

CANVIBOSC: Vulnerabilitat de les espècies forestals al canvi climàtic

Mireia Banqué Casanovas
Anna Grau Ripoll
Jordi Martínez-Vilalta
Jordi Vayreda Duran

Octubre de 2013

Impactes observats i previstos de les espècies arbòries més abundants a Catalunya

INTRODUCCIÓ:

1.- Objectius

Les següents fitxes són un buidatge que pretén esclarir i sintetitzar quina és la informació científica més recent publicada sobre els impactes observats a les principals espècies arbòries davant de les amenaces més importants que es preveuen en el context del canvi climàtic: **la sequera, les plagues i els incendis forestals.**

L'objectiu d'aquestes fitxes ha estat fer un buidatge el més exhaustiu possible de la bibliografia científica disponible fins a finals del 2012 i o bé mitjan del 2013 (segons cada cas). Per cada espècie s'ha determinat quina és la data de la cerca, ja que el ritme de publicacions d'articles en revistes científiques és vertiginós i hi poden haver novetats contínuament. S'ha dut a terme un procés de *digestió* de la informació científica i de *traducció* a un llenguatge no científic i entenedor, en la mesura del possible. Un segon objectiu, no menys important, ha estat identificar els buits d'informació, aquells punts on, fins la data, no hi ha informació científica disponible.

Tot aquest recull d'informació pretén ser útil per poder dissenyar polítiques i accions preventives i correctives en la gestió forestal per encarar les amenaces i vulnerabilitats del canvi climàtic.

2.- Metodologia

2.1.-Buidatge bibliogràfic i oracions

Per tal de fer el buidatge bibliogràfic s'han escollit uns articles a partir del buscador d'articles científics "Web of knowledge" (<http://wokinfo.com/>). Aquest buscador permet fer cerques filtrades amb paraules clau. Es van escollir tres paràmetres per filtrar com a paraules clau: l'espècie, l'àrea geogràfica d'estudi dels articles, i l'impacte previst: sequera / incendis / plagues.

Les **espècies** escollides són les 9 que tenen més superfície a Catalunya segons el Mapa de Cobertes del Sòl de Catalunya:

Taula 1: Nom comú, nom científic i superfície que ocupen les 9 espècies escollides.

	Nom comú	Nom científic	Superfície (ha)	% respecte bosc total
	Alzina	<i>Quercus ilex</i>	226461	17.22
	Alzina surera	<i>Quercus suber</i>	66542	5.06
	Faig	<i>Fagus sylvatica</i>	33514	2.55
	Pi blanc	<i>Pinus halepensis</i>	300912	22.89
	Pinassa	<i>Pinus nigra</i>	119322	9.07
	Pi negre	<i>Pinus uncinata</i>	65404	4.97
	Pi pinyer	<i>Pinus pinea</i>	34750	2.64
	Pi roig	<i>Pinus sylvestris</i>	212227	16.14
Roures (*)	Roure martinenc	<i>Quercus humilis</i>	145798	7.30
	Roure de fulla petita	<i>Quercus faginea</i>		3.16
	Roure de fulla gran	<i>Quercus petraea</i>		0.39
	Roure pènel	<i>Quercus robur</i>		0.23

(*) S'han unit aquestes 4 espècies de roures en un sol grup.

L'àrea d'estudi s'ha emmarcat a Espanya, sempre que hi hagués una quantitat raonable d'estudis fets en aquest àmbit. Per l'alzina surera s'ha obert el camp per a tota la Península Ibèrica, donada la gran quantitat d'estudis fets a Portugal amb aquesta espècie. I per les espècies amb poca presència a Catalunya i Espanya, s'ha ampliat l'àrea per a tota la Conca Mediterrània.

Els impactes que s'han introduït com a paraules clau són: *drought*, *fire* (posar *wild fire* implicava que molts dels articles quedaven fora) i *pest* o *outbreak*.

Impactes observats i previstos de les espècies arbòries més abundants a Catalunya

INTRODUCCIÓ:

Amb la combinació d'aquestes paraules clau, s'ha fet una primera selecció per cada una de les espècies. Una vegada feta la primera cerca s'han eliminat els articles que, atenent al títol i al resum, no tenien relació amb la vulnerabilitat a la sequera, els incendis o les plagues. Després d'aquesta preselecció n'han sortit els articles dels que se n'ha fet el buidatge. A la taula 2 s'especifica la data de cadascuna de les cerques, el nombre d'articles una vegada feta la primera tria i les paraules clau que s'han fet servir.

Taula 2: Nom comú, data de la cerca, número d'articles llegits i paraules clau emprades en la cerca de les 9 espècies escollides.

Espècie	Data cerca	Nre. articles	Paraules clau de la cerca
Alzina	2-12-12	77	<i>Quercus ilex</i> , Spain, drought / fire / pest/ outbreak
Alzina surera	14-1-13	81	<i>Quercus suber</i> , Mediterranean, drought / fire / pest/ outbreak
Faig	6-2-13	43	<i>Fagus sylvatica</i> , Mediterranean, drought / fire / pest/ outbreak
Pi blanc	25-1-13	89	<i>Pinus halepensis</i> , Spain, drought / fire / pest/ outbreak
Pinassa	29-1-13	58	<i>Pinus nigra</i> , Mediterranean, drought / fire / pest/ outbreak
Pi negre	7-2-13	30	<i>Pinus uncinata</i> / <i>Pinus mugo</i> , Mediterranean, drought / fire / pest/ outbreak
Pi pinyer	28-1-13	31	<i>Pinus pinea</i> , Spain, drought / fire / pest/ outbreak
Pi roig	14-10-12	35	<i>Pinus sylvestris</i> , Mediterranean/ Spain, drought / fire / pest/ outbreak
Roures	5-2-13	84	<i>Quercus humilis</i> / <i>Quercus petraea</i> / <i>Quercus faginea</i> / <i>Quercus robur</i> , Mediterranean, drought / fire / pest/ outbreak / parasites / infestation / coleopteran / insect / infection / blight

Alguns d'aquests articles, una vegada llegits, s'han descartat ja que no se n'ha pogut extreure informació útil i rellevant pel nostre objectiu. S'han extret les idees i els resultats principals dels

articles, classificant-los segons si els efectes de l'impacte eren sobre el creixement, la mortalitat o la regeneració dels arbres. A partir d'aquesta informació s'han anat redactant les oracions, mantenint-ne el sentit de l'article tan fidelment com ha estat possible, però amb un llenguatge no-científic i planer que no sempre ha permès conservar la precisió i els detalls dels resultats. Per tant, aquest redactat adaptat de la informació ha implicat certes simplificacions fent que es perdés precisió.

Així doncs la bibliografia emprada finalment per cada una de les espècies ha estat la que s'especifica a "articles escollits" de la taula 3. Aquesta és la que es detalla per separat al final de cada una de les fitxes.

Taula 3: Nom comú, número d'articles llegits i número d'articles escollits per les 9 espècies.

Espècie	Articles llegits	Articles escollits
Alzina	77	70
Alzina surera	81	69
Faig	43	28
Pi blanc	89	61
Pinassa	58	46
Pi negre	30	28
Pi pinyer	31	27
Pi roig	35	29
Roures	84	50
Totals	528	408

Pels articles que tractaven temes molt similars s'ha mirat d'unificar les oracions, de manera que una sola frase pot provenir de varis d'articles. La informació continguda en aquestes frases és la que ha quedat plasmada i resumida a les infografies.

INTRODUCCIÓ:

2.2.- Infografies

Les infografies són representacions gràfiques que pretenen resumir i facilitar la comprensió de la informació (veure figura 1). La infografia té tres àrees diferenciades (globus), però que alhora intersequen entre elles: una per la sequera, una pels incendis forestals i una per les plagues i en cadascuna hi ha una taula per mostrar els efectes sobre el **creixement**, la **mortalitat** i la **regeneració** dels arbres. Els números de cada cel·la corresponen a les frases referents a l'efecte de la sequera, els incendis i les plagues provinents del buidatge bibliogràfic. Les files corresponen a factors addicionals que poden agreujar (color més fosc) o alleugerir (color més clar) l'efecte negatiu de l'impacte. Alguns d'aquests factors fan referència a aspectes climàtics, com ara la precipitació i la temperatura. D'altres es refereixen a les característiques del lloc on viuen els arbres: l'altitud, la profunditat del sòl, l'erosió i la topografia adversa, que recull totes les variables que determinen la disponibilitat hídrica. I uns altres tenen a veure amb l'estructura del bosc i les característiques dels arbres: la competència, la mida i la quantitat de reserves que tenen. La primera fila està reservada a les oracions que fan referència a l'impacte sense cap altre factor addicional.

Tot plegat configura la complexa taula que hi ha dins de cada globus. (veure figura 1)

El color general de la infografia és rosat o vermellós, ja que tant la sequera, com els incendis i les plagues tenen, per la seva pròpia entitat d'impacte, un efecte negatiu sobre el creixement, la mortalitat i la regeneració. Així doncs, la base ja és un efecte negatiu i el color així ho denota. L'efecte de dos dels impactes junts, per exemple incendis i plagues, empitjoren molt la situació als boscos, per tant el color de la part de la intersecció entre els dos globus és més fosc.

A la fila on no hi ha factors addicionals, els colors indiquen si l'impacte és lleu (color més clar que el fons del globus), moderat (color igual al de fons), greu (color més fosc que la base), o molt greu (color molt més fosc). En aquest cas els colors vénen determinats per les particularitats de

cada espècie pel que fa al creixement, mortalitat i regeneració. Per exemple, una espècie molt resistent a la sequera, tindrà un color més clar o igual que el fons del globus, ja que la sequera l'afecta, però té recursos que la doten de certa resistència o resiliència. Una espècie amb dificultats per regenerar després d'una pertorbació, tindrà un color més fosc que la base, ja que les particularitats de l'espècie la fan més vulnerable front aquell possible impacte.

A les files amb factors addicionals, els colors determinen si l'efecte negatiu de l'impacte, s'alleuja, o empitjora degut a cadascun dels factors. El color més clar denota que el factor alleugereix l'efecte de la sequera, els incendis o les plagues sobre el creixement, la mortalitat o la regeneració. Si el color és el mateix que el de fons el factor no canvia l'efecte de l'impacte. I si el color és més fosc, el factor empitjora l'efecte. Quan l'efecte addicional és molt negatiu el color és encara més fosc.

En alguns casos en un mateix globus hi pot haver colors diferents, són casos en què la ciència no es posa d'acord. Fonts diferents, dissenys experimentals diferents, contextos diferents i àrees d'estudi diferents poden donar lloc a resultats oposats.

Algunes particularitats de les oracions:

- Cada número de la infografia correspon a una sentència del buidatge bibliogràfic. Ara bé, per algunes oracions no és possible col·locar-les a la infografia, però com que s'ha considerat que la informació és rellevant s'han volgut mantenir. Aquestes frases, que no tenen correspondència amb la infografia, s'han escrit en cursiva per tal d'assenyalar aquest fet.

- Hi ha oracions representades a la infografia que requereixen una lectura indirecta o interpretació per entendre on s'han col·locat. La frase no parla directament d'un dels factors de

INTRODUCCIÓ:

la infografia, si no que es refereix a algun altre factor que hi està relacionat.

Per exemple, la oració 5 de la fitxa del pi blanc diu “*La humitat del sòl es relaciona positivament amb les taxes de fotosíntesi*”. Aquesta oració no fa referència de forma directa a cap dels factors addicionals de la infografia. En canvi, s’ha interpretat que la humitat del sòl té a veure amb els factors : menys precipitació, sòls prims i compactes (tindran menys capacitat de retenir aigua) i topografia adversa (és el conjunt de factors que fan disminuir la disponibilitat d’aigua).

- Algunes frases han estat col·locades dins el globus de sequera (o d’incendis o plagues) i en canvi, el text no parla de sequera ni de cap factor addicional. Això s’explica perquè el context de l’article original situa el resultat en un marc de sequera (o d’incendis o plagues). L’article parla de sequera, malgrat que la frase en concret no ho faci o fins i tot doni un resultat en condicions sense sequera.

- La sequera pot venir determinada directament per una menor precipitació que fa que els arbres pateixin més estrès hídric però també per efecte directe d’un augment de la temperatura ja que, si fa més calor la evapotranspiració de les fulles és més gran i per tant la demanda d’aigua també augmenta. Lògicament la interacció de les dues variables menor precipitació i major temperatura, fan que els arbres pateixin encara més estrès hídric.

2.3.- Atles d’idoneïtat topo-climàtica

Aquest atlas (Ninyerola et al. 2009) es defineix com un conjunt de mapes que permeten determinar el grau d’adequació a les condicions climàtiques i topogràfiques de les principals espècies arbòries que conformen els boscos. Amb aquests mapes es pot saber per qualsevol punt de la Península Ibèrica, quina és la seva idoneïtat definida entre zero (baixa idoneïtat) i 1 (màxima idoneïtat). A més a més, aquests

valors es poden consultar per l’escenari climàtic actual (període 1950-1998), així com per les projeccions de futur, utilitzant els escenaris proposats pel Hadley Center (projeccions socioeconòmiques A1FI i A2).

A l’informe es presenta la idoneïtat topo-climàtica prevista en un escenari A2. L’A2 és un dels escenaris estàndards del IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) que representa els efectes sobre el clima d’un creixement econòmic i demogràfic elevat, amb un escalfament global mitjà a final de segle de 3,5°C respecte el període de referència.

L’Atlas entén per idoneïtat el conjunt de condicions topogràfiques i climàtiques en què una espècie viu actualment, que seria similar al nínxol observat.

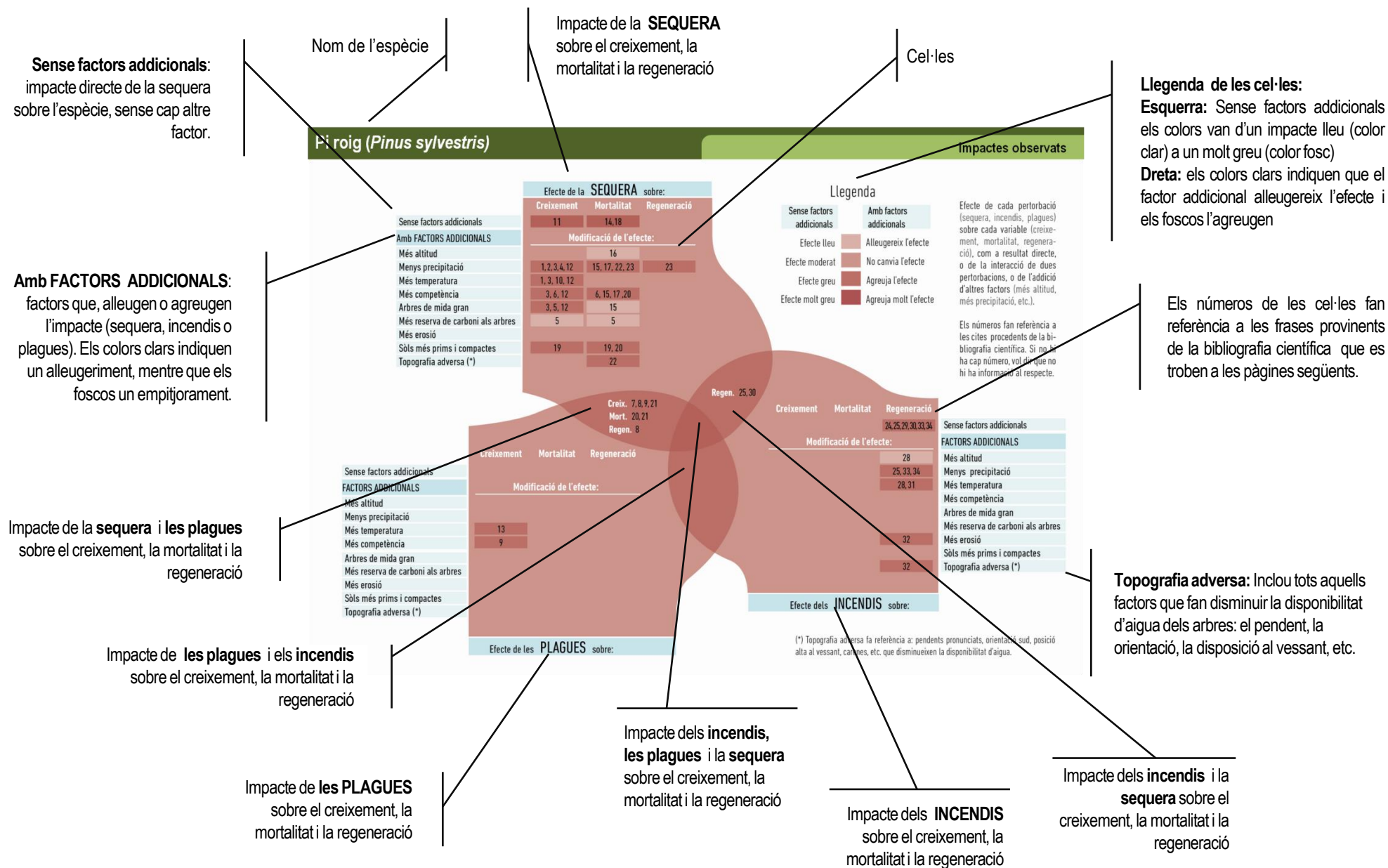
A les fitxes es presenta la idoneïtat actual (del 1950-1998) i la projectada en un escenari A2 pel període 2050-2080, reclassificades en 9 categories de 0 (molt poca idoneïtat) a 1 (màxima idoneïtat).

