



Innovació

per a la millora
de la supervivència
en les reforestacions



Nou clúster de la biomassa – Landscare, sistema de pagaments per serveis ambientals – Disponibilitat de planter de pollancre – Preus de la fusta

Innovació en tècniques sostenibles de reforestació

1. La sequera i la vegetació competidora en les reforestacions

La sequera i la vegetació competidora són, juntament amb els danys deguts a la fauna, les principals amenaces per a una reforestació o plantació forestal. Tots dos factors poden causar, per separat o conjuntament, una pèrdua de creixement i vitalitat dels arbres, una més alta susceptibilitat a plagues i malalties i fins i tot la pèrdua parcial o total de la plantació. Si bé els arbres són susceptibles a aquests fenòmens durant tota la seva vida, l'època més crítica és durant els primers anys, en què no tenen una arrel prou desenvolupada com per explorar capes profundes del sòl ni tampoc una capçada prou ampla com per ombrejar el terra.

1.1. La sequera

La sequera estival és un aspecte característic dels ecosistemes mediterranis, si bé la seva severitat té una important variabilitat geogràfica i interanual. En general, però, les projeccions climàtiques apunten cap a un increment de la intensitat i duració dels períodes secs en condicions mediterrànies per a les properes dècades, per la qual cosa convé més que mai planificar les reforestacions i plantacions forestals amb criteris conservadors quant a la disponibilitat hídrica esperada.

El principal mètode emprat habitualment contra la sequera és l'aplicació artificial d'aigua, en forma de regs d'emergència o suport. Aquesta intervenció, però, és inaplicable en la majoria de condicions forestals degut als elevats costos de personal i maquinària, especialment, en terrenys poc accessibles. Altres problemes d'aquesta pràctica són la dificultat per planificar el nombre d'intervencions necessàries cada any i les restriccions a la mobilització d'aigua durant els períodes de sequera intensa.

Degut a aquestes limitacions, s'intenta desenvolupar tècniques que permetin incrementar la disponibilitat d'aigua al sòl de manera preventiva, sense requerir intervencions recurrents i amb una més alta sostenibilitat. Entre les solucions més destacades en aquesta línia destaquen les

pràctiques de conservació d'aigua durant la preparació del sòl (escocell, compensació del pendent) i tècniques de plantació específiques. Entre aquestes tècniques destaquen els condicionadors del sòl, productes que es barregen amb la terra del clot de plantació o sembra i que incrementen la disponibilitat d'aigua en el volum del sòl ocupat per les arrels durant els primers anys. Els condicionadors més habituals són substrats de viver o bé *polímers hidroabsorbents*, preferentment combinats amb altres ingredients que milloren l'estructura del sòl o incrementen els nutrients disponibles.

En contacte amb l'aigua, aquests polímers l'absorbeixen i multipliquen considerablement el seu volum, amb la qual cosa redueixen la pèrdua d'aigua per infiltració i per evaporació. D'aquesta manera, l'aigua roman emmagatzemada en aquests polímers durant les èpoques plujoses, però resta a l'abast dels arbres a mesura que el sòl es va assecat progressivament. El principal avantatge d'aquesta tècnica és el seu funcionament autònom, ja què no requereix manteniment.



Fotografia 1. Cuba de reg

1.2. La vegetació competidora

La vegetació competidora és un problema especialment rellevant en estacions de productivitat mitjana i alta. Aquesta vegetació competeix amb els arbres per l'aigua, la llum i els nutrients. Les tècniques emprades més habitualment contra aquesta amenaça es basen en intervencions reiterades, més recurrents com més alta és la productivitat, d'estassada mecànica o química. L'estassada mecànica es realitza amb maquinària si l'àrea és fàcilment accessible i transitable; tot i assolir-se alts rendiments, aquesta intervenció és poc efectiva si no elimina la competició més propera a l'arbre. L'estassada mecànica

Jaime Coello,
Míriam Piqué,
Pere Rovira,
Carla Fuentes

Àrea de Gestió
Forestal Sostenible,
Centre Tecnològic
Forestal de
Catalunya

també es pot fer amb eines o màquines operades a mà, amb rendiment baix. En tots dos casos, el risc de danys sobre la reforestació és elevat. L'estassada més habitual és la química, consistent en l'aplicació d'herbicides.

Es tracta d'una solució econòmicament més eficient, però presenta importants limitacions: a més de requerir una aplicació reiterada, l'acceptació social és cada cop més baixa pel seu impacte ambiental, i la seva aplicació està cada cop més restringida.



