.

Les emissions de la mixta es mantenen constants com al escenari 2. Les emissions del tractor són les més importants per tipus de maquinària amb un 33,1% del total. Les emissions de la maquinària es distribueixen de forma homogènia com als escenaris anteriors. Les emissions dels camions subcontractats a la serradora representen el 57,4%, és a dir, suposen una major emissió que els altres camions subcontractats (un 34,9% més).

- **Balanç de CO_2**

D'acord amb l'equació 13, podem calcular el balanç de CO_2 d'aquesta proposta amb criteris d'ecoeficiència:

$$\text{Balanç de } CO_2 = 93{,}8 \text{ t} - 8 \text{ t} = \mathbf{85{,}8 \text{ t de } CO_2}$$

Aquest resultat implica que el balanç de CO_2 és de **5,7 t CO_2/ha**.

Aquest resultat és, per tant, un 15 % inferior al balanç de CO_2 de l'escenari 2. En termes absoluts, el balanç de CO_2 es redueix en 15,2 t de CO_2, és a dir, aproximadament tenim un balanç inferior en 1 t per hectàrea. Respecte de l'escenari de referència, aquest balanç és un 13,7% inferior (13,6 t CO_2 menys).

El segrest aconseguit en 15 anys amb la proposta ecoeficient augmenta en un 27,1% respecte el bosc sense gestionar. D'aquesta manera, aquest escenari compliria l'objectiu del *Proyecto Operación CO_2* a la Vall d'Alinyà, que es marca pel conjunt dels projectes parcials un augment del segrest de CO_2 del 10% (veure apartat 1.5).

En canvi, l'escenari ecoeficient no compliria amb l'objectiu de segrest de 0,5 t de CO_2/ha/any del mateix *Proyecto Operación CO_2*, ja que només segresten **0,38 t CO_2/ha/any**.

5.5.2. Balanç econòmic de l'escenari ecoeficient.

Seguint l'esquema de l'escenari de la FIP i de l'escenari òptim en termes de fixació, en el balanç econòmic de l'escenari ecoeficient, es presentaran els ingressos i els costos que es generarien en el cas d'aplicar el règim d'aclarida del 14% en el qual s'extreuen 326,3 t de biomassa.

- **Ingressos**

Els ingressos es determinen exactament igual que els ingressos de l'apartat 5.3.2 ja que es mantenen les proporcions de destinació de la biomassa extreta. En la Taula 71 es mostren els resultats.

Taula 71. Ingressos obtinguts en l'explotació forestal en l'escenari ecoeficient.

Destinació	Biomassa [t]	Preu de venta [€/t]	Ingrés [€]
Estella	130,5	22	2.871
Serradora	195,8	48	9.398,4
Total	-	-	**12.269,4**

Font: Elaboració pròpia.

- **Costos**

El càlcul dels costos segueixen la mateixa pauta explicada als costos de l'escenari òptim (veure apartat 5.3.2).

➢ Gestió forestal

Inicialment determinarem el cost de l'obertura de camins a la Taula 72.

Taula 72. Cost de l'obertura de camins.

Mixta		
Distància [m]	Preu [€/m]	Total
1.300	2,5	3.250

Font: Elaboració pròpia.

➢ Tallat i desbrancat

A la Taula 73 es presenten els costos que comporten les motoserres. En aquest escenari, com que extraiem menor quantitat de biomassa, els dies de treball i el cost en l'amortització de la maquinària disminueixen a 18 dies i 0,9 mesos respectivament.

Taula 73. Cost del tallat i desbrancat en l'escenari ecoeficient.

Motoserra MS 441		Motoserra MS 261	
Preu [€/0,9 mesos]	40,8	Preu [€/0,9 mesos]	89,9
Combustible [€]	78	Combustible [€]	234

Font: Elaboració pròpia.

- Desembosc

Finalment calculem el cost del desembosc, els resultats dels quals es troba reflectit en la Taula 74.

Taula 74. Cost del desembosc de l'escenari ecoeficient.

Tractor Forestal	
Preu [€/0,9 mesos]	300
Combustible [€]	720,7
Total	**1.020,7**

Font: Elaboració pròpia.

El cost total de la gestió forestal és de **4.713,4€.**

- Transport

Totes les consideracions que es tenen a l'escenari òptim en relació als camions i a les proporcions per tal de determinar els costos desconeguts del transport també s'apliquen en aquest escenari (veure apartat 5.3.2).

A la Taula 77 es representa el cost en combustible dels camions que transporten la biomassa.

Taula 77. Anàlisi dels costos del transport.

Transport			
Camió	Consum [L]	Preu del combustible [€/L]	Cost [€]
1	288,6	1,238	357,3
2	321	1,194	383,3
3	290,9	1,238	360,1
Total	-	-	**1.100,7**

Font: Elaboració pròpia a partir de dades del *Diario expansión*.

Tal i com s'explica en l'apartat 5.3.2, els costos de combustible representen el 19% dels costos totals. Si apliquem la regla de proporcionalitat de la Taula 52 podem afirmar que el 81% restant té un valor de **4.634,5€,** sumant un total de **5.735,2€**.

Un cop ja tenim els costos de les dues fases del projecte, presentem la Taula 78 en la qual determinarem el seu cost total.

Taula 78. Costos totals de la gestió forestal i transport en l'escenari ecoeficient.