Per a més detall sobre els Atles de idoneïtat topo-climàtica podeu consultar-ho a:

Ninyerola, M., Serra-Diaz, J., Lloret, F. 2009. Atlas de idoneidad topo-climática de leñosas. <http://www.openqis.uab.cat/ldoneitatPI/> Consultat el maig del 2013.

Impactes observats i previstos de les espècies arbòries més abundants a Catalunya

Figura 1: COM S'INTERPRETEN LES INFOGRAFIES?

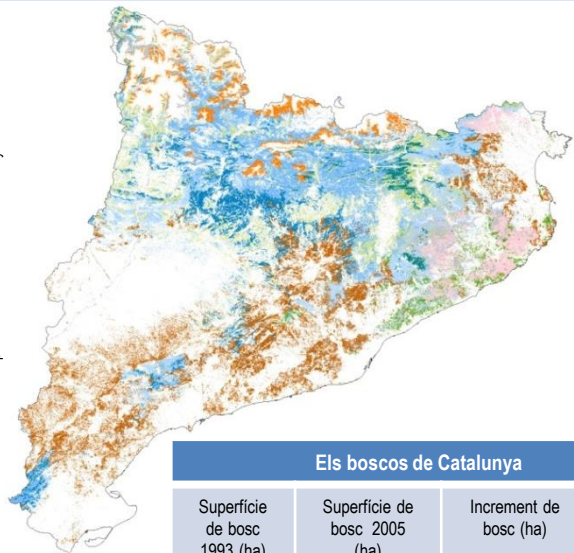


Boscos de Catalunya

Distribució dels boscos a Catalunya

Distribució de les 9 espècies que queden recollides a les fitxes: pi blanc, pinassa, pi roig, pi pinyer, pi negre, faig, roures, alzina i alzina surera. I de color gris, la resta d'espècies. (*)

FONT: Mapa de Cobertes del Sòl de Catalunya. MCSC2005



Els boscos de Catalunya

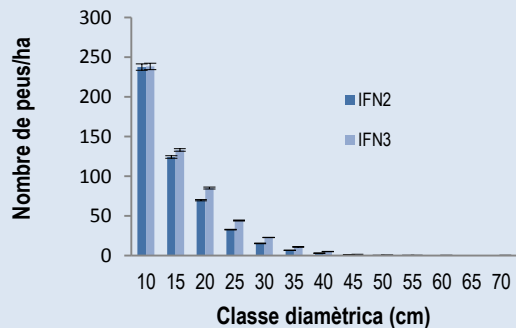
Superfície de bosc 1993 (ha)	Superfície de bosc 2005 (ha)	Increment de bosc (ha)	%
1 189 508	1 347 278	157 768	13.2

Les dades provenen de les edicions del Mapa de Cobertes del Sòl de Catalunya: 1993 i 2005. (*) La llegenda del mapa és la mateixa que als apartats "Distribució i estructura" i "Estocs i embornals de Cabsoluts".

Estructura de la població dels boscos de Catalunya

L'estructura per mides (classes diamètriques) dels boscos de Catalunya indica que són joves, amb molts peus petits i molt pocs de més de 30 cm. Al 2000 (IFN3), però, s'aprecia un lleuger augment del nombre de peus per hectàrea de les classes diamètriques més grans respecte el 1990 (IFN2).

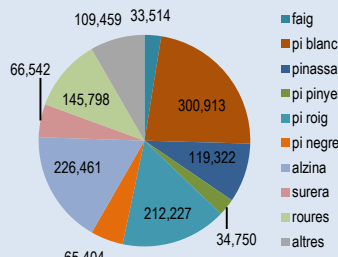
FONT: Inventari Forestal Nacional 2 i 3 (IFN2 i IFN3)



Distribució i estructura

Superfície (ha)

1 314 388 Ha

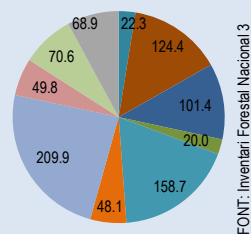


FONT: Mapa de Cobertes del Sòl de Catalunya. MCSC2005

El pi blanc, les alzines i el pi roig sumen un 56% de la superfície total de bosc a Catalunya, i un 58% en milions de peus.

Nre. peus (milions)

874 milions de peus



FONT: Inventari Forestal Nacional 3

Es comptabilitzen els peus de més de 7,5 cm de diàmetre normal.

Taxes mitjanes de carboni (C)

La capacitat d'embornal mitjana dels boscos de Catalunya entre 1990 i 2000 és de **1.04 t C/ha/any**.

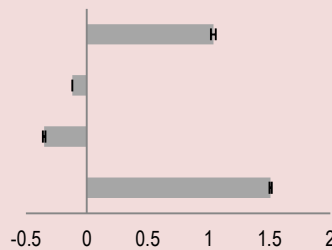
FONT: Inventari Forestal Nacional 2 i 3 (IFN2 i IFN3)

Capacitat d'embornal (*)

Taxa mortalitat

Taxa aprofitaments

Taxa creixement



Taxes mitjanes (t C/ha/any)

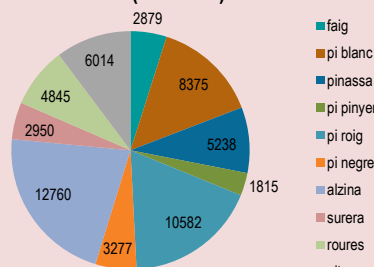
(*) La capacitat d'embornal anual de C és la resta entre la taxa de creixement menys la taxa de mortalitat i la d'aprofitaments (en tones de C/ha/any).

Estocs i embornals de carboni (C) absoluts

Estoc absolut (x1000 t C)

58 735 (x1000t C)

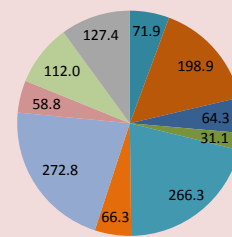
FONT: Inventari Forestal Nacional 3



Capacitat d'embornal (x1000 t C/any)

1 270 (x1000t C/any)

FONT: Inventari Forestal Nacional 3

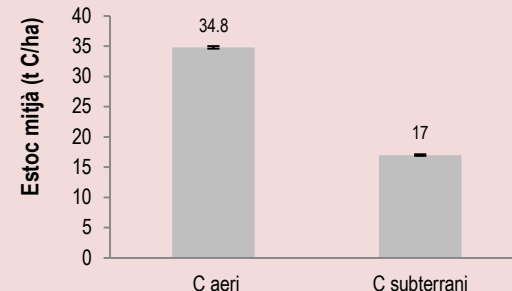


Estoc i embornal de carboni

Estocs de carboni (C) mitjà

Els boscos de Catalunya emmagatzemen, de mitjana 34,8 tones de C/ha a la fracció aèria i 17 tones de C/ha a la fracció subterrània, la meitat de l'aèria.

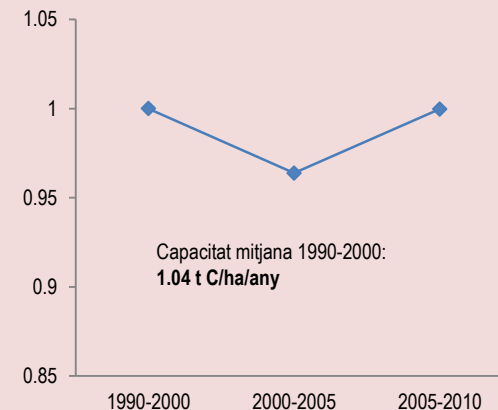
FONT: Inventari Forestal Nacional 3



Canvi en la capacitat d'embornal

Respecte l'interval de referència (1990-2000) la capacitat d'embornal dels boscos s'ha mantingut força estable a llarg de la dècada del 2000-2010.

Proporció respecte 1990-2000



Capacitat mitjana 1990-2000: 1.04 t C/ha/any

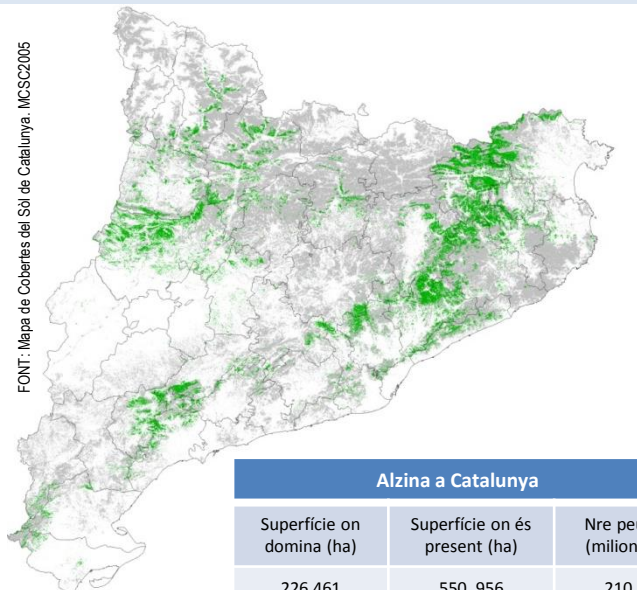
Proporció de la capacitat d'embornal respecte el període de referència (1990-2000)

Els valors s'han obtingut ajustant un model estadístic amb la informació de les parcel·les de mostreig dels dos IFN pel conjunt de coníferes i dels planifolis tenint en compte l'efecte de l'estructura del bosc, dades climàtiques i la tendència de la temperatura entre IFNs.

Alzina (*Quercus ilex*)

Distribució de l'alzina a Catalunya

A Catalunya l'alzina s'escampa arreu del territori més proper al mar, així com a les terres més interiors i continentals.

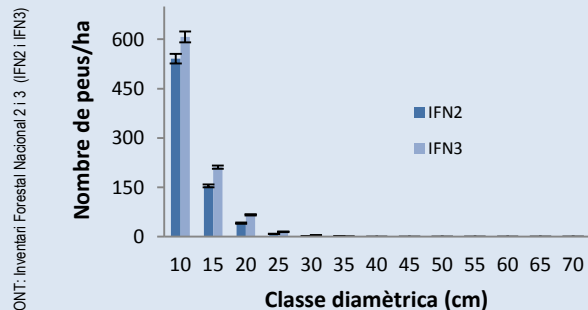


Alzina a Catalunya		
Superfície on domina (ha)	Superfície on és present (ha)	Nre peus (milions)
226 461	550 956	210

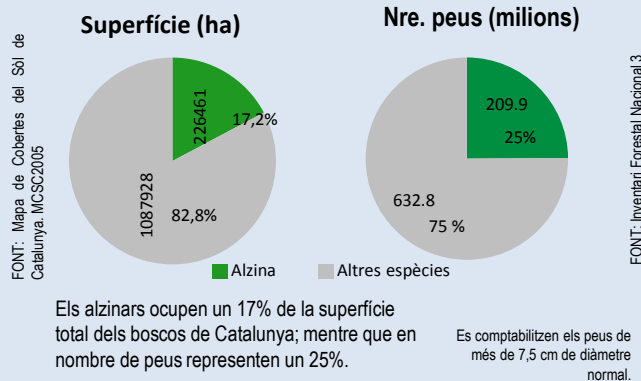
La superfície on l'espècie és present ha estat corregida pel factor resultant de dividir MCSC dominant/ IFN3 dominant per tal d'homogeneïtzar les dues fonts. FONTS: IFN3 i MCSC2005

Estructura de la població de l'alzina

Les alzines de Catalunya són principalment arbres de talla petita. Quasi no hi ha arbres de més de 20 cm de diàmetre.



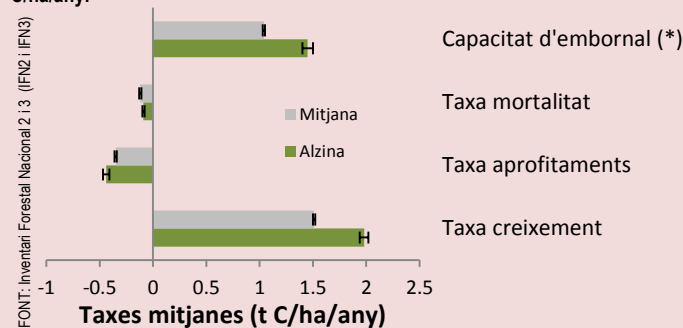
Distribució i estructura



Els alzinars ocupen un 17% de la superfície total dels boscos de Catalunya; mentre que en nombre de peus representen un 25%.

Taxes mitjanes de carboni (C)

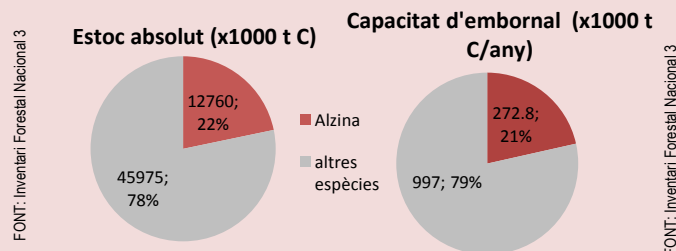
La capacitat d'embornal mitjana entre 1990 i 2000 de l'alzina és de **1.45 t C/ha/any**.



(*) La capacitat d'embornal anual de C és la resta entre la taxa de creixement menys la taxa de mortalitat i la d'aprofitaments (en tones de C/ha/any).

Estocs i embornals de carboni (C) absoluts

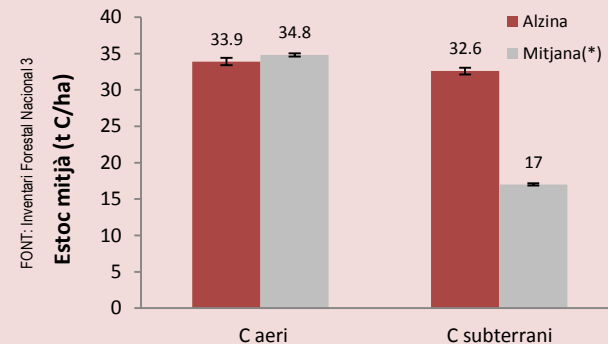
L'estoc absolut de C dels alzinars és de **12,7 milions t C** (tones de carboni). La seva capacitat d'embornal és de **272,8 milers t C/ha**.