Fotografia 2. La vegetació competidora pot ser un impediment fonamental per al creixement i seguiment dels arbres.



Fotografia 3. Estassada química en una plantació forestal.

En aquest marc, s'han desenvolupat tècniques alternatives contra la vegetació competidora, que permeten evitar, simplificar o reduir considerablement l'aplicació d'estassades i el risc de causar danys durant aquestes. Una de les més habituals és instal·lar, immediatament després de la plantació, al voltant de l'arbre cobertes del sòl, també anomenades encoixinats o "mulch". Aquestes cobertes funcionen com a barrera física i d'ombratge per a la vegetació competidora, de manera que impedeixen la seva germinació i proliferació prop de l'arbre. Els dos tipus principals de coberta són les de superfície contínua (làmina o teixit de plàstic, bioplàstic, tèxtil, paper tractat, cartró...) o de partícules (petits elements apilats: pedres, estelles, palla). Aquestes cobertes tenen una funció addicional: mitiguen l'evaporació d'aigua del sòl, amb un efecte especialment notable durant períodes secs. A més, en funció de la seva composició, poden regular la temperatura i millorar les propietats físiques del sòl i aportar nutrients. La coberta de sòl més emprada és la de làmina de plàstic, degut al seu baix cost i llarga durabilitat, però presenta principalment dos desavantatges: la seva retirada és molt costosa i a més està fabricada amb matèries primeres no renovables i difícilment reciclables després del seu ús. Com a resposta, durant els últims anys s'estan desenvolupant nous materials de coberta que evitin aquests inconvenients, especialment, a partir de materials biodegradables.



Fotografies 4 i 5. Cobertes del sòl de film plàstic i d'estella

2. Desenvolupant noves tècniques contra la sequera i la vegetació competidora: el projecte Sustaffor

2.1. El projecte i les tècniques Sustaffor

El projecte Sustaffor "Unint eficàcia i sostenibilitat en reforestació en un context de canvi climàtic: noves tecnologies per millorar les característiques del sòl i el rendiment de la planta" té com a principal objectiu dissenyar, desenvolupar i validar en camp i laboratori noves tècniques de plantació destinades a millorar les reforestacions des d'un punt de vista ambiental, tècnic i econòmic. Aquestes tècniques de plantació pretenen mitigar l'efecte negatiu de la sequera i de la vegetació competidora durant els primers anys d'una reforestació.

Durant aquest projecte, que es du a terme en el període 2013-2015, un consorci de 6 Pimes i 4 centres d'investigació de diferents països europeus, coordinats pel Centre Tecnològic Forestal de Catalunya, ha desenvolupat una sèrie de prototips innovadors de condicionadors i cobertes del sòl (veure fotografies 6-9).



Fotografia 6. Condicionador del sòl granulat que inclou 23 ingredients incloent un nou complex de polímers hidroabsorbents (fabricant: TerraCottem Internacional)



Fotografia 7. Coberta del sòl consistent en un marc 100% biodegradable fet amb biopolímers fusionat a un film biodegradable comercial (fabricant: DTC)



Fotografia 8. Coberta del sòl a base de jute teixit, tractada amb reïna orgànica per incrementar la seva durabilitat, 100% biodegradable (fabricant: La Zeloise)



Fotografia 9. Coberta del sòl en goma reciclada, de llarga resistència o reutilitzable, amb un gruix que permet evitar la necessitat de fixació addicional (fabricant: EcoRub)

Taula 1. Tractaments avaluats durant el projecte Sustaffor (marcats amb una X): combinacions dels condicionadors del sòl amb tècniques contra la vegetació competidora. En negreta: codi emprat per citar cada tècnica en aquest article. Verd: tècniques innovadores desenvolupades durant el projecte; Blau: tècniques de referència; Gris: control (sense aplicació de la tècnica).