Procés	Cost [€]
Gestió forestal	4.713,4
Transport	5.735,2
Total	**10.448,6**

Font: Elaboració pròpia.

Seguint l'explicació de l'apartat 5.3.2, els costos de la Taula 78 són el 46% del total dels costos del projecte. Si apliquem la regla de proporcionalitat de la Taula 54 podem afirmar que el 54% restant és de **12.265,7€** fent un total de **22.714,3€**.

- **Balanç econòmic**

A continuació presentem el balanç final de l'escenari ecoeficient en la Taula 79:

Taula 79. Balanç econòmic de l'escenari òptim

Ingressos [€]	Costos [€]	Balanç [€]
12.269,4	22.714,3	**-10.444,9**

Font: Elaboració pròpia

L'escenari òptim de captura de carboni genera pèrdues per valor de 10.444,9€. La gestió continua essent deficitària i per tant continua necessitant el finançament extern per part de la Fundació Catalunya-La Pedrera per tal de portar a terme el projecte.

Pel que fa els ingressos indirectes que rep la Fundació Catalunya-La Pedrera a partir de la certificació dels crèdits de carboni, la fundació rebria **442,7€** durant els pròxims 15 anys ja que certificarien els crèdits VCS (veure apartat 1.4.2).

5.6. Comparativa final dels escenaris

Finalment, es presenta una taula comparativa recopilant i comparant tots el resultats finals referents als diferents escenaris (veure taula 80). Els valors s'indiquen tant en xifres absolutes com en valors relatius respecte l'escenari de referència.

Taula 80. Comparativa dels escenaris òptim i ecoeficient respecte l'escenari de referència (proposta de la FIP).

	Escenari referència		Escenari òptim		Escenari ecoeficient	
Fixació	115,8	1	120,3	1,04	93,8	0,81
Emissió	16,4	1	19,3	1,18	8	0,49
Balanç de carboni	99,4	1	101	1,02	85,8	0,86
Ingressos	27.072	1	31.068,9	1,15	12.269,4	0,45
Costos	41.420	1	48.419,9	1,17	22.714,3	0,55
Balanç econòmic	-14.348	1	-17.351	1,21	-10.444,9	0,73

Font: Elaboració pròpia.

6. Conclusions

La simulació del creixement del bosc mitjançant el GOTILWA+ presenta una elevada dificultat degut a la manca d'accessibilitat a la informació necessària. Els paràmetres edàfics requereixen l'elaboració d'un anàlisi de sòl complementari a la zona d'estudi. Pel que fa a les dades meteorològiques, les estacions de mesura no proporcionen les mitjanes diàries necessàries.

El bosc de l'Obaga de Colldéu esdevé un embornal de CO_2, ja que en les 15 hectàrees gestionades, en un període de 15 anys sense cap tipus de gestió, es capturen 230,5 tones de CO_2 (4,2 t C/ha).

Qualsevol tipus d'aclarida inferior al 80% millora la fixació del bosc inicial sense gestionar per al període de 15 anys.

El percentatge d'aclarida òptim a nivell de fixació de carboni és del 37%, amb un valor de 6,4 t C/ha fixades en 15 anys. Aquesta dada es superior a les 6,3 t C/ha de carboni en 15 anys que fixa el bosc amb l'aclarida del 31% proposada per la FIP.

La proposta d'extracció de la proposta òptima és sostenible ja que proposa extreure 57,3 t/ha, i això no sobrepassa les recomanacions del Centre Tecnològic, que segons els seus estudis permet extreure amb objectius de conservació i sostenibilitat fins a 70 t/ha en gran part de la Obaga.

La fixació de l'escenari òptim és de 120,3 t de CO_2 i és superior a la fixació de la proposta de gestió de la FIP, que resulta en 115,8 t de CO_2.

El segrest (o balanç de carboni) de l'escenari òptim és el millor balanç possible amb 101 t de CO_2 respecte a 99,4 t de CO_2 de la proposta de gestió de la FIP.

A l'escenari òptim, amb la corresponent avaluació de l'auditor, es podrien certificar un nombre màxim de 101 crèdits (6,7 crèdits anuals), que ens proporcionarien uns ingressos indirectes de 521,2 € (34,15 €/any) segons els preus mitjans acordats a 2013 amb l'estàndard VCS.

La proposta de gestió de la Fundació Integra Pirineus, tot i no tenir l'objectiu d'optimitzar la fixació, s'apropa tant a la fixació de l'escenari òptim (120,3 t CO_2) com al seu balanç de carboni (101 t CO_2), el que permetria certificar 99 crèdits de CO_2, només dos menys que l'escenari 2. Això demostra que l'ús de mètodes d'anàlisi més convencionals permeten obtenir resultats aproximats als trobats amb els mètodes professionals emprats en aquest projecte.

Les emissions resultants dels processos de gestió forestal, transport i distribució, i tractament per l'escenari d'optimització de la fixació tenen una magnitud de 19.348,9 kg de CO_2, i són un 18,1% superiors a les emissions de la proposta de la FIP. En termes absoluts veiem que la proposta òptima de fixació suposa una emissió de 2.964,6 tones de CO_2 més.