Estoc i embornal de carboni

Estocs de carboni (C) mitjà

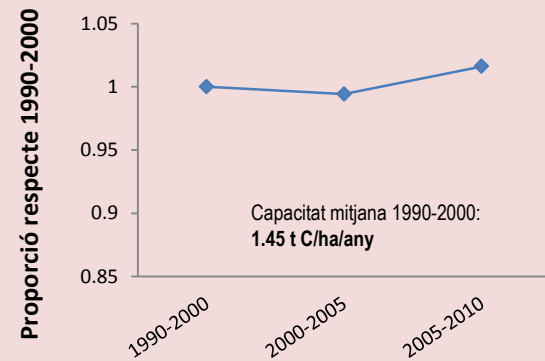
Els alzinars emmagatzemen quasi la mateixa quantitat de C mitjà a la part aèria que a la part subterrània.



(*) La mitjana està calculada amb dades de totes les espècies de Catalunya.

Canvi en la capacitat d'embornal

La capacitat d'embornal en tant per u dels boscos d'alzina s'ha mantingut molt estable d'ençà el 1990 fins el 2010.



Proporció de la capacitat d'embornal respecte el període de referència (1990-2000)

Els valors s'han obtingut ajustant un model estadístic amb la informació de les parcel·les de mostreig dels dos IFN pel conjunt de coníferes i dels planifolis tenint en compte l'efecte de l'estructura del bosc, dades climàtiques i la tendència de la temperatura entre IFNs.

Efecte de la SEQUERA sobre:

	Creixement	Mortalitat	Regeneració
Sense factors addicionals	11, 17	17, 19, 20	27, 34, 35
Amb FACTORS ADDICIONALS	Modificació de l'efecte:		
Més altitud	14	25	25
Menys precipitació	1, 2, 3, 6, 10	18, 19	28, 1, 29, 30
Més temperatura	3, 4, 14	15, 25	15
Més competència	7, 9	16, 18	28
Arbres de mida gran		21	
Més reserva de carboni als arbres		16	34
Més erosió			
Sòls més prims i compactes		16, 20, 22	8
Topografia adversa (*)	5		8, 15

Llegenda

Sense factors addicionals	Amb factors addicionals
Efecte lleu	Alleugereix l'efecte
Efecte moderat	No canvia l'efecte
Efecte greu	Agreuja l'efecte
Efecte molt greu	Agreuja molt l'efecte

Efecte de cada pertorbació (sequera, incendis, plagues) sobre cada variable (creixement, mortalitat, regeneració), com a resultat directe, o de la interacció de dues pertorbacions, o de l'addició d'altres factors (més altitud, més precipitació, ...).

Els números fan referència a les cites procedents de la bibliografia científica. Si no hi ha cap número, vol dir que no hi ha informació al respecte.

Creixement Mortalitat Regeneració

Modificació de l'efecte:

Sense factors addicionals		
FACTORS ADDICIONALS		
Més altitud		
Menys precipitació	24	
Més temperatura	24	
Més competència		
Arbres de mida gran		
Més reserva de carboni als arbres		
Més erosió		
Sòls més prims i compactes		
Topografia adversa (*)		

Efecte de les PLAGUES sobre:

Creixement Mortalitat Regeneració

12, 13 23 23, 32

Modificació de l'efecte:

11 33
33

Efecte dels INCENDIS sobre:

Sense factors addicionals

FACTORS ADDICIONALS

Més altitud
Menys precipitació
Més temperatura
Més competència
Arbres de mida gran
Més reserva de carboni als arbres
Més erosió
Sòls més prims i compactes
Topografia adversa (*)

(*) Topografia adversa fa referència a: pendents pronunciats, orientació sud, posició alta al vessant, carenes, etc. que disminueixen la disponibilitat d'aigua.

CREIXEMENT

1. La sequera va fer minvar la mida dels brots, la mida de les fulles (biomassa i àrea foliar), la taxa de renovació de les fulles i la producció per tal de poder limitar la pèrdua d'aigua. Ara bé, la manca d'aigua no afecta el rendiment de la gla. (Ref. 31, 11, 43)
2. El patró de creixement coincideix amb èpoques càlides i humides (primavera i tardor), així eviten les baixes temperatures de l'hivern i la sequera de l'estiu. (Ref. 52)
3. El creixement està molt lligat a la precipitació entre finals de primavera i principis d'estiu i a la temperatura de l'estiu anterior, (que si va ser molt alta el perjudica), però varia en funció de la zona. Pot disminuir o aturar-se a l'hivern i a l'estiu si hi ha sequera. (Ref. 22, 23, 43, 52).
4. Els arbres a llocs més càlids mostren una disminució del creixement degut a l'increment de l'estrès hídric. (Ref. 22)
5. Els arbres orientats al sud tenen una major evapotranspiració i per tant més estrès hídric estival. (Ref. 22)
6. La precipitació acumulada afecta positivament el creixement radial de l'alzina a llarg termini. (Ref. 22)
7. La tala selectiva incrementa la taxa de creixement quan no hi ha reducció de la precipitació. Aquest efecte positiu disminueix uns anys després, degut al vigorós rebrot de les soques. (Ref. 11)
8. Una major disponibilitat d'aigua al sol afavoreix el desenvolupament del gla durant l'estiu. (Ref. 9)
9. Els llocs amb major densitat tenen més competència per l'aigua, per tant poden créixer menys. (Ref. 44)
10. Una reducció en la disponibilitat d'aigua redueix el creixement en diàmetre i la biomassa. (Ref. 50)
11. El creixement post-foc està relacionat amb la mida dels arbres abans del foc i amb la pèrdua total o parcial de la part aèria durant el foc. (Ref. 6)
12. La recurrència de focs i la intensitat redueixen la capacitat per créixer de les alzines i la seva vitalitat. (Ref. 6, 33)
13. La capacitat d'embornal es veu negativament afectada per incendis amb elevada recurrència. (Ref. 33)
14. Es preveu un desplaçament de l'alzina muntanya amunt, a zones més fredes i un decaïment de les zones temperades situades a elevacions mitjanes degut a un increment en el dèficit d'aigua. (Ref. 20, 68)

MORTALITAT

15. La supervivència de plàntules d'alzina augmenta allà on la radiació i la temperatura del sol són menors. (Ref. 69)
16. La mortalitat està relacionada amb la profunditat del sol, el nombre de peus per soca i l'esgotament de les reserves de C i el decaïment de les capçades. (Ref. 20)
17. El canvi climàtic probablement augmentarà la mortalitat i reduirà el creixement de l'alzina degut a l'augment de la freqüència i la intensitat de les sequeres. (Ref. 52, 32)
18. Les taxes de mortalitat estan molt correlacionades amb la densitat de peus per soca i la sequera les pot arribar a duplicar. (Ref. 50)

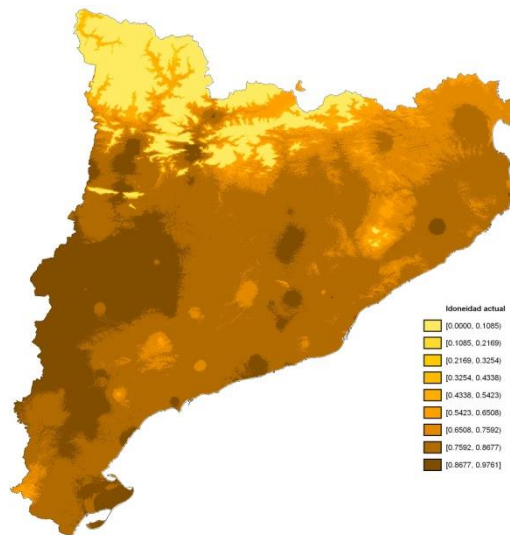
19. En algunes zones on la sequera del 1994 va ser molt intensa, fins un 76% de les alzines van patir una mortalitat total de la capçada. (Ref. 38)
20. En resposta a la sequera, els substrats litològics més compactes duen a una major mortalitat que els substrats fissurats, degut a la major penetració de les arrels i a l'ús de l'aigua a nivells més profunds. (Ref. 38)
21. Les alzines joves són més vulnerables a la sequera que les grans. (Ref. 38)
22. Les taques d'alzinars situades a les parts baixes de la muntanya (on els sòls són més profunds) van ser menys danyades (sequera 1994) que les de la part alta. (Ref. 38)
23. La supervivència de l'alzina al foc és molt alta (99,9%) degut a la seva elevada capacitat de rebrotada (6)
24. El xancre *Botryosphaeria stevensii* és un fong molt freqüent, que provoca la mort de branquillons i branques i es veu afavorit per altes temperatures i estrès hídric. (Ref. 25)
25. Es preveu un desplaçament de l'alzina muntanya amunt, a zones més fredes i un decaïment de les zones temperades situades a elevacions mitjanes degut a un increment en el dèficit d'aigua. (Ref. 20, 68)

REGENERACIÓ

26. *Els incendis no limiten la presència d'alzines als boscos mediterranis, ja que les rebrotadores presenten la mateixa abundància en llocs cremats com en llocs no cremats.* (Ref. 57)
27. L'augment de la sequera redueix el nombre d'arbres reproductius, la producció de flors femenines i la mida de la gla. (Ref. 60, 49)
28. Allà on el pi roig presenta altes taxes de defoliació i mortalitat degut episodis de sequera, hi ha un abundant reclutament d'alzines i roures. (Ref. 21)
29. La supervivència de plàntules està fortament lligada a una major irrigació (Ref. 42)
30. Segons uns resultats experimentals, la incorporació de nous plançons d'alzines només era possible en boscos amb condicions d'humitat. (Ref. 42).
31. *La densitat d'alzines abans del foc determina la comunitat post-foc.* (Ref. 7)
32. El rebrot és el principal mecanisme de regeneració natural de l'alzina després d'una pertorbació. (Ref. 33, 26)
33. La rebrotada després del foc està poc correlacionada amb la mida pre-incendi dels individus (Ref. 26). En canvi sí que ho està amb la mida de la rabassa i amb les reserves de carboni de la part subterrània que tingui. (Ref. 32, 18, 16)
34. Sequeres recurrents poden produir una pèrdua progressiva de la capacitat de recuperació, per l'esgotament de la capacitat de les plantes supervivents a rebrotar. (Ref. 38)
35. La sequera va reduir l'emergència i supervivència de plàntules i brots d'alzines, però va augmentar l'eficiència en l'ús de l'aigua dels plançons existents. (Ref. 37)
36. *L'alzina té una capacitat limitada de regenerar de llavor de forma natural, de manera que s'han desenvolupat diversos mètodes artificials, però no hi ha consens sobre quin és el millor.* (Ref. 24)

ATLES DE IDONEÏTAT TOPO-CLIMÀTICA DE L'ALZINA:

IDONEÏTAT ACTUAL: 1950-1998



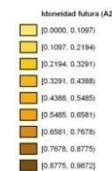
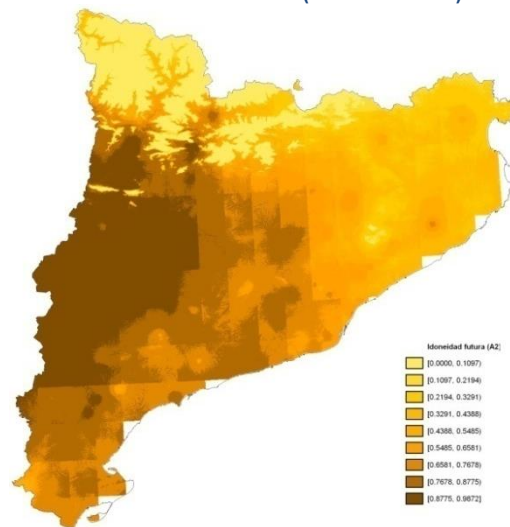
Mapa de idoneïtat actual de l'alzina. Font: Ninyerola *et al.* 2009

El grau d'adequació a les condicions climàtiques i topogràfiques de l'alzina pel període 1950-1998 representa la seva idoneïtat actual. Els colors foscos indiquen més idoneïtat (conjunt de condicions topogràfiques i climàtiques en què una espècie viu actualment) i els clars menys o gens (blanc).

La superfície indicada a la taula són les hectàrees on l'alzina té una idoneïtat climàtica del 50% o superior i el % que representa respecte la superfície total de Catalunya tant en l'actualitat com en l'escenari futur A2.

	Actual	A2
Sup. (ha)	2.798.904	2.050.936
%	86,9	63,6

IDONEÏTAT PROJECTADA (ESCENARI A2):



Mapa de idoneïtat projectada (escenari A2) de l'alzina. Font: Ninyerola *et al.* 2009

Actualment podríem trobar alzines en un 87% de la superfície de Catalunya segons les variables topo-climàtiques. Amb l'escenari A2 aquest percentatge baixaria fins el 63%.

Grau d'adequació a les condicions climàtiques i topogràfiques de l'alzina pel període 2050-2080, que representa la seva idoneïtat projectada per l'escenari A2.

Els apartats de **DISTRIBUCIÓ** i **VULNERABILITAT** no estan representats al quadre resum dels impactes observats. Les cites de la bibliografia que hi fan referència es presenten a continuació.

DISTRIBUCIÓ

- Les limitacions climàtiques i les propietats del sòl expliquen en part la distribució regional tant de pins com alzines. (Ref. 13)
- La seva sensibilitat al clima, la seva àmplia distribució i la seva longevitat, permeten considerar l'alzina com una bona candidata per a reconstruccions climàtiques al Mediterrani. (Ref. 27)
- La disminució en la producció d'estructures reproductives pot portar a canvis en la seva capacitat competitiva i a llarg termini canvis en la distribució d'espècies. (Ref. 36)
- Pinus halepensis* sembla un bon substitut de *Quercus ilex* ja que és més resistent a la sequera, malgrat que s'espera que la població de pi blanc disminueixi a llarg termini degut a sequeres continuades. (Ref. 41)
- Les espècies mediterrànies substituiran les euro-siberianes a la conca Mediterrània. (Ref. 7)
- Durant les darreres dècades, milers d'hectàrees d'alzines s'han cremat a Espanya degut a l'augment del nombre de grans incendis forestals (Ref. 56)
- Els boscos monoespècífics de pi blanc i d'alzina tenen una alta probabilitat de romandre després del foc. En canvi la major part dels boscos mixtes passen a monoespècífics (Ref. 61).
- Es preveu un desplaçament de l'alzina muntanya amunt, a zones més fredes i un decaïment de les zones temperades situades a elevacions mitjanes degut a un increment en el dèficit d'aigua. (Ref. 20, 68)

VULNERABILITAT

- La sensibilitat de l'alzina al clima ha augmentat en les darreres dècades, fet que podria estar relacionat amb l'increment de les temperatures. (Ref. 22)
- Les alzines tenen una alta plasticitat o adaptabilitat al clima mediterrani, tancant els estomes durant l'estiu i preservant l'aigua. (Ref. 4, 20).
- L'alzina té una bona regulació estomàtica, que evita la pèrdua d'aigua durant prolongades sequeres, sobretot a l'estiu. (Ref. 27, 29).
- L'alzina té característiques que li permeten resistir els anys secs (Ref. 41)

ACCIONS PREVENTIVES:

NO S'HA TROBAT INFORMACIÓ

ACCIONS CORRECTIVES:

-L'alzina ha estat àmpliament utilitzada per a projectes de reforestació a les zones Mediterrànies, però sovint ha mostrat un rendiment pobre al camp, particularment en àrees amb condicions climàtiques desfavorables.