Tècniques de condicionament del sòl Tècniques contra vegetació competidora	Nou condicionador del sòl			Condicionador comercial TerraCottem Universal®	Control - sense condicionador
	20 g/arbre (NAS20)	40 g/arbre (NAS40)	80 g/ arbre (NAS80)	40 g/arbre (ComAS40)	(No_AS)
Coberta biopolímer fusionat amb biofilm (BIOPOL)		X			X
Coberta de jute teixit tractada amb reïna (JUTE)		X			X
Coberta de goma reciclada (GOMA)		X			X
Coberta de biofilm teixit comercial (ComBiofilm)		X			X
Coberta de film de polietilè (ComPlastic)	X	X	X	X	X
Aplicació anual d'herbicida - glifosat (ComHerbi)		X			X
Control - sense tractament de la vegetació competidora (Ctrl_Veg)		X			X

2.2. Tractaments avaluats

Per determinar l'eficàcia d'aquestes noves tècniques s'ha avaluat, en condicions de camp, el seu efecte sobre la supervivència, creixement aeri i subterrani i l'estat hídric durant els dos primers períodes vegetatius, en comparació amb tècniques de referència, és a dir, aquelles disponibles actualment al mercat per fer la mateixa funció. Els 17 tractaments estudiats són combinacions de diferents condicionaments del sòl amb diferents tècniques contra la vegetació competidora (Taula 1).

2.3. Àrees de treball

Cadascun dels 17 tractaments esmentats s'aplica sobre 30 arbres a cadascuna de les 8 plantacions que conformen l'estudi, instal·lades a principis del 2014. Aquestes plantacions es localitzen en àrees representatives de 4 grans bioclims: Semiàrid, Mediterrani continental, Mediterrani humit i Montà.



Fotografia 10. Plantació en el semiàrid



Fotografia 11. Plantació en el Mediterrani Continental



Fotografia 12. Plantació en el Mediterrani Humit



Fotografia 13. Plantació en el Montà

La Taula 2 mostra les principals característiques de les àrees d'estudi.

Taula 2. Característiques principals de les àrees d'estudi i de les plantacions experimentals.

Bioclima	Semiàrid	Mediterrani continental	Mediterrani humit	Montà
Terme municipal	Mequinensa	Solsona	Banyoles	Fontanals de Cerdanya
Altitud	210 m	672 m	215 m	1430 m
Tipus de terreny	Forestal, cremat el 2005	Agrícola abandonat	Agrícola abandonat	Pastura abandonada
Orientació i pendent	Sud & Nord 40% & 60%	Pla	Pla	Nord, 30%
Temperatura mitjana anual	15,0°C	12,0°C	14,0°C	7,5°C
Precipitació mitjana anual	370 mm	685 mm	870 mm	885 mm
Precipitació mitjana estival	70 mm	165 mm	215 mm	270 mm
Textura del sòl	Franco-arenosa	Franco-argilosa	Franco-llimosa	Franco-arenosa
Espècies emprades	Pi blanc	Noguera híbrida, alzina micoritzada amb tòfona negra	Noguera híbrida, pi pinyer	Freixe de fulla gran, bedoll

3. Resultats dels nous condicionadors i cobertes del sòl

A continuació es presenta un resum general de l'efecte que tenen les tècniques avaluades en la supervivència, creixement i estat hídric dels arbres, a les quatre condicions estudiades (Taula 3). Posteriorment, es presenten els resultats més destacats a cadascuna de les condicions climàtiques d'estudi, pel que fa a supervivència, estat hídric i creixement de la part aèria (tija) i subterrània (arrels). Aquesta darrera variable és molt important en els primers estadis de desenvolupament d'una plantació, quan la planta és més vulnerable a l'efecte negatiu de la sequera i a la competició de la vegetació no desitjada. L'adequat desenvolupament del sistema radical és fonamental per incrementar la supervivència i el creixement futur dels arbres.

A les figures mostrades, les lletres diferents (a, b, c) indiquen que la diferència entre dos tècniques per a un any concret és estadísticament significativa ($p < 0,05$), d'acord amb el test de Tukey.

3.1. Resum general de resultats

Es mostra a continuació una taula resum (Taula 3) amb els principals resultats de les plantacions del projecte, després de 2 períodes vegetatius. Els resultats indiquen la idoneïtat de les diferents tècniques pel que fa a la millora del desenvolupament inicial dels arbres.

3.2. Resultats en el semiàrid (Mequinensa)

La tècnica de plantació més rellevant a Mequinensa ha estat el condicionador del sòl, amb un clar efecte positiu sobre totes les variables mesurades (Figures 2 i 3). Les cobertes del sòl també han tingut un efecte positiu sobre la supervivència (Figura 2) i sobre el creixement durant el 2014.