L'escenari 3 amb el 14% d'aclarida presenta característiques d'ecoeficiència degut a que presenta la millor relació entre el balanç de carboni i el balanç econòmic i permet superar les elevades pèrdues econòmiques de l'escenari 2. Si comparem amb l'escenari de referència proposat per la FIP, aquesta proposta d'ecoeficiència suposa una reducció del segrest o balanç de CO_2 el 14% i d'un 27% del balanç econòmic. En comparació amb l'escenari 2 la reducció en el balanç de CO_2 és de 15%, mentre que les pèrdues econòmiques disminueixen un 39,8%.

La gestió forestal no és econòmicament viable en cap dels escenaris. A mesura que augmenta el percentatge d'aclarida el balanç econòmic cada cop és més negatiu, per tant és impossible portar a terme aquest projecte maximitzant la fixació de carboni sense assumir que es tracta d'una gestió deficitària. Resulta impossible que la gestió forestal de la Obaga de Colldéu sigui econòmicament assumible sense cap mena d'ingrés extra procedent d'alguna institució pública o privada.

El segrest aconseguit en 15 anys amb la gestió de fixació òptima augmenta en un 30,5% respecte el bosc sense gestionar, mentre que amb la proposta ecoeficient augmenta en un 27,1%. D'aquesta manera, els dos escenaris complirien l'objectiu del *Proyecto Operación* CO_2 a la Vall d'Alinyà, que es marca pel conjunt dels projectes parcials un augment del segrest de CO_2 del 10%.

En canvi, l'escenari òptim i ecoeficient no complirien amb l'objectiu de segrest de 0,5 t de CO_2/ha/any del mateix *Proyecto Operación* CO_2, ja que només segresten 0,45 t CO_2/ha/any i 0,38 t CO_2/ha/any, respectivament.

7. Propostes de millora

Dins de les propostes de millora trobem tres línies estratègiques: la millora de futurs projectes, optimització del balanç de carboni i millora de la gestió forestal. A continuació exposem les diferents accions de les tres línies.

Línia estratègica	Millora de futurs projectes
Programa	Millorar la qualitat de les dades obtingudes en el mostreig de camp
Acció	Adequar la selecció de les parcel·les d'estudi a la realitat del bosc
Breu descripció	Certes parcel·les de la nostre zona d'estudi no són representatives de la totalitat del bosc. Les parcel·les més externes, per exemple, presenten una major concentració de plançons en detriment a la quantitat d'arbres madurs. Tenint en compte que aquestes parcel·les tampoc es gestionaran degut a la poca concentració de peus arboris, recomanem excloure-les de l'estudi ja que podrien esbiaixar els resultats finals.
Objectius	Aconseguir un major grau de realisme de les dades i uns resultats més acurats.
Responsables	Responsables del mostreig de camp
Persones implicades	Participants del projecte
Calendari	Curt termini
Pressupost	-
Beneficis esperats	-
Indicadors	-
Observacions	Aquesta proposta afecta a l'aleatorietat a l'hora de mostrejar però ho considerem necessari ja que principalment es tracten de zones exteriors a l'àrea susceptible de ser gestionada.

Línia estratègica	Optimització del balanç de carboni
Programa	Reduir emissions de CO_2
Acció	Utilització de biodièsel-20 com a combustible a la flota de camions, tractor forestal i la mixta
Breu descripció	El consum de combustibles fòssils com el dièsel o la gasolina són els responsables del 85% de les emissions totals del projecte. Per aquest motiu proposem substituir aquest combustibles convencionals per biocombustibles, concretament biodièsel-20 ja que no comporta cap mena d'adaptació dels maquinària.
Objectius	Reduir emissions de CO_2 de combustibles
Responsables	Fundació Integra Pirineus
Persones implicades	Diputació de Lleida
Calendari	Curt termini
Pressupost	-
Beneficis esperats	Reducció del 26% de les emissions aplicant el factor d'emissió del biodièsel-20: 2,1kg de CO_2/L
	Reducció del 33% dels costos del combustible aplicant el preu del biodièsel actual (0,77€/L)
Indicadors	-
Observacions	La Generalitat de Catalunya pot estimular aquesta proposta implementant un marc legal en el qual s'obligui als usuaris de camions i de màquines forestals de l''ús de biodièsel-20.

Línia estratègica	Optimització del balanç de carboni
Programa	Reduir emissions de CO_2
Acció	Canvi de la flota de camions
Breu descripció	Una de les propostes per part de la Unió Europea per introduir camions més segurs i ecològics consisteix en millorar la aerodinàmica d'aquest canviant el disseny de les cabines i fer-les més arrodonides i afegint deflectors a la part posterior dels remolcs.
Objectius	Reduir emissions de CO_2
Responsables	Empresa de transport
Persones implicades	-
Calendari	Llarg termini
Pressupost	70.000€/unitat (4 unitats)
Beneficis esperats	Reducció del 10% de les emissions de CO_2
Indicadors	-
Observacions	-

Línia estratègica	Millora de la gestió forestal
Programa	Millora de la biodiversitat
Acció	Adaptar els treballs forestals als períodes crítics de cada espècie
Breu descripció	Els treballs forestals poden pertorbar greument la fauna del bosc. Els períodes més crítics són les èpoques de zel i de cria. Per aquest motiu aquesta mena de treballs s'haurien de dur a terme entre el setembre i el desembre, sobretot en aquelles zones amb un alt interès per a la conservació d'espècies.
Objectius	Evitar pertorbar la fauna del bosc durant els períodes on és més sensible
Responsables	Fundació Integra Pirineus
Persones implicades	-
Calendari	Curt termini
Pressupost	-
Beneficis esperats	-
Indicadors	-
Observacions	La Vall d'Alinyà és una zona amb un alt interès per a la conservació d'espècies rapinyaires, com el trencalòs. Per aquest motiu, és altament recomanable no alterar el medi durant el seu període crític (de gener a agost).