(Ref. 3)

- (1) Alberdi, L.; Cavero, RY. Effect of fire on the understory species of a *Quercus ilex* L. subsp *Ballota* (Desf.) Samp. forest in Navarra, Spain. Trabaud, L.; Prodon, R. Conference: 3rd International Workshop on Fire Ecology Location: BANYULS-SUR-MER, FRANCE Date: OCT 22-26, 2001. FIRE AND BIOLOGICAL PROCESSES. Pages: 25-32 Published: 2002.
- (2) Alessio, G. A.; Penuelas, J.; Llusia, J.; et al. Influence of water and terpenes on flammability in some dominant Mediterranean species. INTERNATIONAL JOURNAL OF WILDLAND FIRE. Volume: 17 Issue: 2 Pages: 274-286 DOI: 10.1071/WF07038 Published: 2008
- (3) Andivia Enrique; Fernandez Manuel; Vazquez-Pique Javier; et al. Two provenances of *Quercus ilex* ssp. *ballota* (Desf) Samp. nursery seedlings have different response to frost tolerance and autumn fertilization. EUROPEAN JOURNAL OF FOREST RESEARCH Volume: 131 Issue: 4 Pages: 1091-1101 DOI: 10.1007/s10342-011-0578-1 Published: JUL 2012
- (4) Aman, X.; Rodrigo, A.; Retana, Javier. Post-fire regeneration of Mediterranean plant communities at a regional scale is dependent on vegetation type and dryness. JOURNAL OF VEGETATION SCIENCE Volume: 18 Issue: 1 Pages: 111-122 DOI: 10.1111/j.1654-1103.2007.tb02521.x Published: FEB 2007
- (5) Asensio, Dolores; Penuelas, Josep; Ogaya, Roma; et al. Seasonal soil and leaf CO₂ exchange rates in a Mediterranean holm oak forest and their responses to drought conditions. ATMOSPHERIC ENVIRONMENT Volume: 41 Issue: 11 Pages: 2447-2455 DOI: 10.1016/j.atmosenv.2006.05.008 Published: APR 2007
- (6) Bonfil, C; Cortes, P; Espelta, JM; et al. The role of disturbance in the co-existence of the evergreen *Quercus ilex* and the deciduous *Quercus cerrioides*. JOURNAL OF VEGETATION SCIENCE Volume: 15 Issue: 3 Pages: 423-430 DOI: 10.1111/j.1654-1103.2004.tb02280.x. Published: JUN 2004
- (7) Broncano, MJ; Retana, J; Rodrigo, A. Predicting the recovery of *Pinus halepensis* and *Quercus ilex* forests after a large wildfire in northeastern Spain. PLANT ECOLOGY Volume: 180 Issue: 1 Pages: 47-56 DOI: 10.1007/s11258-005-0974-z Published: SEP 2005
- (8) Campelo, F.; Gutierrez, E.; Ribas, M.; et al. Relationships between climate and double rings in *Quercus ilex* from northeast Spain. CANADIAN JOURNAL OF FOREST RESEARCH-REVUE CANADIENNE DE RECHERCHE FORESTIERE Volume: 37 Issue: 10 Pages: 1915-1923 DOI: 10.1139/X07-050 Published: OCT 2007
- (9) Carevic, F. S.; Fernandez, M.; Alejano, R.; et al. Plant water relations and edaphoclimatic conditions affecting acorn production in a holm oak (*Quercus ilex* L. ssp *ballota*) open woodland. AGROFORESTRY SYSTEMS Volume: 78 Issue: 3 Pages: 299-308 DOI: 10.1007/s10457-009-9245-7 Published: MAR 2010
- (10) Cerda, A. Soil aggregate stability under different Mediterranean vegetation types. CATENA Volume: 32 Issue: 2 Pages: 73-86 DOI: 10.1016/S0341-8162(98)00041-1 Published: MAY 1998
- (11) Cotillas, Miriam; Sabate, Santi; Gracia, Carlos; et al. Growth response of mixed Mediterranean oak coppices to rainfall reduction Could selective thinning have any influence on it? FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT Volume: 258 Issue: 7 Pages: 1677-1683 DOI: 10.1016/j.foreco.2009.07.033 Published: SEP 15 2009
- (12) Cubera, Elena; Moreno, Gerardo. Effect of single *Quercus ilex* trees upon spatial and seasonal changes in soil water content in dehesas of central western Spain. ANNALS OF FOREST SCIENCE Volume: 64 Issue: 3 Pages: 355-364 DOI: 10.1051/forest:2007012 Published: APR-MAY 2007
- (13) de Dios, Victor Resco; Fischer, Christine; Colinas, Carlos. Climate change effects on Mediterranean forests and preventive measures. NEW FORESTS Volume: 33 Issue: 1 Pages: 29-40 DOI: 10.1007/s11056-006-9011-x Published: JAN 2007
- (14) de Roman, M; de Miguel, AM. Post-fire, seasonal and annual dynamics of the ectomycorrhizal community in a *Quercus ilex* L. forest over a 3-year period. MYCORRHIZA Volume: 15 Issue: 6 Pages: 471-482 DOI: 10.1007/s00572-005-0353-6 Published: SEP 2005
- (15) Espelta, Josep Maria; Habrouk, Abdessamad; Retana, Javier. Response to natural and simulated browsing of two Mediterranean oaks with contrasting leaf habit after a wildfire. ANNALS OF FOREST SCIENCE Volume: 63 Issue: 4 Pages: 441-447 DOI: 10.1051/forest:2006024 Published: MAY-JUN 2006
- (16) Espelta, JM; Retana, J; Habrouk, A. Resprouting patterns after fire and response to stool cleaning of two coexisting Mediterranean oaks with contrasting leaf habits on two different sites. FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT Volume: 179 Issue: 1-3 Pages: 401-414 Article Number: PII S0378-1127(02)00541-8 DOI: 10.1016/S0378-1127(02)00541-8 Published: JUL 2002
- (17) Espelta, JM; Rodrigo, A; Habrouk, A; et al. Land use changes, natural regeneration patterns, and restoration practices after a large wildfire in NE Spain: Challenges for fire ecology and landscape restoration. Trabaud, L; Prodon, R. Conference: 3rd International Workshop on Fire Ecology Location: BANYULS-SUR-MER, FRANCE Date: OCT 22-26, 2001. FIRE AND BIOLOGICAL PROCESSES Pages: 315-324 Published: 2002
- (18) Eugenio, Marcia; Lloret, Francisco. Effects of fire recurrence on plant growth in three Mediterranean perennial woody species. ORSIS Organismes i Sistemes Volume: 24 Pages: 73-85 Published: 2009
- (19) Fleck, I; Grau, D; Sanjose, M; et al. Influence of fire and tree-fell on physiological parameters in *Quercus ilex* resprouts. Conference: International Symposium on Oaks in a Changing Environment- Ecological and Physiological Aspects Location:VELAINE-EN-HAYE, FRANCE Date: SEP, 1994. Sponsor(s): Int Union Forest Res Org; Eurosilva Eureka 447; European Initiat Forest Tree Physiol; Conseil Reg Lorraine; INRA, Cent Adm; Dist Agglomerat Nanceenne; Conseil Gen Meurthe et Moselle; Nancy City Council. ANNALES DES SCIENCES FORESTIERES Volume: 53 Issue: 2-3 Pages: 337-346 DOI: 10.1051/forest:19960216 Published:1996
- (20) Galiano, Lucia; Martinez-Vilalta, Jordi; Sabate, Santi; et al. Determinants of drought effects on crown condition and their relationship with depletion of carbon reserves in a Mediterranean holm oak forest. TREE PHYSIOLOGY Volume: 32 Issue: 4 Pages: 478-489 DOI: 10.1093/treephys/tps025 Published APR 2012
- (21) Galiano, L.; Martinez-Vilalta, J.; Lloret, F. Drought-Induced Multifactor Decline of Scots Pine in the Pyrenees and Potential Vegetation Change by the Expansion of Co-occurring Oak Species. ECOSYSTEMS Volume: 13 Issue: 7 Pages: 978-991 DOI: 10.1007/s10021-010-9368-8 Published: NOV 2010
- (22) Gea-Izquierdo, G.; Cherubini, P.; Canellas, I. Tree-rings reflect the impact of climate change on *Quercus ilex* L. along a temperature gradient in Spain over the last 100 years. FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT. Volume: 262 Issue: 9 Pages: 1807-1816 DOI: 10.1016/j.foreco.2011.07.025 Published: NOV 1 2011
- (23) Gea-Izquierdo, Guillermo; Martin-Benito, Dario; Cherubini, Paolo; et al. Climate-growth variability in *Quercus ilex* L. west Iberian open woodlands of different stand density. ANNALS OF FOREST SCIENCE Volume: 66 Issue: 8 Article Number: 802 DOI: 10.1051/forest/2009080 Published: DEC 2009
- (24) Gonzalez-Rodriguez, Victoria; Navarro-Cerrillo, Rafael M.; Villar, Rafael. Artificial regeneration with *Quercus ilex* L. and *Quercus suber* L. by direct seeding and planting in southern Spain. ANNALS OF FOREST SCIENCE Volume: 68 Issue: 3 Pages: 637-646 DOI: 10.1007/s13595-011-0057-3 Published: APR 2011
- (25) Gracia, M., Ordóñez, JL. (eds.) (2009). *Els alzinars*. (2010). *Les pinedes de pi blanc* (2011). *Les pinedes de pinassa* (2011). *Les pinedes de pi riog*. Manuals de gestió d'hàbitats. Diputació de Barcelona.

- (26) Gracia, M; Retana, J. Effect of site quality and shading on sprouting patterns of holm oak coppices. *FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT* Volume: 188 Issue: 1-3 Pages: 39-49 DOI: 10.1016/j.foreco.2003.07.023 Published: FEB 5 2004
- (27) Guardia Merce; Fernandez Jordi; Elena Georgina; et al. Stomatal patchiness in the Mediterranean holm oak (*Quercus ilex* L.) under water stress in the nursery and in the forest. *Tree physiology* Volume: 32 Issue: 7 Pages: 829-38. Published: 2012-Jul (Epub 2012 Apr 26)
- (28) Gutierrez, Emilia; Campelo, Filipe; Julio Camarero, J.; et al. Climate controls act at different scales on the seasonal pattern of *Quercus ilex* L. stem radial increments in NE Spain. *TREES-STRUCTURE AND FUNCTION* Volume: 25 Issue: 4 Pages: 637-646 DOI: 10.1007/s00468-011-0540-3 Published: AUG 2011
- (29) Infante, JM; Domingo, F; Ales, RF; et al. *Quercus ilex* transpiration as affected by a prolonged drought period. *BIOLOGIA PLANTARUM* Volume: 46 Issue: 1 Pages: 49-55 DOI: 10.1023/A:1022353915578 Published: 2003
- (30) Keenan, Trevor; Maria Serra, Josep; Lloret, Francisco; et al. Predicting the future of forests in the Mediterranean under climate change, with niche- and process-based models: CO2 matters! *GLOBAL CHANGE BIOLOGY* Volume: 17 Issue: 1 Pages: 565-579 DOI: 10.1111/j.1365-2486.2010.02254.x Published: JAN 2011
- (31) Limousin, Jean-Marc; Rambal, Serge; Ourcival, Jean-Marc; et al. Morphological and phenological shoot plasticity in a Mediterranean evergreen oak facing long-term increased drought. *OECOLOGIA* Volume: 169 Issue: 2 Pages: 565-557 DOI: 10.1007/s00442-011-2221-8 Published: JUN 2011
- (32) Lopez, Bernat C.; Gracia, Carlos A.; Sabate, Santiago; et al. Assessing the resilience of Mediterranean holm oaks to disturbances using selective thinning *ACTA OECOLOGICA-INTERNATIONAL JOURNAL OF ECOLOGY* Volume: 35 Issue: 6 Pages: 849-854 DOI:10.1016/j.actao.2009.09.001 Published: NOV-DEC 2009
- (33) Lopez-Serrano, F. R.; Heras, J. De las; Moya, D.; et al. Influence of fire recurrence on CO2 sink and soil composition in Holm oak forests. Book Editor(s):DeLasHeras, J; Brebbia, CA; Viegas, D; et al. Conference: 1st International Conference on Modelling, Monitoring and Management of Forest Fires. Location: Univ Castilla, La Mancha Campus, Toledo, SPAIN Date: 2008. Sponsor(s): Wessex Inst Technol; WIT Transact Ecol & Environm. *MODELLING, MONITORING AND MANAGEMENT OF FOREST FIRES* Book Series: WIT TRANSACTIONS ON ECOLOGY AND THE ENVIRONMENT Volume: 119 Pages: 321-330 DOI: 10.2495/FIVA080321 Published: 2008
- (34) Lopez-Serrano, Francisco R.; Heras, Jorge De Las; Moya, Daniel; et al. Is the next new carbon increment of coppice forest stands of *Quercus ilex ssp ballota* affected by post-fire thinning treatments and recurrent fires? *INTERNATIONAL JOURNAL OF WILDLAND FIRE* Volume: 19 Issue: 5 Pages: 637-648 DOI: 10.1071/WF08180 Published: 2010
- (35) Lloret, F.; Lobo, A.; Estevan, H.; et al. Woody plant richness and NDVI response to drought events in Catalanian (northeastern Spain) forests. *ECOLOGY* Volume: 88 Issue: 9 Pages: 2270-2279 DOI: 10.1890/06-1195.1 Published: SEP 2007
- (36) Llusia, J.; Penuelas, J.; Alessio, G. A.; et al. Species-specific, seasonal, inter-annual, and historically-accumulated changes in foliar terpene emission rates in *Phillyrea latifolia* and *Quercus ilex* submitted to rain exclusion in the Prades Mountains (Catalonia). *RUSSIAN JOURNAL OF PLANT PHYSIOLOGY* Volume: 58 Issue: 1 Pages: 126-132 DOI: 10.1134/S1021443710061020 Published: JAN 2011
- (37) Lloret, F; Penuelas, J; Ogaya, R. Establishment of co-existing Mediterranean tree species under a varying soil moisture regime. *JOURNAL OF VEGETATION SCIENCE* Volume: 15 Issue: 2 Pages: 237-244 DOI: 10.1111/j.1654-1103.2004.tb02258.x Published: APR 2004
- (38) Lloret, F; Siscart, D; Dalmases, C. Canopy recovery after drought dieback in holm-oak Mediterranean forests of Catalonia (NE Spain). *GLOBAL CHANGE BIOLOGY* Volume: 10 Issue: 12 Pages: 2092-2099 DOI: 10.1111/j.1365-2486.2004.00870.x Published: DEC 2004
- (39) Llusia, Joan; Penuelas, Josep; Ogaya, Roma; et al. Annual and seasonal changes in foliar terpene content and emission rates in *Cistus albidus* L. submitted to soil drought in Prades forest (Catalonia, NE Spain) *ACTA PHYSIOLOGIAE PLANTARUM* Volume: 32 Issue: 2 Pages: 387-394 DOI: 10.1007/s11738-009-0416-y Published: MAR 2010
- (40) Martí-Roura, Mireia; Casals, Pere; Romanya, Joan. Temporal changes in soil organic C under Mediterranean shrublands and grasslands: impact of fire and drought. *PLANT AND SOIL* Volume: 338 Issue: 1-2 Pages: 289-300 DOI: 10.1007/s11104-010-0485-0 Published: JAN 2011
- (41) Matias Luis; Luis Quero Jose; Zamora Regino; et al. Evidence for plant traits driving specific drought resistance. A community field experiment. *ENVIRONMENTAL AND EXPERIMENTAL BOTANY* Volume: 81 Pages: 55-61 DOI: 10.1016/j.envexpbot.2012.03.002 Published: SEP 2012
- (42) Mendoza, Irene; Zamora, Regino; Castro, Jorge. A seeding experiment for testing tree-community recruitment under variable environments: Implications for forest regeneration and conservation in Mediterranean habitats. *BIOLOGICAL CONSERVATION* Volume: 142 Issue: 7 Pages: 1491-1499 DOI: 10.1016/j.biocon.2009.02.018 Published: JUL 2009
- (43) Montserrat-Martí, Gabriel; Julio Camarero, Jesus; Palacio, Sara; et al. Summer-drought constrains the phenology and growth of two coexisting Mediterranean oaks with contrasting leaf habit: implications for their persistence and reproduction *TREES-STRUCTURE AND FUNCTION* Volume: 23 Issue: 4 Pages: 787-799 DOI: 10.1007/s00468-009-0320-5 Published: AUG 2009
- (44) Moreno, Gerardo; Cubera, Elena. Impact of stand density on water status and leaf gas exchange in *Quercus ilex*. *FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT* Volume: 254 Issue: 1 Pages: 74-84 DOI: 10.1016/j.foreco.2007.07.029 Published: JAN 15 2008
- (45) Ogaya, R; Penuelas, J. Comparative field study of *Quercus ilex* and *Phillyrea latifolia*: photosynthetic response to experimental drought conditions. *ENVIRONMENTAL AND EXPERIMENTAL BOTANY* Volume: 50 Issue: 2 Pages: 137-148 DOI: 10.1016/S0098-8472(03)00019-4 Published: OCT 2003
- (46) Ogaya, R; Penuelas, J. Contrasting foliar responses to drought in *Quercus ilex* and *Phillyrea latifolia*. *BIOLOGIA PLANTARUM* Volume: 50 Issue: 3 Pages: 373-382 DOI: 10.1007/s10535-006-0052-y Published: SEP 2006
- (47) Ogaya, R; Penuelas, J. Phenological patterns of *Quercus ilex*, *Phillyrea latifolia*, and *Arbutus unedo* growing under a field experimental drought. *ECOSCIENCE* Volume: 11 Issue: 3 Pages: 263-270 Published: 2004.
- (48) Ogaya, Roma; Penuelas, Josep. Seasonal ultrasonic acoustic emissions of *Quercus ilex* L. trees in a Mediterranean forest. *ACTA PHYSIOLOGIAE PLANTARUM* Volume: 29 Issue: 5 Pages: 407-410 DOI: 10.1007/s11738-007-0048-z Published: OCT 2007
- (49) Ogaya, Roma; Penuelas, Josep. Species-specific drought effects on flower and fruit production in a Mediterranean holm oak forest. *FORESTRY* Volume: 80 Issue: 3 Pages: 351-357 DOI: 10.1093/forestry/cpm009 Published: JUL 2007
- (50) Ogaya, Roma; Penuelas, Josep. Tree growth, mortality, and above-ground biomass accumulation in a holm oak forest under a five-year experimental field drought. *PLANT ECOLOGY* Volume: 189 Issue: 2 Pages: 291-299 DOI: 10.1007/s11258-006-9184-6 Published: APR 2007