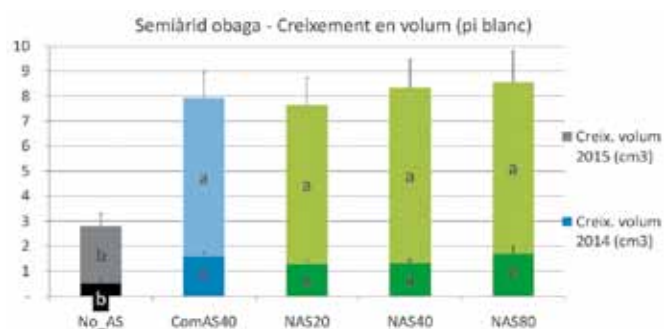
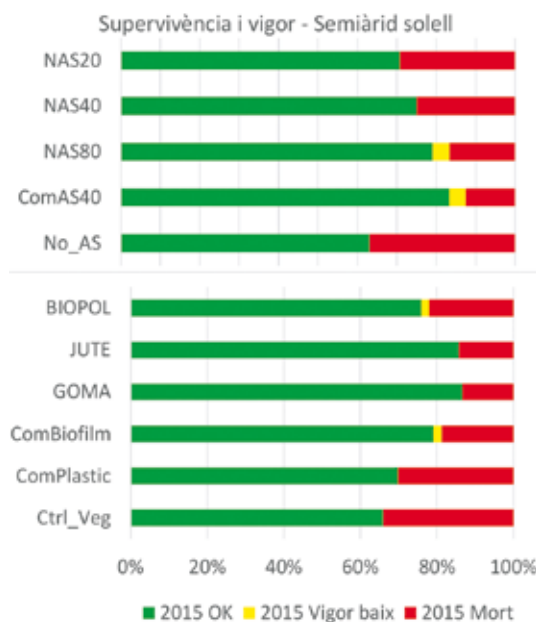


Figura 2. Dalt: efecte de les diferents tècniques sobre la supervivència i el vigor, octubre 2015. Baix: creixement durant 2014 i 2015.

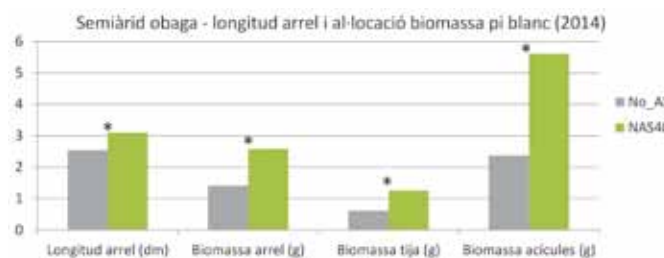


Figura 3. Profunditat màxima de l'arrel i biomassa seca acumulada a les diferents parts de l'arbre (arrel, tija i acícules), a l'obaga de Mequinensa. Els asteriscos indiquen que la diferència entre els arbres amb i sense condicionador del sòl són estadísticament significatives ($p < 0,05$).

Taula 3. Resum dels principals resultats de l'estudi: efecte de l'aplicació vs. no aplicació de les dues tècniques estudiades: condicionador del sòl i tècniques contra la vegetació competidora.

Tipus tècnica	Condicionador sòl				Tècniques contra vegetació competidora			
	Semiàrid	Med. continental	Med. humit	Montà	Semiàrid	Med. continental	Med. humit	Montà
Supervivència i vigor	+	o	o	o	+	o	o	o
Creixement aeri i subterrani	++	o	o	+	o	++	++	o
Estat hídric	+	o	o	o	o	++	++	o

++: efecte molt positiu de la tècnica, per a totes les dosis / models
+ : efecte positiu de la tècnica a la majoria de dosis / models
o: sense efecte significatiu de la tècnica

3.3. Resultats en el Mediterrani Continental (Solsona)

En aquestes condicions la mortalitat ha estat molt baixa (4%), sense diferències entre tractaments. Les tècniques contra la vegetació competidora han tingut un efecte molt favorable sobre el creixement aeri i subterrani i sobre l'estat hídric (Figura 4), mentre que el condicionador del sòl no ha tingut efecte significatiu sobre cap variable.

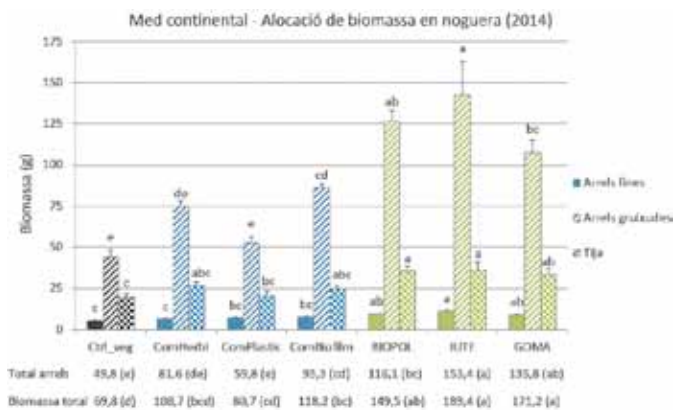


Figura 4. Efecte dels tractaments contra la vegetació competidora sobre els grams de biomassa de cada component de l'arbre a 2014, a Solsona.