Línia estratègica	Millora de la gestió forestal
Programa	Millora de la biodiversitat
Acció	Manteniment d'elements d'importància per a la fauna
Breu descripció	Per afavorir la biodiversitat local cal deixar en peu un cert nombre d'arbres de les classes diametrals superiors a 30 cm perquè envelleixin i així formin un substrat d'alimentació, cria i refugi. També cal respectar els arbres amb cavitats ja que les cavitats naturals són escasses en les pinedes i molts animals les aprofiten.
Objectius	Mantenir i millorar la biodiversitat local
Responsables	Fundació Integra Pirineus
Persones implicades	-
Calendari	Curt termini
Pressupost	-
Beneficis esperats	-
Indicadors	-
Observacions	-

Línia estratègica	Millora de la gestió forestal
Programa	Millora de l'estudi de camp
Acció	Incloure un estudi de biodiversitat
Breu descripció	Una bona gestió forestal pot millorar la biodiversitat. Per això és recomanable realitzar estudis complementaris de biodiversitat per a poder certificar els crèdits amb l'estàndard CCBS.
Objectius	Analitzar l'increment de la biodiversitat per a la certificació de crèdits amb l'estàndard CCBS.
Responsables	Responsables del mostreig de camp
Persones implicades	Participants del projecte
Calendari	Curt termini
Pressupost	Desconegut
Beneficis esperats	-
Indicadors	-
Observacions	-

Línia estratègica	Millora de la gestió forestal
Programa	Millora de la qualitat forestal
Acció	Aplicar mesures per controlar la processionària
Breu descripció	La processionària (*Thaumatopoea pityocampa*) és el paràsit que més afecta als pins peninsulars. Aquesta produeix defoliacions que poden afectar greument al creixement de l'arbre. Per aquest motiu, és important controlar la proliferació d'aquesta. Es recomana que es controli la plaga mitjançant productes biològics per no afectar a la resta de la fauna del bosc. Les aplicacions de preparats de *Bacillus thuringiensis* en són un exemple.
Objectius	Evitar la propagació de la processionària en el bosc gestionat per a permetre el bon desenvolupament d'aquest.
Responsables	Fundació Catalunya-La Pedrera
Persones implicades	-
Calendari	Curt termini
Pressupost	60€/ha (25,8 ha)
Beneficis esperats	-
Indicadors	Nombre de bosses de processionària a les capçades dels pins
Observacions	Com a mesures complementàries, proposem utilitzar paranys amb feromones sexuals per tal d'atrapar els mascles i evitar així l'aparellament, o col·locar caixes-niu per a ocells insectívors que ajudin a mantenir baixes les densitats de la plaga.

8. Bibliografia

- Articles:

Arnó, J.; Masip, J. (2003). Setè quadern d'informació tècnic. Oficina tècnica de prevenció municipal d'incendis forestals. Àrea d'infraestructures, Urbanisme i Habitatge. Xarxa de Municipis. Diputació de Barcelona. *Cost horari de la maquinària forestal.*

Asociación Española de Valorización Energética. *Manual de combustibles de madera* (2008).

Banqué, M.; Martínez-Vilalta, J.; Vayreda J. (2012). *Projecte DeBosCat. Xarxa de seguiment de l'estat dels boscos de Catalunya.* Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals, CREAF.

Banqué, M.; Grau A.; Martínez-Vilalta J.; Vayreda J. (2013). *Projecte CANVIBOSC. Vulnerabilitat de les espècies forestals al canvi climàtic.* Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals, CREAF.

Bargalló, D.; Cañadas, V.; Cecilia, F.J.; Lòpez, S. (2013). *Propuesta de implementación del cultivo del manzano (Malus domestica) en la Vall d'Alinyà.*

Camarero, L.A. (1993). *Del éxodo rural y del éxodo urbano – ocaso y renacimiento de los asentamientos rurales en España*. Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, D.L.

Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia (2013). *Emissions de CO_2 de la mescla de producció del sistema elèctric espanyol*.

Duarte, C.M. [coo.]; Alonso, S.; Benito, G.; Dachs, J; Montes, C.; Pardo M.; Ríos, A.F.; Simó, R.; Valladares F. (2006). *Cambio global. Impacto de la actividad humana en el sistema Tierra*. CSIC [ed.]. Madrid: Consejo superior de investigaciones científicas (CSIC). ISBN: 978-84-00-08452-3.

Escuté, X. (2015), *in letter*.

Farriol, R.; Mascort, F. (2010). *Terminologia forestal en els instruments d'ordenació forestal*. Centre de la Propietat Forestal. Generalitat de Catalunya, Departament de Medi Ambient i Habitatge.

Fernandez-Golfín *et al*. (1993). *Análisis de los consumos de energía eléctrica en aserraderos.*

Fundació Catalunya-La Pedrera. Proposta pla de cultiu. LIFE Operation CO_2.

Fundació Integra Pirineus. Entrevista amb Ignasi Amat, director.