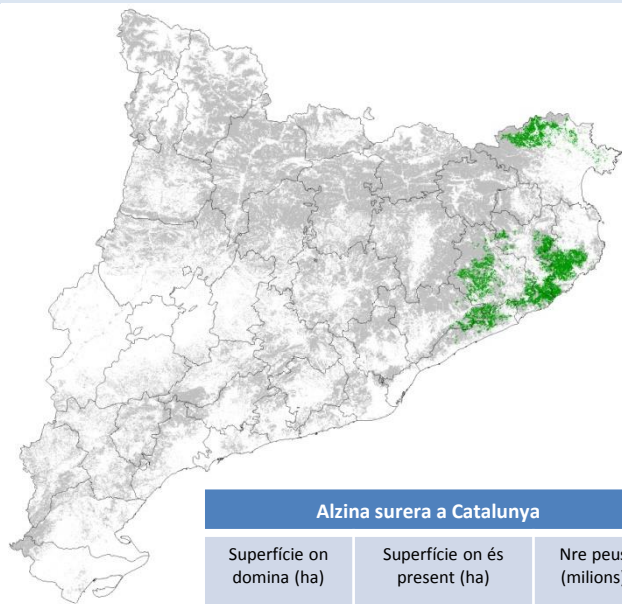
- (51) Pasho, Edmond; Julio Camarero, J.; de Luis, Martin; et al. Impacts of drought at different time scales on forest growth across a wide climatic gradient in north-eastern Spain. AGRICULTURAL AND FOREST METEOROLOGY Volume: 151 Issue: 12 Pages: 1800-1811 DOI: 10.1016/j.agrformet.2011.07.018 Published: DEC 15 2011
- (52) Paton, Daniel; Garcia-Herrera, Ricardo; Guenca, Javier; et al. INFLUENCE OF CLIMATE ON RADIAL GROWTH OF HOLM OAKS (*QUERCUS ILEX* SUBSP *BALLOTA* DESF) FROM SW SPAIN. GEOCHRONOMETRIA Volume: 34 Pages: 49-56 DOI: 10.2478/v10003-009-0017-1 Published: 2009
- (53) Pausas, JG; Blade, C; Valdecantos, A; et al. Pines and oaks in the restoration of Mediterranean landscapes of Spain: New perspectives for an old practice - a review. Conference: 2nd International Conference on Mediterranean Pines Location: Chania, GREECE Date: SEP 08-13, 2002. Sponsor(s): Univ Athens; Hellen Minist Agr; Mediterranean Agron Inst Chania. PLANT ECOLOGY Volume: 171 Issue: 1-2 Pages: 209-220 DOI: 10.1023/B:VEGE.0000029381.63336.20 Published: 2004
- (54) Penuelas, J; Lloret, F; Montoya, R. Severe drought effects on Mediterranean woody flora in Spain. FOREST SCIENCE Volume: 47 Issue: 2 Pages: 214-218 Published: MAY 200
- (55) Penuelas, Josep; Prieto, Patricia; Beier, Claus; et al. Response of plant species richness and primary productivity in shrublands along a north-south gradient in Europe to seven years of experimental warming and drought: reductions in primary productivity in the heat and drought year of 2003. GLOBAL CHANGE BIOLOGY Volume: 13 Issue: 12 Pages: 2563-2581 DOI: 10.1111/j.1365-2486.2007.01464.x Published: DEC 2007
- (56) Penuelas J.; Rico L.; Ogaya R.; et al. Summer season and long-term drought increase the richness of bacteria and fungi in the foliar phyllosphere of *Quercus ilex* in a mixed Mediterranean forest. PLANT BIOLOGY Volume: 14 Issue : 4 Pages: 565-575 DOI: 10.1111/j.1438-8677.2011.00532.x Published: JUL 2012
- (57) Quevedo, Lidia; Rodrigo, Anselm; Espelta, Josep Maria. Post-fire resprouting ability of 15 non-dominant shrub and tree species in Mediterranean areas of NE Spain. ANNALS OF FOREST SCIENCE Volume: 64 Issue: 8 Pages: 883-890 DOI: 10.1051/forest:2007070 Published: DEC 2007.
- (58) Rodriguez-Calcerrada, J.; Cano, F. J.; Valbuena-Carabana, M.; et al. Functional performance of oak seedlings naturally regenerated across microhabitats of distinct overstorey canopy closure. NEW FORESTS Volume: 39 Issue: 2 Pages: 245-259 DOI: 10.1007/s11056-009-9168-1 Published: MAR 2010
- (59) Ruiz-Labourdette, Diego; Nogues-Bravo, David; Sainz Ollero, Helios; et al. Forest composition in Mediterranean mountains is projected to shift along the entire elevational gradient under climate change. JOURNAL OF BIOGEOGRAPHY Volume: 39 Issue: 1 Pages: 162-176 DOI: 10.1111/J.1365-2699.2011.02592.x Published: JAN 2012
- (60) Sanchez-Humanes, Belen; Maria Espelta, Josep. Increased drought reduces acorn production in *Quercus ilex* coppices: thinning mitigates this effect but only in the short term. FORESTRY Volume: 84 Issue: 1 Pages: 73-82 DOI: 10.1093/forestry/cpq045 Published: JAN 2011
- (61) Sanz Perez, Virginia; Castro Diez, Pilar; Valladares, Fernando. Growth versus storage: responses of Mediterranean oak seedlings to changes in nutrient and water availabilities. ANNALS OF FOREST SCIENCE Volume: 64 Issue: 2 Pages: 201-210 DOI: 10.1051/forest: 2006104 Published: MAR 2007
- (62) Sardans, J.; Penuelas, J. Drought changes nutrient sources, content and stoichiometry in the bryophyte *Hypnum cupressiforme* Hedw. growing in a Mediterranean forest. JOURNAL OF BRYOLOGY Volume: 30 Pages: 59-65 DOI: 10.1179/174328208X281987 Part: Part 1 Published: 2008
- (63) Sardans, J.; Penuelas, J.; Estiarte, M. Warming and drought change trace element bioaccumulation patterns in a Mediterranean shrubland CHEMOSPHERE Volume: 70 Issue: 5 Pages: 874-885 DOI: 10.1016/j.chemosphere.2007. 06.085 Published: JAN 2008
- (64) Sardans, J.; Penuelas, J.; Ogaya, R. Experimental drought reduced acid and alkaline phosphatase activity and increased organic extractable P in soil in a *Quercus ilex* Mediterranean forest. EUROPEAN JOURNAL OF SOIL BIOLOGY Volume: 44 Issue: 5-6 Pages: 509-520 DOI: 10.1016/j.ejsobi.2008.09.011 Published: SEP-DEC 2008
- (65) Sardans, J; Penuelas, J. Increasing drought decreases phosphorus availability in an evergreen Mediterranean forest. PLANT AND SOIL Volume: 267 Issue: 1-2 Pages: 367-377 DOI: 10.1007/s11104-005-0172-8 Published: DEC 2004
- (66) Serrano, L; Penuelas, J; Ogaya, R; et al. Tissue-water relations of two co-occurring evergreen Mediterranean species in response to seasonal and experimental drought conditions. JOURNAL OF PLANT RESEARCH Volume: 118 Issue: 4 Pages: 263-269 DOI: 10.1007/s10265-005-0220-8 Published: AUG 2005
- (67) SOLER, M; SALA, M. EFFECTS OF FIRE AND OF CLEARING IN A MEDITERRANEAN *QUERCUS-ILEX* WOODLAND - AN EXPERIMENTAL APPROACH. Conference: SYMP ON MEDITERRANEAN EROSION, AT THE 2ND INTERNATIONAL CONF IN GEOMORPHOLOGY Location: FRANKFURT, GERMANY Date: AUG, 1989, CATENA 92 Volume: 19 Issue: 3-4 Pages: 321-332 DOI: 10.1016/0341-8162(92)90006-W Published: JUN-AUG 19
- (68) Urbieto, Itziar R.; Garcia, Luis V.; Zavala, Miguel A.; et al. Mediterranean pine and oak distribution in southern Spain: Is there a mismatch between regeneration and adult distribution? JOURNAL OF VEGETATION SCIENCE Volume: 22 Issue: 1 Pages: 18-31 DOI: 10.1111/j.1654-1103.2010.01222.x Published: FEB 2011
- (69) Valdecantos, A.; Baeza, M. J.; Vallejo, V. R. Vegetation Management for Promoting Ecosystem Resilience in Fire-Prone Mediterranean Shrubland. RESTORATION ECOLOGY Volume: 17 Issue: 3 Pages: 414-421 DOI: 10.1111/j.1526-100X.2008.00401.x Published: MAY 2009
- (70) Vila-Cabrera, Albert; Saura-Mas, Sandra; Lloret, Francisco. Effects of fire frequency on species composition in a Mediterranean shrubland. ECOSCIENCE Volume: 15 Issue: 4 Pages: 519-528 DOI: 10.2980/15-4-3164 Published: 2008

Alzina surera (*Quercus suber*)

Distribució de l'alzina surera a Catalunya

Les suredes es troben al litoral gironí i en algunes zones de l'interior de l'Alt Empordà

FONT: Mapa de Cobertes del Sòl de Catalunya. MCSC2005



Alzina surera a Catalunya

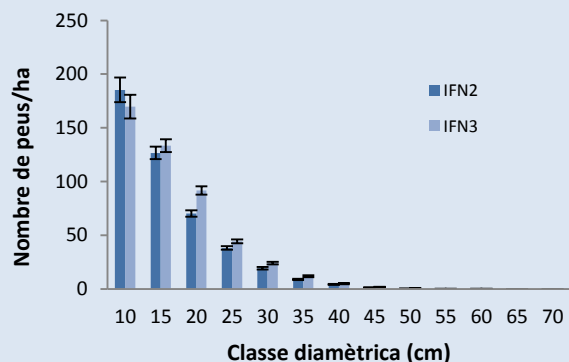
Superfície on domina (ha)	Superfície on és present (ha)	Nre peus (milions)
66 541	122 767	49,8

La superfície on l'espècie és present ha estat corregida pel factor resultant de dividir MCSC dominant/ IFN3 dominant per tal d'homogeneïtzar les dues fonts. FONTS: IFN3 i MCSC2005

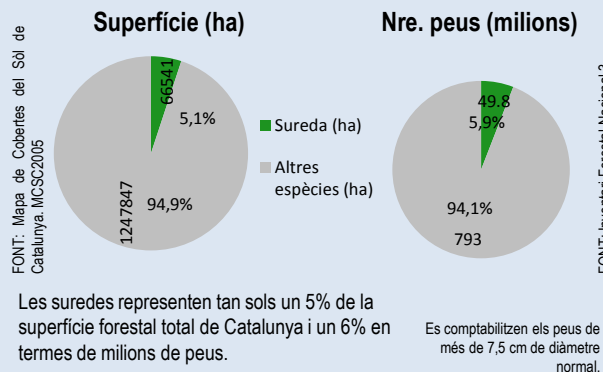
Estructura de la població de l'alzina surera

Les suredes de Catalunya són boscos joves, amb molts peus per hectàrea. Entre 1990 (IFN2) i el 2000 (IFN3) han augmentat els peus de les classes diamètriques més grans.

FONT: Inventari Forestal Nacional 2 i 3 (IFN2 i IFN3)



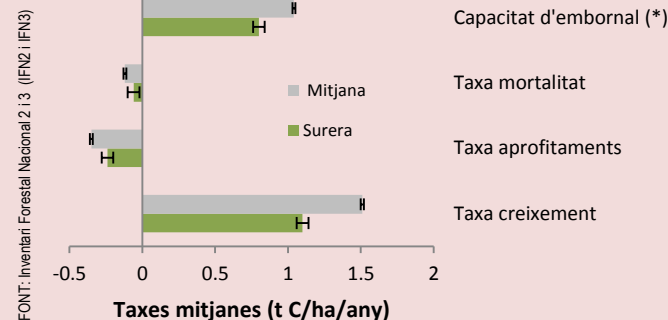
Distribució i estructura



Les suredes representen tan sols un 5% de la superfície forestal total de Catalunya i un 6% en termes de milions de peus.

Taxes mitjanes de carboni (C)

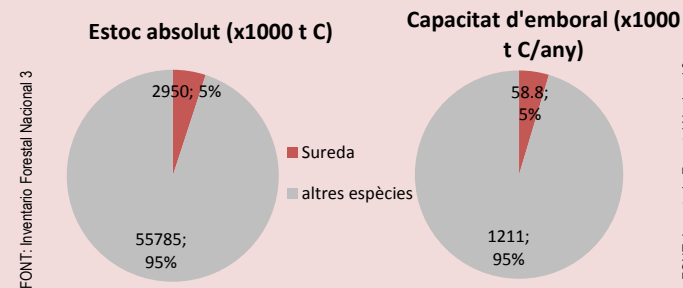
La capacitat d'embornal mitjana de les suredes entre 1990 i 2000 és de **0.8 t C/ha/any**.



(*) La capacitat d'embornal anual de C és la resta entre la taxa de creixement menys la taxa de mortalitat i la d'aprofitaments (en tones de C/ha/any).

Estocs i embornals de carboni (C) absoluts

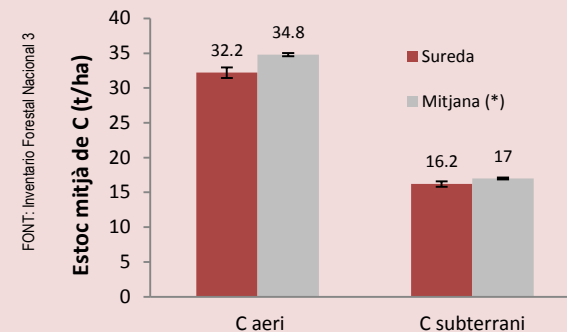
L'estoc absolut de C de les suredes suma uns **2,9 milions t C** (tones de carboni). La capacitat d'embornal d'aquests boscos és de **58,8 milers t C/any**.