3.4. Resultats en el Mediterrani humit (Banyoles)

A l'igual que en el cas anterior, la mortalitat ha estat molt baixa (nul·la en noguera, 6% en pi pinyer), sense un efecte clar degut als diferents tractaments. L'efecte del condicionament del sòl tampoc no ha estat significatiu en aquest cas, mentre que els tractaments contra la vegetació competidora han millorat notablement el creixement (Figura 5) i l'estat hídric dels arbres.

3.5. Resultats en el Montà (Fontanals de Cerdanya)

En condicions montanes la mortalitat ha estat del 8% en freixe i del 7% en bedoll, sense diferències apreciables entre tractaments. En aquestes condicions el condicionador del sòl ha tingut un lleuger efecte positiu sobre el creixement (Figura 6), mentre que els tractaments contra la vegetació competidora no han donat lloc a efectes notables sobre cap variable.

4. Conclusions

4.1. Valoració del condicionadors del sòl

Els condicionadors del sòl han provat ser una tècnica de gran eficàcia per incrementar el creixement en condicions en les quals el sòl té una baixa capacitat de retenció d'aigua i nutrients degut a una textura lleugera, com han estat les plantacions en condicions semiàrides (Mequinensa) i montanes (Fontanals de Cerdanya). L'efecte positiu ha estat especialment notable en condicions en

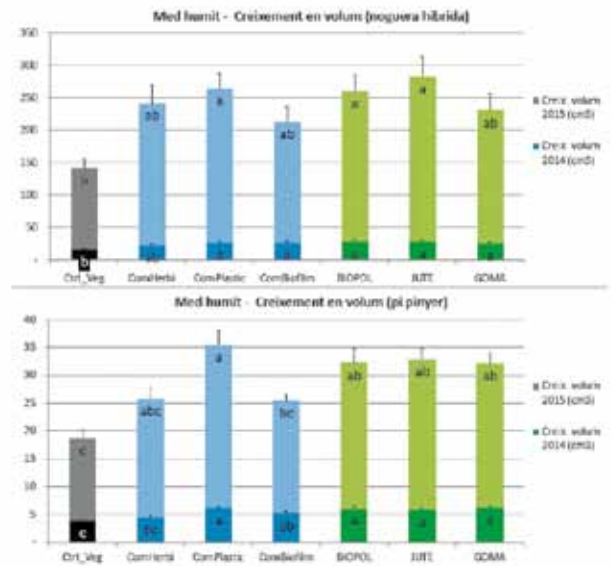


Figura 5. Efecte dels tractaments contra la vegetació competidora sobre el creixement de la noguera i el pinyer el 2014 i 2015, a Banyoles.

les que l'estrès hídric és especialment marcat (semiàrid), a on totes les variables mesurades han estat notablement millorades per aquesta tècnica.

En canvi, en les condicions més productives (Mediterrani continental i humit), amb sòls de textura més pesada, rics en nutrients i relativament ben aprovisionats d'aigua, l'efecte del condicionador ha estat imperceptible.

Els resultats de la nova formulació han estat molt semblants als de la formulació comercial, fins i tot superiors per a algunes variables. La dosi de 40 g/arbre, que és la prescrita pel fabricant per a clots de 30x30x30 cm, és la que ha semblat ser la més adient en termes de cost-eficiència.

4.2. Valoració de les tècniques contra la vegetació competidora

Les tècniques contra la vegetació competidora han tingut un efecte molt positiu en el creixement i l'estat hídric dels arbres en les condicions més productives: mediterrani continental (Solsona) i mediterrani humit (Banyoles). En aquestes condicions, els arbres sobre els quals s'ha aplicat qualsevol tècnica contra la vegetació competidora sempre han donat



PRESEGUE
TREBALLS FORESTALS

Treballs Forestals Presegue SL
C. Torres i Bages, 11. Tona 08551 (BCN)
T. 630978771 / 630978775