Generalitat de Catalunya. *Guía práctica para el cálculo de emisiones de Gases de Efecto Invernadero* (2013).

Gracia, C.; Sabaté S. (2013). GOTILWA +. Forest Growth Simulation Model.

Gràcia, C.; Sabaté, S.; Nadal-Sala, D. (2014). «*Impactos, Vulnerabilidades y Adaptación de los Bosques y la Biodiversidad de España frente al cambio climático*». Herrero A, Zavala MA [ed.]. *Proyecciones sobre la evolución de los balances de carbono y agua para los bosques españoles en el contexto del cambio climático*. Madrid: MAGRAMA.

Gràcia, C. [dir.]; Abril, M.; Barrantes, O.; Burriel, J.Á.; Ibàñez, J.J.; Mata, T.; Vayreda, J. (2004). *Inventari Ecològic i Forestal de Catalunya. Mètodes.* Argania editio, S. C. P. [ed.]. Barcelona: Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals (CREAF). ISBN: 84-932860-2-8.

Gràcia, M. [coo.]; Ordóñez, J.L. [coo.]; Arnan, X.; Martínez Vilalta, J.; Molowny, R.; Retana, J. (2011). *Les pinedes de pi roig. Manuals de gestió d'hàbitats.* Diputació de Barcelona. Àrea de Presidència. Direcció de Comunicació [ed.]. ISBN: 978-84-9803-436-3.

Hermoso E. (2001). *Caracterización mecánica de la madera estructural de Pinus sylvestris L.* Departamento de industrias forestales, escuela técnica superior de ingenieros de montes.

Hernández i Jacas, H.; Ferrer i Bautista, M.; Camps i Guarch, C.; Calm i Aumatell, A. (2006). *Disseny del pla de seguiment de la població de conill de bosc (Oryctolagus cuniculus) a la finca de la muntanya d'Alinyà i propostes de gestió*.

Kurz, W.A.; Dymond, C.C.; Stinson, G.; Rampley, G.J.; Neilson, E.T.; Carroll A.L.; Ebata T.; Safranyik L. (2008). *Mountain pine beetle and forest carbon feedback to climatic change*. Revista Nature.

McGuire, A.D.; Piao, S.; Rautiainen, A.; Sitch, S.; Hayes, D. (2011). *A Large and Persistent Carbon Sink in the World's Forests*. Revista Science.

McMahon, S.M,; Parker, G.G.; Miller, D.R. (2010). William H. Schlesinger [ed.]. *Evidence for a recent increase in forest growth*. Nova York: Institute of Ecosystem Studies, Millbrook.

Membrive, R.; Pérez, A.; Reñe, S.; Reyes, N. (2014). *El papel del pastoreo en la reducción de la carga de combustible en los bosques de la Vall d'Alinyà*.

Moisés, J.; Ibáñez, M.; Rodríguez, R.; Olarieta, J. R. (2004). «Estudi climatològic de la vall d'Alinyà». Dins: GERMAIN, J. [ed.]. *Els sistemes naturals de la vall d'Alinyà*. Barcelona:Institució Catalana d'Història Natural, p. 17-45. ISBN: 84-7283-724-6.

Montero,G. *et al*. (2004). *Fijación de CO_2 por Pinus sylvestris L. y Quercus pyrenaica Willd.en los montes «Pinar de Valsaín» y «Matas de Valsaín».*

Nadal D. (2015), *con. verb*.

Olarieta, J. R.; Rodríguez-Ochoa, R.; Raluy, J. M.; Domingo, F.; Moisés, J.; Torra, J. (2004). «Sòls de la vall d'Alinyà: aproximació a escala de reconeixement». Dins: GERMAIN, J. [ed.]. *Els sistemes naturals de la vall d'Alinyà*. Barcelona: Institució Catalana d'Història Natural, p. 69-95. ISBN: 84-7283-724-6.

Pla d'Ordenació Urbanística Municipal del terme municipial de Fígols i Alinyà, 2011.

Projecte Operació CO_2. Part B - *Technical summary and overall context of the project; LIFE + Environment Policy and Governance (2011). Technical application forms.*

Projecte Operació CO_2. Part C - *Detailed technical description of the proposed actions. LIFE + Environment Policy and Governance (2011)*. *Technical application forms.*

Richard, Yude Pan.; Birdsey, A.; Fang, J.; Houghton, R.; Kauppi, P.E.; Kurz, W.A.; Phillips, O.L.,; Shvidenko, A.; Lewis, S.L.; Canadell, J.G.; Ciais, P.; Jackson, R.B.; Pacala, S.W.; Richard, Yude Pan.; Birdsey, A.; Fang, J.; Houghton, R.; Kauppi, P.E.; Kurz, W.A.; Phillips, O.L.,; Shvidenko, A.; Lewis, S.L.; Canadell, J.G.; Ciais, P.; Jackson, R.B.; Pacala, S.W.; McGuire, A.D.; Piao, S.; Rautiainen, A.; Sitch, S.; Hayes, D. (2011). *A Large and Persistent Carbon Sink in the World's Forests*. Revista Science.

Schumacher, B. A. (2002). *Methods for the determination of total organic carbon (TOC) in soils and sediments*.

Soriano, I.; Devis, J. (2004). «Mapa de vegetació de la vall d'Alinyà. Memòria explicativa». Dins GERMAIN, J. [ed.]. *Els sistemes naturals de la vall d'Alinyà*. Barcelona: Institució Catalana d'Història Natural, p. 301-341. ISBN: 84-7283-724-6.