Estoc i embornal de carboni

Estocs de carboni (C) mitjà

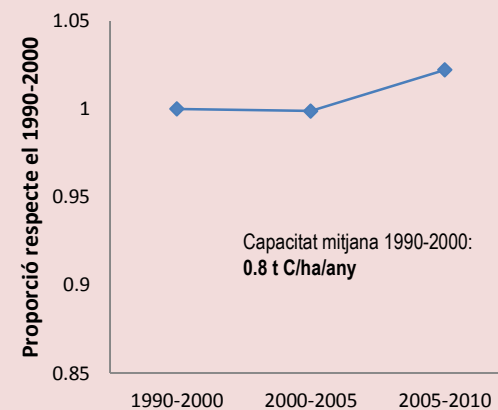
Les suredes emmagatzemen lleugerament menys tones de C/ha que la mitjana de les altres espècies, tant pel que fa al C aeri com el C subterrani.



(*) La mitjana està calculada amb dades de totes les espècies de Catalunya.

Canvi en la capacitat d'embornal

Respecte l'interval de referència (1990-2000) els boscos d'alzina surera van incrementar de mitjana la seva capacitat d'embornal a d'interval 2005-2010.



Proporció de la capacitat d'embornal respecte el període de referència (1990-2000)

Els valors s'han obtingut ajustant un model estadístic amb la informació de les parcel·les de mostreig dels dos IFN pel conjunt de coníferes i dels planifolis tenint en compte l'efecte de l'estructura del bosc, dades climàtiques i la tendència de la temperatura entre IFNs.

Efecte de la SEQUERA sobre:

	Creixement	Mortalitat	Regeneració
Sense factors addicionals	5, 6	7, 9	26, 24, 8, 25
Amb FACTORS ADDICIONALS	Modificació de l'efecte:		
Més altitud			
Menys precipitació	1, 2, 5, 6	8	25, 26, 28
Més temperatura	5, 6		26
Més competència	3, 3, 27		27
Arbres de mida gran			
Més reserva de carboni als arbres	3		
Més erosió			
Sòls més prims i compactes	4		
Topografia adversa (*)			

Llegenda

Sense factors addicionals	Amb factors addicionals
Efecte lleu	Alleugereix l'efecte
Efecte moderat	No canvia l'efecte
Efecte greu	Agreuja l'efecte
Efecte molt greu	Agreuja molt l'efecte

Efecte de cada pertorbació (sequera, incendis, plagues) sobre cada variable (creixement, mortalitat, regeneració), com a resultat directe, o de la interacció de dues pertorbacions, o de l'addició d'altres factors (més altitud, més precipitació, ...).

Els números fan referència a les cites procedents de la bibliografia científica. Si no hi ha cap número, vol dir que no hi ha informació al respecte.

Mort. 9, 21

Creixement Mortalitat Regeneració

9, 20, 21, 22, 23 9, 35

Modificació de l'efecte:

Sense factors addicionals			
FACTORS ADDICIONALS			
Més altitud			
Menys precipitació	20		
Més temperatura	20		
Més competència	9		
Arbres de mida gran			
Més reserva de carboni als arbres			
Més erosió			
Sòls més prims i compactes			
Topografia adversa (*)			

Creixement Mortalitat Regeneració

10, 16 29, 33 30

Modificació de l'efecte:

	11, 15, 18	13	
			30
	13, 17	15, 31	

Sense factors addicionals

FACTORS ADDICIONALS

Més altitud			
Menys precipitació			
Més temperatura			
Més competència			
Arbres de mida gran			
Més reserva de carboni als arbres			
Més erosió			
Sòls més prims i compactes			
Topografia adversa (*)			

Efecte dels INCENDIS sobre:

Efecte de les PLAGUES sobre:

(*) Topografia adversa fa referència a: pendents pronunciats, orientació sud, posició alta al vessant, carenes, etc. que disminueixen la disponibilitat d'aigua.

CREIXEMENT

1. Un augment de la concentració de CO₂ a curt termini (6 mesos) va fer augmentar el creixement, el nombre i el diàmetre de branques (Ref. 2); però si l'exposició era a mig-llarg termini (més de 9 mesos) no s'observaven canvis en l'alçada, el diàmetre de la tija, el nombre de fulles, ni l'àrea foliar. En canvi, la disponibilitat de llum i aigua va millorar molt aquests paràmetres. (Ref. 5, 49)
2. Les plantes de surera que pateixen sequera greu tenen menor creixement aeri i major creixement subterrani, així com fulles plegades i encongides. (Ref. 35)
3. Les plàntules sotmeses a tractaments d'ombra, que és el principal factor limitant pel creixement, són molt sensibles a l'estrès hídric, tenen menys reserves de midó, menors taxes de fotosíntesi, menor eficiència en l'ús de l'aigua i les fulles més grans. (Ref. 35,25, 4). Altres fonts indiquen que les plantes crescudes a l'ombra tenen més tolerància a la sequera (Ref. 48).
4. Les capes superiors del sòl contribueixen aproximadament en un 33% del total del requeriment d'aigua entre la primavera i la meitat de l'estiu però les capes profundes de sòl supleixen la major part de l'aigua requerida durant èpoques de sequera, durant les quals no es registra creixement. (Ref. 46)
5. Una disminució en el creixement anual del diàmetre pot estar relacionada amb factors climàtics com la sequera, ja que la precipitació acumulada durant l'estació de creixement (gener-juny) i la tardor i hivern anteriors (octubre-novembre anteriors) són determinants (19, 13), en canvi, la temperatura té una influència menor (Ref. 20).
6. La sequera, la temperatura o tots dos, poden limitar el creixement del suro.(Ref. 13)

MORTALITAT

7. *Quercus ilex* i *Quercus suber* són menys vulnerables a patir embòlies que altres espècies de fulla caduca de les regions temperades. (Ref. 54)
8. Els plançons nascuts en llocs amb estius secs van mostrar majors taxes de supervivència sota condicions de sequera (58), tot i que la supervivència de les plàntules va disminuir linealment amb l'augment de llum, ja que augmentava el risc de dessecació. (Ref. 30)
9. Les diferents causes de mort de les plàntules de surera són els cucs blancs (*Coleoptera: Scarabaeoidea*) que ataquen les arrels; la sequera de l'estiu i l'abandonament de les pràctiques silvícoles.(Ref. 29, 38)
10. *Quercus suber* té una capacitat de supervivència excepcionalment bona després d'un incendi. (Ref. 59, 51)
11. El gruix de l'escorça i la seva extracció són els principals factors que afecten la resistència de *Quercus suber* al foc. Els arbres amb escorça prima (joves o recent pelats) són més vulnerables al foc i els arbres amb escorça més gruixuda són més resistents. (Ref. 15, 16, 43)
12. Per un mateix gruix de suro, els arbres explotats eren més vulnerables al foc que els no explotats ja que el tipus de suro és diferent. (Ref. 15)
13. La vulnerabilitat al foc augmenta amb la severitat i va ser major en els arbres de diàmetres grans, cremats al començament de l'estiu o localitzats a les zones orientades cap al sud. (Ref. 15)

14. La supervivència disminueix amb l'augment de l'altura fins on va cremar-se el tronc, que es considera un indicador del grau de dany al foc i determina la resposta de les sureres després del foc (Ref. 16, 43).
15. Les variables que augmenten la probabilitat de supervivència del tronc i del rebrot de capçada de la surera són el gruix del suro i el diàmetre del tronc de l'arbre. En canvi, l'augment de l'alçada fins on s'ha cremat el tronc i les orientacions sud o oest fan que aquesta probabilitat disminueixi. (Ref. 14, 43, 51)
16. Després d'un foc, la resposta més comú de la surera va ser el rebrot de capçada (68,8%), seguit de la mort de la planta (15,8%), el rebrot de capçada i de soca alhora (10,1%) i el rebrot de soca (5,3%). (Ref. 16, 42, 51)
17. Els arbres pelats en pendents sud-oest tenen menors taxes de supervivència davant d'un incendi que els que no han estat pelats. (Ref. 43).
18. Els arbres grans, en posicions dominants tenen la major probabilitat de sobreviure a un incendi forestal. (Ref. 59)
19. Les diferents causes de mort de les plàntules de surera són els cucs blancs (*Coleoptera: Scarabaeoidea*) que ataquen les arrels, la sequera de l'estiu i l'abandonament de les pràctiques silvícoles.(Ref. 29, 38)
20. El fong *Phytophthora cinnamomi oomiceto* s'associa amb la mortalitat i la decaïment de *Quercus suber* i *Quercus ilex* a la regió mediterrània. Aquest fong requereix sòls càlids i humits (on neix) per infectar les arrels (Ref. 10).
21. *Phytophthora cinnamomi* és un agressiu patògen de les arrels d'alzines sureres. La seva propagació podria ser un factor important en el decaïment de les sureres a la Península Ibèrica, juntament amb la sequera i altres factors. (Ref. 11)
22. *Platypus cylindrus* és un escarabat que representa una plaga important de la surera. Colonitza tant els peus sans com els decrepits. Crea danys greus als troncs de sureres acabades de pelar i pot causar la mort de l'arbre. (Ref. 8)
23. *Botryosphaeria corticola*, és un fong que afecta la tija d'alzines i sureres, que contribueix a la disminució d'aquesta espècie forestal i representa una malaltia greu en els principals produccions de suro. (Ref. 39)

REGENERACIÓ

24. La producció de glans mostra poca relació amb el clima. (Ref. 55)
25. Les sureres provinents de llocs amb estius més secs tenen glans més grans, el que suggereix la selecció de glans més grans als llocs afectats per sequera. (Ref. 58)
26. Un augment en la intensitat i la freqüència de les sequeres d'estiu amb el canvi climàtic podria causar un impacte negatiu a la regeneració de *Quercus suber* degut a una reducció de la probabilitat de supervivència i l'anul·lació dels efectes positius dels anys humits. (Ref. 30)
27. Els plançons cultivats sota ombra moderada (un 15% de la llum total) acumulen tanta biomassa com els que estan en entorns ben il·luminats degut a l'augment de la seva àrea foliar i poden tenir un desenvolupament òptim, fins i tot amb un estrès hídric moderat. Però si l'ombra és més profunda (5% de la llum) el desenvolupament es redueix dràsticament. (Ref. 56, 4)

Alzina surera (*Quercus suber*)

28. L'excés d'aigua al sòl durant l'hivern redueix la germinació i emergència de llavors (Ref. 67).

29. Els boscos de surera cremats 1-2 vegades en els darrers 50 anys van ser resistents: van recuperar la biomassa i una composició similar a abans del foc. Però als que havien patit una alta freqüència d'incendis (3-4 incendis en els darrers 50 anys) van patir una pèrdua de capacitat de recuperació que duu a una estructura vertical simple i una cobertura d'arbustos i pocs peus de surera. (Ref. 63, 62, 61, 69)

30. Intervals entre incendis menors a 10-15 anys no són suficients per recuperar les reserves de carbohidrats i els índexs de riquesa d'espècies i diversitat són menors que a les parcel·les control. (Ref. 63, 62)

31. Factors ambientals com el pendent o l'exposició també contribueixen, juntament amb el temps transcorregut des de l'últim incendi, a determinar l'estructura de la comunitat després del foc. (Ref. 62)

32. La cendra, que pot provocar un augment significatiu del pH, és, a curt termini, una font important de nutrients i millora la fertilitat del sòl per la recuperació de l'ecosistema després del foc. (Ref. 52)

33. Després d'un foc, la resposta més comú de la surera va ser el rebrot de capçada (68,8%), seguit de la mort de la planta (15,8%), el rebrot de capçada i de soca alhora (10,1%) i el rebrot de soca (5,3%). (Ref. 16, 42, 51)

34. Els arbres que van patir un major nivell de dany van morir o van rebrotar exclusivament de soca. En canvi, els arbres protegits amb escorces gruixudes, van ser capaços de rebrotar de capçada (Ref. 42).

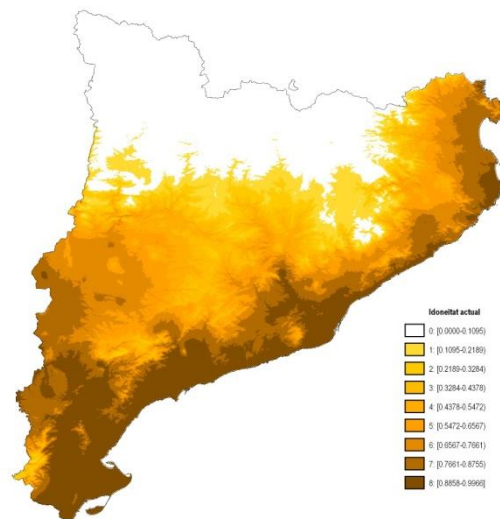
35. Els atacs massius a les arrels de les plantacions de plàntules de *Coleoptera: Scarabaeoidea* van fer que l'èxit de les actuacions de restauració fos només del 12% en un experiment en un bosc del Marroc. (Ref. 29)

36. La regeneració natural de la surera del bosc de la Mamora (Marroc) és molt difícil a causa dels efectes antropogènics i de la introducció d'espècies exòtiques, principalment pi i eucaliptus. (Ref. 38)

ATLES DE IDONEÏTAT TOPO-CLIMÀTICA DE L'ALZINA SURERA:

Impactes observats

IDONEÏTAT ACTUAL: 1950-1998



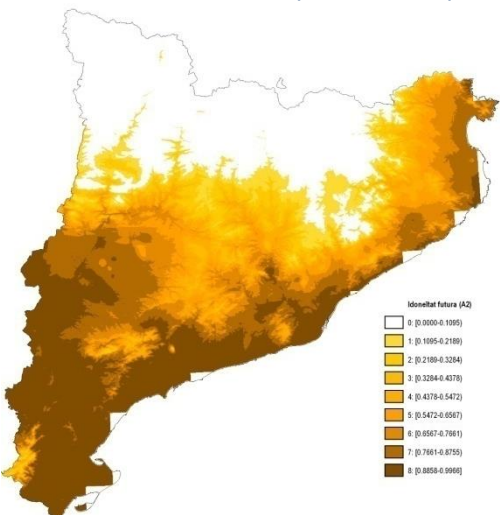
Mapa de idoneïtat actual de l'alzina surera. Font: Ninyerola et al. 2009

El grau d'adequació a les condicions climàtiques i topogràfiques de l'alzina surera pel període 1950-1998 representa la seva idoneïtat actual. Els colors foscos indiquen més idoneïtat (conjunt de condicions topogràfiques i climàtiques en què una espècie viu actualment) i els clars menys o gens (blanc).

La superfície indicada a la taula són les hectàrees on l'alzina surera té una idoneïtat climàtica del 50% o superior i el % que representa respecte la superfície total de Catalunya tant en l'actualitat com en l'escenari futur A2.

	Actual	A2
Sup. (ha)	1.656.552	1.727.844
%	51,4	53,6

IDONEÏTAT PROJECTADA (ESCENARI A2):



Mapa de idoneïtat projectada (escenari A2) de l'alzina surera. Font: Ninyerola et al. 2009

Actualment podriem trobar sureres en un 51% de la superfície de Catalunya segons les variables topo-climàtiques. Amb l'escenari A2 aquest percentatge augmentaria lleugerament fins el 53,6%.

Grau d'adequació a les condicions climàtiques i topogràfiques de l'alzina pel període 2050-2080, que representa la seva idoneïtat projectada per l'escenari A2.

Els apartats de **DISTRIBUCIÓ** i **VULNERABILITAT** no estan representats al quadre resum dels impactes observats. Les cites de la bibliografia que hi fan referència es presenten a continuació.