**ESPECIALISTES EN
TREBALLS FORESTALS
I TALES DE RISC**

info@presegue.com
www.presegue.com

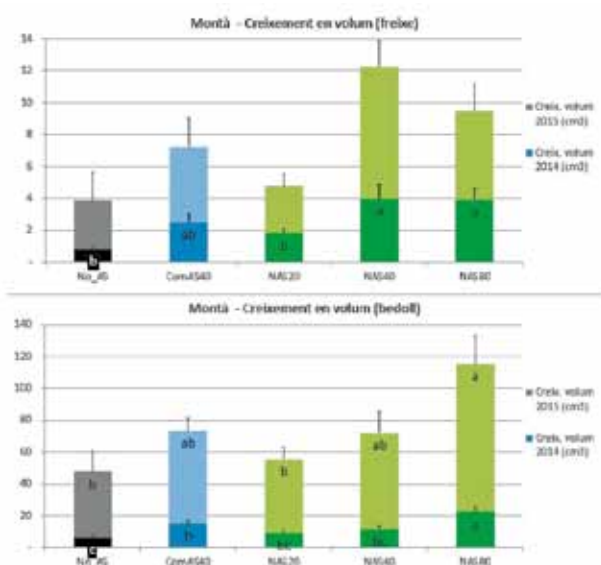


Figura 6. Efecte dels tractaments de condicionament del sòl sobre el creixement de freixe i bedoll el 2014 i 2015, a Fontanals de Cerdanya.

resultats millors en totes les variables que aquells en els que no s'ha aplicat cap intervenció. També s'ha obtingut un lleuger efecte positiu d'aquestes tècniques sobre el creixement en condicions semiàrides.

Comparant les diferents tècniques contra la vegetació competidora, les cobertes han donat uns resultats lleugerament superiors a l'aplicació d'herbicida. Entre les diferents cobertes del sòl (2 de referència i 3 innovadores) s'han detectat poques diferències significatives i sense un patró evident. En general, sembla que el bioplàstic comercial dóna lloc a resultats lleugerament pitjors que les noves cobertes o la de plàstic.

En general, les cobertes desenvolupades durant el projecte són, com a mínim, igual d'eficients que la coberta de plàstic. Aquelles que són biodegradables (nou biopolímer i jute) tenen com a principal avantatge enfront de les cobertes plàstiques el fet de no requerir ser retirades, la qual cosa pot suposar un notable benefici econòmic. A més, aquests nous models tenen un interès ambiental afegit, en substituir els plàstics per matèries primeres renovables. Aquestes dues tècniques poden ser especialment interessants per a reforestacions de mínima gestió o en àrees poc accessibles, en les que la retirada de la coberta suposa un cost important. La coberta de jute, d'alt valor estètic, pot ser especialment interessant en àrees amb alta pressió paisatgística. Finalment, la coberta realitzada amb goma reciclada té com a principal atractiu la valorització d'un residu i la seva llarga durabilitat, per la qual cosa sembla una opció atractiva per ser emprada, per exemple, en reforestacions fetes en àrees d'àmbit urbà, espais verds, etc.

4.3. Resum general de l'estudi

En resum, les tècniques desenvolupades durant el projecte han donat lloc a resultats semblants i sovint millors que les versions de referència el que, juntament amb els seus

beneficis ambientals, permet que a priori es puguin considerar com a una alternativa interessant per ser emprades en reforestacions. En tot cas, el seguiment durant els pròxims anys permetrà conèixer millor l'efecte de les noves tècniques a mitjà termini i determinar la seva adequació en comparació amb les tècniques de referència, en diferents escenaris de reforestació. Aquesta anàlisi ha de contemplar aspectes tècnics (efectes sobre l'arbre i el sòl) i econòmics (costos d'adquisició, instal·lació, manteniment). En aquest sentit, els prototips avaluats han estat fabricats a petita escala per als assajos descrits. El preu comercial d'aquests productes es coneixerà a mesura que arribin al mercat, a partir de 2016. ●

Agraïments

Projecte FP7 Sustaffor, finançat pel 7è Programa Marc de la Unió Europea, gestionat per la REA - Research Executive Agency <http://ec.europa.eu/research/rea> (FP7/2007-2013) sota l'acord d'ajut n° 606554 (2013-2015). www.sustaffor.eu.

Personal de camp participant en la instal·lació, manteniment i seguiment dels assajos.

Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural de la Generalitat de Catalunya a la Cerdanya; Sección de Gestión de Montes del Servicio Provincial de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente de Huesca (Gobierno de Aragón), així com als propietaris forestals privats que han participat en aquest projecte.