Soriano, J.M., 1994. *El procés de despoblament a les comarques de la Cerdanya i l'Alt Urgell*. Documents d'Anàlisi Geogràfica, 25, p. 141-163.

Torró, J., (1990). *Poblament i espai rural: transformacions històriques.* València: Alfons el Magnànim, Institució Valenciana d'Estudis i Investigació.

Tort, J. (2004). «La fesomia geogràfica de la vall d'Alinyà». Dins: GERMAIN, J. [ed.]. *Els sistemes naturals de la Vall d'Alinyà*. Barcelona: Institució Catalana d'Història Natural, p. 555-608. ISBN: 84-7283-724-6.

Ullastre, J.; Masriera, A. (2004). «Nota explicativa del plànol geològic de la vall d'Alinyà i la seva rodalia». Dins: GERMAIN, J. [ed.]. *Els sistemes naturals de la vall d'Alinyà*. Barcelona: Institució Catalana d'Història Natural, p. 47-68. ISBN: 84-7283-724-6.

Vayreda J. (2014), *con.verb*.

Vayreda J.; Martínez-Vilalta J.; Gracia N.; Retana J. (2012). *Recent climate changes interact with stand structure and management to determine changes in tree carbon stocks in Spanish forests*. Global Change Biology.

- Enllaços web:

Árboles ibéricos, *Pinus sylvestris* (en línea) http://www.arbolesibericos.es

ArcGis resources; Esri (en línea) http://resources.arcgis.com

CREAF, GOTILWA + (en línia). http://www.creaf.uab.es/gotilwa/

CREAF, Inventari Forestal i Ecològic de Catalunya (en línea) http://www.creaf.uab.es/iefc/

Diario Expansión. 6-12-2014. Preus dels combustibles (en línia) www.expansion.com

Diccionari de geografia física, Termcat (en línea) http://www.termcat.cat

EUROPA PRESS (2014, 7 de octubre). *El Govern inicia la campaña de fumigación contra la procesionaria* (en línea) http://www.europapress.es/

European Forest Genetic Resources Programme, EUFORGEN (en línea) http://www.euforgen.org

Institut Cartogràfic de Catalunya, ICC, Generalitat de Catalunya, descàrrega de les bases cartogràfiques (en línea) http://www.icc.es/

Institut d'Estadística de Catalunya, Idescat, Generalitat de Catalunya (en línea) http://www.idescat.cat/

Institut d'Estudis Catalans. Diccionari de la llengua catalana, DIEC2. (en línea) http://dlc.iec.cat/

Generalitat de Catalunya, Departament de Territori i Sostenibilitat, Xarxa Natura 2000 (en línea) http://www20.gencat.cat

Generalitat de Catalunya, Departament de Territori i Sostenibilitat, Pla d'Espais d'Interès Natural (en línea) http://www20.gencat.cat

Generalitat de Catalunya, Departament de Territori i Sostenibilitat, Reserva Nacional de caça del Cadí (en línea) http://www20.gencat.cat

Grup enciclopèdia catalana, diccionari.cat (en línea) http://www.diccionari.cat/

Grup enciclopèdia catalana, hiperenciclopèdia, Fígols i Alinyà (en línea) http://www.grec.cat

Unión Europea (2013). *Reducción de las emisiones contaminantes de los vehículos ligeros* (en línea) http://europa.eu/

PETJADA DE CARBONI

La petjada de carboni és l'indicador de les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle (GEH) associades al cicle de vida d'un producte, servei o organització. Es quantifica en emissions de CO_2 equivalent que són alliberades a l'atmosfera. Es calcula a través de factors de conversió estàndards assignats a cadascun dels gasos recollits al Protocol de Kyoto, que són el diòxid de carboni (CO_2), metà (CH_4), òxid de nitrogen (N_2O), hidrofluorocarburs (HFC), perfluorocarburs (PFC) y hexafluorur de sofre (SF_6).

En aquest apartat estimarem aquesta petjada de carboni corresponent a la realització d'aquest estudi. Per determinar adequadament la petjada, primerament, s'han comptabilitzat les emissions derivades del transport, incloent tant el desplaçament a la universitat per part dels membres del grup com els viatges a la zona d'estudi. Posteriorment analitzarem les emissions generades com a conseqüència del consum elèctric i de la fabricació dels fulls utilitzats per a l'elaboració d'aquest projecte.

Emissions del transport

Durant el període de realització del projecte s'han dut a terme reunions constants entre els quatre membres de l'equip. El lloc de reunió habitual ha estat la Universitat Autònoma de Barcelona. El desplaçament dels membres del grup s'ha produït des de diversos orígens. Un dels membres del grup ha realitzat els viatges amb metro i RENFE Rodalies des de Sant Andreu mentre que els altres tres membres han utilitzat Ferrocarrils de la Generalitat de Catalunya, dos des de Sabadell i un des del barri de Sarrià de Barcelona.

El projecte ha estat en actiu 16 setmanes. Aquestes reunions han tingut lloc tres cops per setmana, per tant s'han comptabilitzat 48 dies de treball conjunt, que determinen el nombre total de viatges.