DISTRIBUCIÓ

- *Coraeus undatus* és un escarabat que excava galeries en el teixit del suro, donant lloc a importants reduccions econòmiques en quantitat i qualitat del suro. Aquest patògen té una àmplia distribució i un alt percentatge de sureres infestades (> 70%) en gairebé tots els boscos de sureres al sud d'Espanya. (Ref. 34)

VULNERABILITAT

- *Botryosphaeria corticola*, és un fong que afecta la tija d'alzines i sureres, que contribueix a la disminució d'aquesta espècie forestal i representa una malaltia greu en els principals produccions de suro. (Ref. 39)

ACCIONS PREVENTIVES:

NO S'HA TROBAT INFORMACIÓ

ACCIONS CORRECTIVES:

NO S'HA TROBAT INFORMACIÓ

- (1) Acacio, Vanda; Holmgren, Milena; Rego, Francisco; *et al.* Are drought and wildfires turning Mediterranean cork oak forests into persistent shrublands? *AGROFORESTRY SYSTEMS* Volume: 76 Issue: 2 Pages: 389-400 DOI: 10.1007/s10457-008-9165-y Published: JUN 2009
- (2) Alberto Ramirez-Valiente, Jose; Sanchez-Gomez, David; Aranda, Ismael; *et al.* Phenotypic plasticity and local adaptation in leaf ecophysiological traits of 13 contrasting cork oak populations under different water availabilities. *TREE PHYSIOLOGY* Volume 30 Issue: 5 Pages: 618-627 DOI: 10.1093/treephys/tpq013 Published: MAY 2010
- (3) Alberto Ramirez-Valiente, Jose; Valladares, Fernando; Delgado Huertas, Antonio; *et al.* Factors affecting cork oak growth under dry conditions: local adaptation and contrasting additive genetic variance within populations. *TREE GENETICS & GENOMES* Volume: 7 Issue: 2 Pages: 285-295 DOI: 10.1007/s11295-010-0331-9 Published APR 2011
- (4) Aranda, Ismael; Pardos, Marta; Puertolas, Jaime; *et al.* Water-use efficiency in cork oak (*Quercus suber*) is modified by the interaction of water and light availabilities. *TREE PHYSIOLOGY* Volume: 27 Issue: 5 Pages: 671-677 Published: MAY 2007
- (5) Aranda, I.; Puertoas, J.; Pardos, M.; *et al.* Elevated atmospheric CO₂ does not modify osmotic adjustment to light and drought in the Mediterranean oak *Quercus suber* L. *INVESTIGACION AGRARIA-SISTEMAS Y RECURSOS FORESTALES* Volume: 17 Issue: 1 Pages: 3-9 Published APR 2008
- (6) Azul, Anabela Marisa; Sousa, Joao Paulo; Agerer, Reinhard; *et al.* Land use practices and ectomycorrhizal fungal communities from oak woodlands dominated by *Quercus suber* L. considering drought scenarios. *MYCORRHIZA* Volume: 20 Issue: 2 Pages: 73-88 DOI: 10.1007/s00572-009-0261-2 Published: FEB 2010
- (7) Barberis, A; Dettori, S; Filigheddu, MR. Management problems in Mediterranean cork oak forests: post-fire recovery. International Conference on the Future of the Mediterranean Rural Environment Location: MENEMEN, TURKEY Date:2000 Cranfield Univ; Turkish Gen Directorate rural Service *JOURNAL OF ARID ENVIRONMENTS* Volume: 54 Issue: 3 Pages: 565-569 DOI: 10.1006/jare.2002.1079 Published: JUL 2003
- (8) Belhocine, Latifa; Bouhraoua, Rachid T.; Meijer, Martin; *et al.* Mycobiota associated with *Platypus cylindrus* (Coleoptera: Curculionidae, Platypodidae) in cork oak stands of North West Algeria, Africa. *AFRICAN JOURNAL OF MICROBIOLOGY RESEARCH* Volume: 5 Issue: 25 Pages: 4411-4423 DOI: 10.5897/AJMR11.614 Published: NOV 9 2011
- (9) Branco, M; Branco, C; Merouani, H; *et al.* Germination success, survival and seedling vigour of *Quercus suber* acorns in relation to insect damage. *FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT* Volume: 166 Issue: 1-3 Pages: 159-164 Article Number: PII S0378-1127(01)00669-7 DOI: 10.1016/S0378-1127(01)00669-7 Published: AUG 1 2002
- (10) Brasier, CM. *Phytophthora cinnamomi* and oak decline in southern Europe. Environmental constraints including climate change. Conference: International Symposium on Oaks in a Changing Environment - Ecological and Physiological Aspects VELAINE-EN-HAYE, FRANCE Date: SEP, 1994. Int Union Forest Res Org; Eurosilva Eureka 447; European Initiat Forest Tree Physiol; Conseil Reg Lorraine; INRA, Cent Adm; Dist Agglomerat Nanceenne; Conseil Gen Meurthe et Moselle; Nancy City Council *ANNALES DES SCIENCES FORESTIERES* Volume: 53 Issue: 2-3 Pages: 347-358 DOI: 10.1051/forest:19960217 Published:1996
- (11) BRASIER, CM; ROBREDO, F; FERRAZ, JFP. EVIDENCE FOR PHYTOPHTHORA-CINNAMOMI INVOLVEMENT IN IBERIAN OAK DECLINE. *PLANT PATHOLOGY* Volume: 42 Issue: 1 Pages: 140-145 DOI: 10.1111/j.1365-3059.1993.tb01482.x Published: FEB 1993
- (12) Cabezudo, Baltasar; Perez Latorre, Andres; Nieto, Jose M. After fire regeneration in a *Quercus suber* forest in the South of Spain (Istan, Malaga). *Acta Botanica Malacitana* Volume: 20 Issue: 0 Pages: 143-151 Published: 1995
- (13) Caritat, A; Gutierrez, E; Molinas, M. Influence of weather on cork-ring width. *TREE PHYSIOLOGY* Volume : 20 Issue: 13 Pages: 893-900 Published: JUL 2000
- (14) Catry, Filipe Xavier; Moreira, Francisco; Duarte, Ines; *et al.* Factors affecting post-fire crown regeneration in cork oak (*Quercus suber* L.) trees. *EUROPEAN JOURNAL OF FOREST RESEARCH* Volume: 128 Issue: 3 Pages: 231-240 DOI: 10.1007/s10342-009-0259-5 Published: MAY 2009
- (15) Catry, Filipe X.; Moreira, Francisco; Pausas, Juli G.; *et al.* Cork Oak Vulnerability to Fire: The Role of Bark Harvesting, Tree Characteristics and Abiotic Factors. *PLOS ONE* Volume: 7 Issue: 6 Article Number : e39810 DOI: 10.1371/journal.pone.0039810 Published: JUN 28 2012
- (16) Catry, F. X.; Rego, F.; Moreira, F.; *et al.* Post-fire tree mortality in mixed forests of central Portugal. *FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT* Volume: 260 Issue: 7 Pages: 1184-1192 DOI: 10.1016/j.foreco.2010.07.010 Published: AUG 31 2010
- (17) Chirino, Esteban; Vilagrosa, Alberto; Ramon Vallejo, V. Using hydrogel and clay to improve the water status of seedlings for dryland restoration. *PLANT AND SOIL* Volume: 344 Issue: 1-2 Pages: 99-110 DOI: 10.1007/s11104-011-0730-1 Published: JUL 2011
- (18) Costa, Augusta; Pereira, Helena; Madeira, Manuel. Analysis of spatial patterns of oak decline in cork oak woodlands in Mediterranean conditions. *ANNALS OF FOREST SCIENCE* Volume: 67 Issue: 2 Article Number: 204 DOI: 10.1051/forest/2009097
- (19) Costa, A; Pereira, H; Oliveira, A. Variability of radial growth in cork oak adult trees under cork production. *FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT* Volume: 175 Issue: 1-3 Pages: 239-246 Article Number: PII S0378-1127(02)00145-7 DOI : 10.1016/S0378-1127(02)00145-7 Published: MAR 3 2003
- (20) Costa, A; Pereira, H; Oliveira, A. A dendroclimatological approach to diameter growth in adult cork-oak trees under production. *TREES-STRUCTURE AND FUNCTION* Volume: 15 Issue: 7 Pages: 438-443 DOI: 10.1007/s004680100119 Published: OCT 2001
- (21) Curt, Thomas; Adra, Walaa; Borgniet, Laurent. Fire-driven oak regeneration in French Mediterranean ecosystems. *FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT* Volume: 258 Issue: 9 Pages: 2127-2135 DOI: 10.1016/j.foreco.2009.08.010 Published: OCT 10 2009
- (22) Curt, Thomas; Schaffhauser, Alice; Borgniet, Laurent; *et al.* Litter flammability in oak woodlands and shrublands of southeastern France *FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT* Volume: 261 Issue: 12 Special Issue: SI Pages: 2214-2222 DOI: 10.1016/j.foreco.2010.12.002 Published: JUN 15 2011
- (23) David, Teresa S.; David, Jorge S.; Pinto, Clara A.; *et al.* Hydraulic connectivity from roots to branches depicted through sap flow: analysis on a *Quercus suber* tree. *FUNCTIONAL PLANT BIOLOGY* Volume: 39 Issue: 2 Pages: 103-115 DOI: 10.1071/FP11185 Published: 2012
- (24) de Dios, Victor Resco; Fischer, Christine; Colinas, Carlos. Climate change effects on mediterranean forests and preventive measures. *NEW FORESTS* Volume: 33 Issue: 1 Pages: 29-40 DOI: 10.1007/s11056-006-9011-x Published: JAN 2007

- (25) Dolores Jimenez, Maria; Pardos, Marta; Puertolas, Jaime; *et al.* Deep shade alters the acclimation response to moderate water stress in *Quercus suber* L. *FORESTRY* Volume: 82 Issue: 3 Pages: 285-298 DOI: 10.1093/forestry/cpp008 Published: JUL 2009
- (26) DUBOIS C; PRODON R. SURVIVAL OF THE CORK-OAK QUERCUS-SUBER L. AFTER A FIRE. 2ND INTERNATIONAL CONFERENCE ON THE TREE, MONTPELLIER, FRANCE, SEPTEMBER 10-15, 1990. *NAT MONSPEL. Naturalia Monspeliensia* Issue: SPEC. ISSUE Pages: 596-597 Published: 1991
- (27) Fernandes, Paulo M.; Rego, Francisco C.; Rigolot, Eric. The FIRE PARADOX project: Towards science-based fire management in Europe. *FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT* Volume: 261 Issue: 12 Special Issue: SI Pages: 2177-2178 DOI:10.1016/j.foreco.2010.12.024 Published: JUN 15 2011
- (28) Fuerstenau, Benjamin; Rosell, Gloria; Guerrero, Angel; *et al.* Electrophysiological and Behavioral Responses of the Black-Banded Oak Borer, *Corobus florentinus*, to Conspecific and Host-Plant Volatiles. *JOURNAL OF CHEMICAL ECOLOGY* Volume: 38 Issue: 4 Pages: 378-388 DOI: 10.1007/s10886-012-0110-1 Published: APR 2012
- (29) Ghaïoule, Driss; Lumaret, Jean-Pierre; Rochat, Didier; *et al.* Estimation of white grub damage (Coleoptera : Scarabaeoidea) in cork oak (*Quercus suber* L.) regeneration parcels of the Mamora forest (Morocco) and search for biological control using sex pheromones. *ANNALES DE LA SOCIETE ENTOMOLOGIQUE DE FRANCE* Volume: 43 Issue: 1 Pages: 1- 8 Published JAN-MAR 2007
- (30) Gomez-Aparicio, L.; Perez-Ramos, I. M.; Mendoza, I.; *et al.* Oak seedling survival and growth along resource gradients in Mediterranean forests: implications for regeneration in current and future environmental scenarios *OIKOS* Volume: 117 Issue: 11 Pages: 1683-1699 DOI: 10.1111/j.1600-0706.2008.16814.x Published: NOV 2008
- (31) Grant, Olga M.; Tronina, Lukasz; Ramalho, Jose Cochicho; *et al.* The impact of drought on leaf physiology of *Quercus suber* L. trees: comparison of an extreme drought event with chronic rainfall reduction. *JOURNAL OF EXPERIMENTAL BOTANY* Volume: 61 Issue: 15 Pages: 4361-4371 DOI: 10.1093/jxb/erq239 Published: OCT 2010
- (32) Hidalgo, P. J.; Marin, J. M.; Quijada, J.; *et al.* A spatial distribution model of cork oak (*Quercus suber*) in southwestern Spain: A suitable tool for reforestation. *FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT* Volume: 255 Issue: 1 Pages: 25-34 DOI: 10.1016/j.foreco.2007.07.012 Published:FEB 20 2008
- (33) Holland, V.; Brueggemann, W. Photosynthetic properties of *Quercus x hispanica* Lam. and *Q. suber* L. under harsh Central European winter conditions *PHOTOSYNTHETICA* Volume: 49 Issue: 3 Pages: 459-465 DOI: 10.1007/s11099-011-0052-9 Published: SEP 2011
- (34) Jimenez, A.; Gallardo, A.; Antonietty, C. A.; *et al.* Distribution of *Coraeus undatus* (Coleoptera: Buprestidae) in cork oak forests of southern Spain. *INTERNATIONAL JOURNAL OF PEST MANAGEMENT* Volume: 58 Issue: 3 Special Issue: SI Pages: 281-288 DOI:10.1080/09670874.2012.700493 Published: 2012
- (35) Kwak, Myung Ja; Lee, Seong Han; Woo, Su Young. Growth and anatomical characteristics of different water and light intensities on cork oak (*Quercus suber* L.) seedlings. *AFRICAN JOURNAL OF BIOTECHNOLOGY* Volume: 10 Issue: 53 Pages: 10964-10979 Published: SEP 14 2011
- (36) Lavrov, A.; Utkin, A. B.; da Silva, J. Marques; *et al.* Water Stress Assessment of Cork Oak Leaves and Maritime Pine Needles Based on LIF Spectra. *OPTICS AND SPECTROSCOPY* Volume: 112 Issue: 2 Pages: 271-279 DOI: 10.1134/S0030400X12020166 Published: FEB 2012
- (37) Lo Gullo, MA; Salleo, S; Rosso, R; *et al.* Drought resistance of 2-year-old saplings of Mediterranean forest trees in the field: relations between water relations, hydraulics and productivity *PLANT AND SOIL* Volume: 250 Issue: 2 Pages: 259-272 DOI: 10.1023/A:1022840103573 Published: MAR 2003
- (38) Lumaret, JP; Ghaïoule, D; Maatouf, N; *et al.* Initial data on the biology of *Sphodroxia maroccana* Ley (Coleoptera : Melolonthidae) and an estimation of the damage due to this new pest on cork-oak seedlings in the Mamora Forest (Morocco) Conference: International Symposium on Entomological Research in Mediterranean Forest Ecosystems Location: Rabat, MOROCCO Date: MAY 06-11, 2002. Minist Water & Forests; INRA; DREF; IUFRO Entomological Research in Mediterranean Forest Ecosystems Book Series: SCIENCE UPDATE Pages: 139-145 Published: 2005
- (39) Luque, J.; Pera, J.; Parlade, J. Evaluation of fungicides for the control of *Botryosphaeria corticola* on cork oak in Catalonia (NE Spain). *FOREST PATHOLOGY* Volume: 38 Issue: 3 Pages: 147-155 DOI: 10.1111/j.1439-0329.2007.00526.x Published: JUN 2008
- (40) Luque, J; Parlade, J; Pera, J. Seasonal changes in susceptibility of *Quercus suber* to *Botryosphaeria stevensii* and *Phytophthora cinnamomi*. *PLANT PATHOLOGY* Volume: 51 Issue: 3 Pages: 338-345 DOI: 10.1046/j.1365-3059.2002.00713.x Published: JUN 2002
- (41) Martin, J; Cabezas, J; Buyolo, T; *et al.* The relationship between *Cerambyx* spp. damage and subsequent *Biscogniauxia mediterranea* infection on *Quercus suber* forests. *FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT* Volume: 216 Issue: 1-3 Pages: 166-174 DOI: 10.1016/j.foreco.2005.05.027 Published: SEP 12 2005
- (42) Moreira, Francisco; Catry, Filipe; Duarte, Ines; *et al.* A conceptual model of sprouting responses in relation to fire damage: an example with cork oak (*Quercus suber* L.) trees in Southern Portugal. *PLANT ECOLOGY* Volume: 201 Issue: 1 Pages: 77-85 DOI: 10.1007/s11258-008-9476-0 Published: MAR 2009
- (43) Moreira, Francisco; Duarte, Ines; Catry, Filipe; *et al.* Cork extraction as a key factor determining post-fire cork oak survival in a mountain region of southern Portugal. *FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT* Volume: 253 Issue: 1-3 Pages: 30-37 DOI: 10.1016/j.foreco.2007.07.001 Published: DEC 15 2007
- (44) Nardini, A; Lo Gullo, MA; Salleo, S. Competitive strategies for water availability in two Mediterranean *Quercus* species. *PLANT CELL AND ENVIRONMENT* Volume: 22 Issue: 1 Pages: 109-116 DOI: 10.1046/j.1365-3040.1999.00382.x Published: JAN 1999
- (45) Nasr, Z.; Woo, S. Y.; Zineddine, M.; *et al.* Sap flow estimates of *Quercus suber* according to climatic conditions in north Tunisia. *AFRICAN JOURNAL OF AGRICULTURAL RESEARCH* Volume: 6 Issue: 20 Pages: 4705-4710 Published: SEP 26 2011
- (46) Otieno, D. O.; Kurz-Besson, C.; Liu, J.; *et al.* Seasonal variations in soil and plant water status in a *Quercus suber* L. Stand: roots as determinants of tree productivity and survival in the mediterranean-type ecosystem Conference: International Conference on Rhizosphere - Perspectives and Challenges Location: Munich, GERMANY SEP, 2004 *PLANT AND SOIL* Volume: 283 Issue: 1-2 Pages: 119-135 DOI: 10.1007/s11104-004-7539-0 Published: MAY 2006
- (47) Otieno, D. O.; Schmidt, M. W. T.; Kurz-Besson, C.; *et al.* Regulation of transpirational water loss in *Quercus suber* trees in a Mediterranean-type ecosystem. *TREE PHYSIOLOGY* Volume: 27 Issue: 8 Pages: 1179-1187 Published: AUG 2007
- (48) Pardos, M; Jimenez, MD; Aranda, I; *et al.* Water relations of cork oak (*Quercus suber* L.) seedlings in response to shading and moderate drought. *ANNALS OF FOREST SCIENCE* Volume: 62 Issue: 5 Pages: 377-384 DOI: 10.1051/forest:2005033 Published: JUL-AUG 2005