Mitjà de transport i origen	Factor d'emissió [g CO_2 eq /passatger/ km]	Distancia del recorregut [km]	Nombre de viatges	Emissió [kg CO_2 eq]
RENFE Sant Andreu	24,4	14,5	96	33,9
Metro Fabra i Puig-Sant Andreu	25,5	0,7	96	1,7
FGC des de Sabadell (x2)	16,3	6,8	192	21,2
FGC des de Sarrià	16,3	16,8	96	26,3
Total	-	-	-	**83,1**

La zona d'estudi va ser visitada en tres ocasions pel grup. Mitjançant la distància recorreguda i els consums dels diferents vehicles utilitzats pel desplaçament s'han arribat a calcular les emissions derivades del transport a la zona d'estudi.

Model del vehicle	Factor d'emissió [g CO_2 eq/ km]	Distancia recorreguda [km]	Emissió [kg CO_2 eq]
Seat León	119	280	33,3
Volkswagen Polo	107	649	69,4
Renault Clio	105	460	48,3
Total	-	-	**151**

Emissions de l'electricitat i dels recursos materials emprats

La realització del projecte ha comportat una emissió de CO_2 derivada de l'ús d'electricitat en la il·luminació de la sala de treball i aparells electrònics, ja que els ordinadors han esdevingut l'eina bàsica de feina. Per a aquesta il·luminació s'han utilitzats dos fluorescents de 36 W. La potència mitjana estimada dels ordinadors és de 45 W.

Per a calcular les emissions de CO_2 de l'electricitat necessitem el factor d'emissió associat al mix elèctric de Catalunya. D'acord amb les dades de l'Oficina del Canvi Climàtic de la Generalitat de Catalunya les emissions derivades del mix elèctric a Catalunya eren de 248 g de CO_2 /KWh.

Per últim s'ha de tenir present les emissions generades pel paper utilitzat en aquest projecte. Al tractar-se d'un treball majoritàriament realitzat en ordinador no s'ha emprat una gran quantitat de paper durant els mesos de recerca i tractament de dades, a part de diversos fulls fets servir per apuntar a les entrevistes i els càlculs manuals que ronden les 50 unitats. La major part del consum de paper ha estat conseqüència de la impressió del treball definitiu, on han estat necessaris uns 150 folis per impressió. Per tant calcularem les emissions generades per 350 fulls ja que s'han imprès dues còpies.

Les hores emprades per tal de completar aquest treball les hem estimades en vint hores setmanals per persona durant 16 setmanes, el que permet saber les hores de consum elèctric per il·luminació i ordinadors.

Recursos	Factor d'emissió	Ús	Potencia [W]	Emissió [kg CO_2 eq]
Il·luminació (x2)	248 (g CO2/ kWh)	320h	36	5,7
Ordinadors (x4)	248 (g CO_2/ kWh)	320h	45	14,3
Paper utilitzat	9 (g CO_2/full)	350 fulls	-	3,2
Total	-	-	-	**23,1**

Per tant, la suma de les emissions derivades del transport i les emissions derivades de l'ús d'electricitat i paper ens permet obtenir la petjada de carboni. Aquesta petjada derivada del nostre treball és de **257,2 kg de CO_2 equivalent**.

PRESSUPOST

Concepte			Preu unitari [€]	Unitats	Persones	Total [€]
Recursos humans	Elaboració del projecte	Treball de camp	18	280	4	20.160
		Redacció del treball	12	40	4	1.920
	Estància	Allotjament Dietes	46	2	4	368
Recurs de mobilitat	Transport públic	1 zona	1,03	96	2	197,8
		2 zones	2,03	96	2	389,8
	Transport privat	Cost lloguer	2	79	-	158
		Combustible	1,2	75,5	-	90,6
Recursos materials	Material fungible	Impressió en color	0,44	190	-	83,6
		Impressió en blanc i negre	0,05	160	-	8
		CD's	0,8	5	-	4
		Enquadernació	3,5	2	-	7
Total costos directes						23.385,9
Cost indirectes (20%)						4.677,2
Costos totals (sense IVA)						28.063
IVA (21%)						5.893,2
TOTAL [€]						**33.956,3**

PROGRAMACIÓ

	Septembre				Octubre					Novembre				Desembre				Gener					Febrer			
ACTIVITAT	1-7	8-14	15-21	22-28	29-5	6-12	13-19	20-26	27-2	3-9	10-16	17-23	24-30	1-7	8-14	15-21	22-28	29-4	5-11	12-18	19-25	26-1	2-8	9-15	16-22	23-28
Definició del projecte																										
Definir objectius																										
Definir el context el context general de la Vall d'Alinyà																										
Caracteritzar la vegetació present a la zona																										
Descriure els mercats d'emissions de carboni																										
Descriure Operació Co2																										
Elaborar l'esquema general del treball																										
Definir la metodologia a seguir																										
Entrevistes																										
Cartografiar les parcel·les d'estudi																										
Seleccionar les parcel·les a mesurar																										
Mesurar els paràmetres físics in situ																										
Recerca dels costos i ingressos econòmics de la proposta de la FIP																										
Presentació de les dades del treball de camp																										
Calcular la quantitat total de carboni fixat																										
Calcular la capacitat d'embornal del bosc																										
Calcular el percentatge d'aclarida òpitm																										
Calcular la fixació i el balanç òptim																										
Calcular el balanç econòmic de l'escenari òptim																										
Realitzar una proposta de gestió ecoeficient																										
Conclusions del treball																										
Propostes de millora																										
Redacció article científic																										
Revisió del treball																										
Entrega final																										
Defensa davant del tribunal																										

ANNEX I

itagra.ct
centro tecnológico agrario y agroalimentario

INFORME DE RESULTADOS

Cliente : Zacarías Clérigo
Domicilio : ETSIIAA
Población : 34004 PALENCIA (PALENCIA)

Núm.Boletín: 11620 **Reg. Salida:** 4051

Nº Muestra: 130922

Registro muestra : 10/06/2013
Inicio análisis : 11/06/2013
Finalización análisis : 24/06/2013

Muestra de : Suelo

Referencia : ALINYA. Repoblación

Nombre Determinación	Resultado	Com.	Método
pH (1:2,5)	8.38 ±0.14	[1]	Potenciometría PNT-S-01
Conductividad	0.21 mS/cm		Conductivímetro (1:2,5)
Elementos gruesos	72.61 g/100g		Tamiz 2 mm
Arena fina	32.32 g/100g		Tamiz 100 µm
Arena ISSS	45.92 g/100g		Densímetro Bouyoucos
Limo ISSS	16.28 g/100g		Densímetro Bouyoucos
Arcilla ISSS	37.80 g/100g		Densímetro Bouyoucos
Textura ISSS	Arcilloso grueso		
Materia orgánica oxidable	3.01 g/100g		Volumetría redox. PNT-S-05
Carbonatos	21.8 ±2.2 g CaCO3/100 g		Bernard. PNT-S-03
Caliza activa	1.4 g/100g		Bernard
Fósforo asimilable	14.3 ±3.4 mg/kg		Olsen. PNT-S-04
Potasio asimilable	227 ±22 mg/kg		Emisión atómica. PNT-S-07
Calcio asimilable	43.3 meq/100g		Absorción atómica. PNT-S-06
Magnesio asimilable	0.94 ±0.18 meq/100g		Absorción atómica. PNT-S-06
Sodio asimilable	0.04 meq/100g		Emisión atómica
Nitrógeno total	0.22 g/100g		Kjeldahl modificado

[1]: La determinación de pH se ha realizado a 21.9° C

OBSERVACIONES: Los resultados están expresados sobre suelo seco al aire

La muestra fue facilitada por el propio cliente. El análisis sólo da fe de la muestra recibida.
Este boletín no se puede reproducir parcialmente sin la aprobación por escrito de la entidad emisora.

Emitido por: Laboratorio

PALENCIA, 25 de Junio de 2013

Director técnico del laboratorio

itagra.ct
centro tecnológico agrario y agroalimentario

MARTA SÁNCHEZ MARTÍN

ITAGRA.CT- Avd de Madrid, 44 (La Yutera) 34004 Palencia Fax 979 108 979-Tlno.979 108 446 - E-mail: laboratorios@itagra.com - www.itagra.com

itagra.ct
centro tecnológico agrario y agroalimentario

INFORME DE RESULTADOS

Cliente : Zacarías Clérigo
Domicilio : ETSIIAA
Población : 34004 PALENCIA (PALENCIA)

Núm.Boletín: 14365 **Reg. Salida:** 5097

Nº Muestra: 143047

Registro muestra : 22/10/2014
Inicio análisis : 04/11/2014
Finalización análisis : 25/11/2014

Muestra de : Suelo

Nombre Determinación	Resultado	Com.	Método
pH (1:2,5)	8.14 ±0.14	[1]	Potenciometría PNT-S-01
Conductividad	0.25 mS/cm		Conductivímetro (1:2,5)
Arena ISSS	49.00 g/100g		Densímetro Bouyoucos
Limo ISSS	16.28 g/100g		Densímetro Bouyoucos
Arcilla ISSS	34.72 g/100g		Densímetro Bouyoucos
Textura ISSS	Arcillo arenoso		
Materia orgánica oxidable	6.92 g/100g		Volumetría redox. PNT-S-05
Carbonatos	27.2 ±2.8 g CaCO3/100 g		Bernard. PNT-S-03
Caliza activa	2.2 g/100g		Bernard
Fósforo asimilable	6.6 mg/kg		Olsen. PNT-S-04
Potasio asimilable	200 ±22 mg/kg		Emisión atómica. PNT-S-07
Calcio asimilable	50.1 meq/100g		Absorción atómica. PNT-S-06
Magnesio asimilable	0.89 ±0.18 meq/100g		Absorción atómica. PNT-S-06
Sodio asimilable	0.02 meq/100g		Emisión atómica

[1]: La determinación de pH se ha realizado a 22.5º C

OBSERVACIONES: Los resultados están expresados sobre suelo seco al aire

La muestra fue facilitada por el propio cliente. El análisis sólo da fe de la muestra recibida.
Este boletín no se puede reproducir parcialmente sin la aprobación por escrito de la entidad emisora.

Emitido por: Laboratorio

PALENCIA, 25 de Noviembre de 2014

Director técnico del laboratorio

itagra.ct
centro tecnológico agrario y agroalimentario

MARTA SÁNCHEZ MARTÍN

ITAGRA.CT- Av/ de Madrid, 44 (La Yutera) 34004 Palencia Fax 979 165 970-Tfno.979 108 446 - E-mail: laboratorios@itagra.com - www.itagra.com