- (49) Pardos, Marta; Puertolas, Jaime; Aranda, Ismael; *et al.* Can CO2 enrichment modify the effect of water and high light stress on biomass allocation and relative growth rate of cork oak seedlings? TREES-STRUCTURE AND FUNCTION Volume 20 Issue 6 Pages: 713-724 DOI: 10.1007/s00468-006-0086-y
- (50) Pausas, Juli C.; Llovet, Joan; Rodrigo, Anselm; *et al.* Are wildfires a disaster in the Mediterranean basin? - A review INTERNATIONAL JOURNAL OF WILDLAND FIRE Volume: 17 Issue: 6 Pages: 713-723 DOI: 10.1071/WF0715.1 Published: 2008
- (51) Pausas, JG. Resprouting of *Quercus suber* in NE Spain after fire. JOURNAL OF VEGETATION SCIENE Volume 8 Issue 5 Pages 703-706 DOI: 10.2307/3237375 Published: NOV 1997
- (52) Pereira, Paulo; Ubeda, Xavier; Martin, Deborah; *et al.* Effects of a low severity prescribed fire on water-soluble elements in ash from a cork oak (*Quercus suber*) forest located in the northeast of the Iberian Peninsula . International Meeting on Fire Effects on Soil Properties Location: Marmaris, TURKEY Date: FEB 11-15, 2009 Hacettepe Univ, Dept Biol; Ankara Univ, Dept Soil Sci ENVIRONMENTAL RESEARCH Volume: 111 Issue: 2 Pages: 237-247 DOI: 10.1016/j.envres.2010.09.00 Published: FEB 2011
- (53) Perez-Devesa, Marian; Cortina, Jordi; Vilagrosa, Alberto; *et al.* Shrubland management to promote *Quercus suber* L. establishment. FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT Volume: 255 Issue: 3-4 Pages: 374-382 DOI : 10.1016/j.foreco.2007.09.74 : Published: MAR 20 2008
- (54) Pinto, Clara A.; David, Jorge S.; Cochard, Herve; *et al.* Drought-induced embolism in current-year shoots of two Mediterranean evergreen oaks. FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT Volume: 285 Pages: 1-10 DOI: 10.1016/j.foreco.2012.08.005 Published: DEC 1 2012.
- (55) Pons, Josep; Pausas, Juli G. The coexistence of acorns with different maturation patterns explains acorn production variability in cork oak. OECOLOGIA Volume: 169 Issue: 3 Pages: 723-731 DOI: 10.1007/s00442-011-2244-1 Published: JUL 2012
- (56) Puertolas, Jaime; Pardos, Marta; Jimenez, Maria Dolores; *et al.* Interactive responses of *Quercus suber* L. seedlings to light and mild water stress: effects on morphology and gas exchange traits ANNALS OF FOREST SCIENCE Volume 65 Issue 6 Article Number: 611 DOI: 10.1051/forest:2008044
- (57) Quilchano, C.; Maranon, T.; Perez-Ramos, I. M.; *et al.* Patterns and ecological consequences of abiotic heterogeneity in managed cork oak forests of Southern Spain. ECOLOGICAL RESEARCH Volume: 23 Issue: 1 Pages: 127-139 DOI: 10.1007/s11284-007-0343-6 Published: JAN 2008
- (58) Ramirez-Valiente, J. A.; Valladares, F.; Gil, L.; *et al.* Population differences in juvenile survival under increasing drought are mediated by seed size in cork oak (*Quercus suber* L.) FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT Volume: 257 Issue: 8 Pages: 1676-1683 DOI: 10.1016/j.foreco.2009.01.024 Published: MAR 31 2009
- (59) Ramon Gonzalez, Jose; Trasobares, Antoni; Palahi, Marc; *et al.* Predicting stand damage and tree survival in burned forests in Catalonia (North-East Spain). ANNALS OF FOREST SCIENCE Volume: 64 Issue: 7 Pages: 733-742 DOI: 10.1051/forest:2007053 Published: OCT-NOV 2007
- (60) Rodriguez-Molina, MC; Torres-Vila, LM; Blanco-Santos, A; *et al.* Viability of holm and cork oak seedlings from acorns sown in soils naturally infected with *Phytophthora cinnamomi*. FOREST PATHOLOGY Volume: 32 Issue: 6 Pages: 365-372 DOI: 10.1046/j.1439-0329.2002.00297.x Published: DEC 2002

- (61) Schaffiauser, A.; Curt, T.; Taton, T. Fire-vegetation interplay in a mosaic structure of *Quercus suber* woodlands and Mediterranean maquis under recurrent fires. FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT Volume: 262 Issue: 5 Pages: 730-738 DOI: 10.1016/j.foreco.2011.05.003 Published: SEP 1 2011
- (62) Schaffhauser, Alice; Curt, Thomas; Vela, Errol; *et al.* Recurrent fires and environment shape the vegetation in *Quercus suber* L. woodlands and maquis. COMPTES RENDUS BIOLOGIES Volume: 335 Issue: 6 Pages: 424-434 DOI: 10.1016/j.crv.2012.04.006 Published: JUN 2012
- (63) Schaffhauser, A.; Curt, T.; Vela, E.; *et al.* Fire recurrence effects on the abundance of plants grouped by traits in *Quercus suber* L. woodlands and maquis. FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT Volume: 282 Pages: 157-166 DOI: 10.1016/j.foreco.2012.06.047 Published: OCT 15 2012
- (64) Silva, J. S.; Catry, F. Forest fires in cork oak (*Quercus suber* L.) stands in Portugal. International Journal of Environmental Studies Volume: 63 Issue: 3 Pages: 235-257 DOI: 10.1080/0020730600720829 Published: JUN 2006
- (65) Simonson, William D.; Allen, Harriet D.; Coomes, David A. Use of an Airborne Lidar System to Model Plant Species Composition and Diversity of Mediterranean Oak Forests CONSERVATION BIOLOGY Volume: 26 Issue: 5 Pages: 840-850 DOI 10.1111/j.1523-1739.2012.01869.x Published: OCT 2012
- (66) Torres, Ivan; Urbiet, Itziar R.; Moreno, Jose M. Vegetation and soil seed bank relationships across microhabitats in an abandoned *Quercus suber* parkland under simulated fire. ECOSCIENCE Volume: 19 Issue: 1 Pages: 1-10 DOI: 10.2980/19-1-3459 Published: 2012
- (67) Urbiet, Itziar R.; Perez-Ramos, Ignacio M.; Zavala, Miguel A.; *et al.* Soil water content and emergence time control seedling establishment in the three co-occurring Mediterranean oak species. CANADIAN JOURNAL OF FOREST RESEARCH-REVUE CANADIENNE DE RECHERCHE FORESTIERE Volume: 38 Issue: 9 Pages: 2382-2393 DOI: 10.1139/X08-089 Published: SEP 2008
- (68) Vaz, M.; Cochard, H.; Gazarini, L.; *et al.* Cork oak (*Quercus suber* L.) seedlings acclimate to elevated CO2 and water stress: photosynthesis, growth, wood anatomy and hydraulic conductivity. TREES-STRUCTURE AND FUNCTION Volume 26 Issue: 4 Pages: 1145-1157 DOI: 10.1007/s00468-012-0691-x Published: AUG 2012
- (69) Vila-Cabrera, Albert; Saura-Mas, Sandra; Lloret, Francisco. Effects of fire frequency on species composition in a Mediterranean shrubland. ECOSCIENCE Volume: 15 Issue: 4 Pages: 519-528 DOI: 10.2980/15-4-3164 Published: 2008

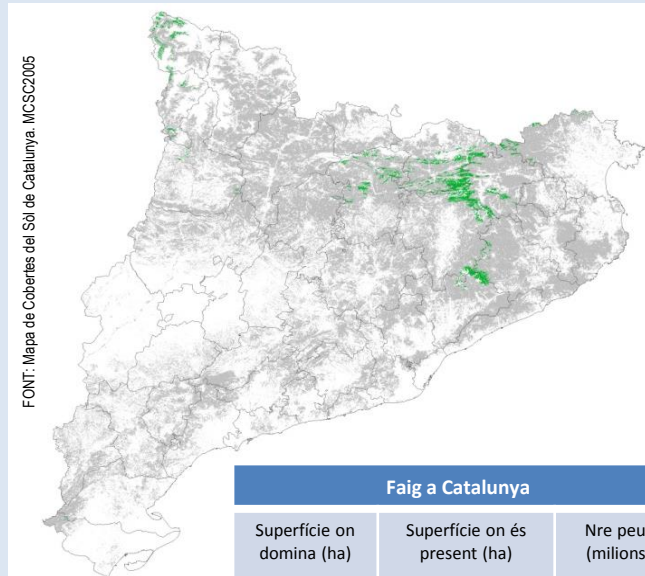
Faig (*Fagus sylvatica*)

Distribució i estructura

Estoc i embornal de carboni

Distribució del faig a Catalunya

A Catalunya trobem fagedes en zones del Prepirineu, entre els 500 i els 2000 m i també en zones del Montseny i la Garrotxa.

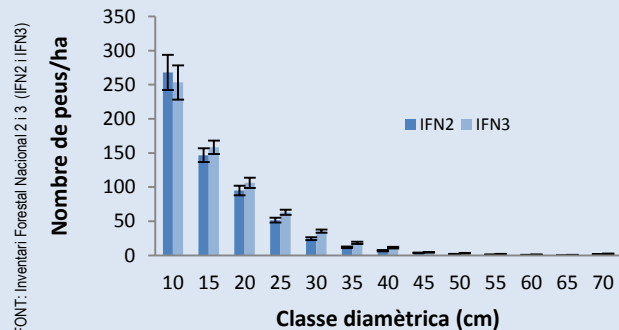


Faig a Catalunya		
Superfície on domina (ha)	Superfície on és present (ha)	Nre peus (milions)
33 513	71 341	22,3

La superfície on l'espècie és present ha estat corregida pel factor resultant de dividir MCSC dominant/ IFN3 dominant per tal d'homogeneitzar les dues fonts. FONTS: IFN3 i MCSC2005

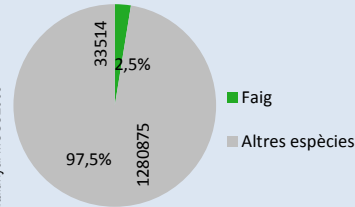
Estructura de la població del faig

Les fagedes de Catalunya són boscos joves, amb peus majoritàriament per sota dels 25 cm de classe diamètrica.



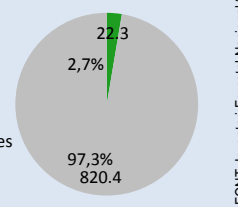
Superfície (ha)

FONT: Mapa de Cobertes del Sòl de Catalunya. MCSC2005



Nre. peus (milions)

FONT: Inventari Forestal Nacional 3

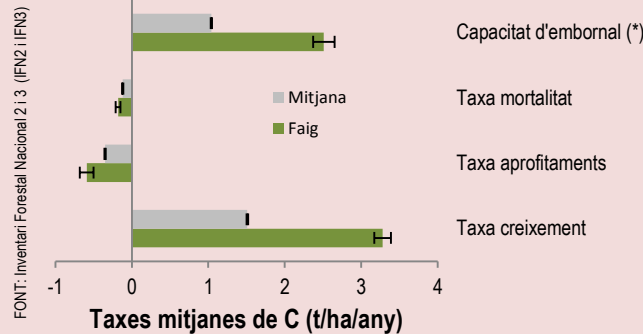


Les fagedes representen un 2,5% de la superfície total dels boscos de Catalunya, gairebé igual que en nombre de peus representen: un 2,6%.

Es mostren els peus de més de 7,5 cm de diàmetre normal.

Taxes mitjanes de carboni (C)

La taxa de canvi en l'estoc anual de carboni és de **2.51 t C/ha/any**.



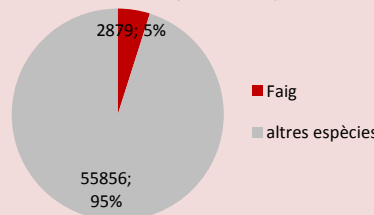
(*) La capacitat d'embornal anual de C és la resta entre la taxa de creixement menys la taxa de mortalitat i la d'aprofitaments (en tones de C/ha/any).

Estocs i embornals de carboni (C) absoluts

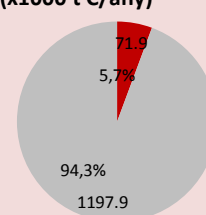
L'estoc absolut de C de les fagedes sumen uns **2,8 milions t C** (tones de carboni). La capacitat d'embornal d'aquests boscos és de **71,9 milers t C/any**.

FONT: Inventari Forestal Nacional 3

Estoc absolut (x1000 t C)



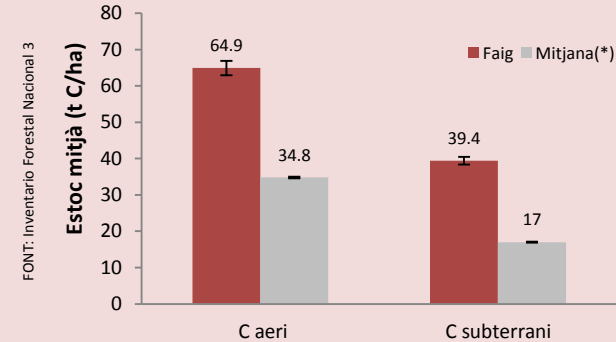
Capacitat d'embornal (x1000 t C/any)



FONT: Inventari Forestal Nacional 3

Estocs de carboni (C) mitjà

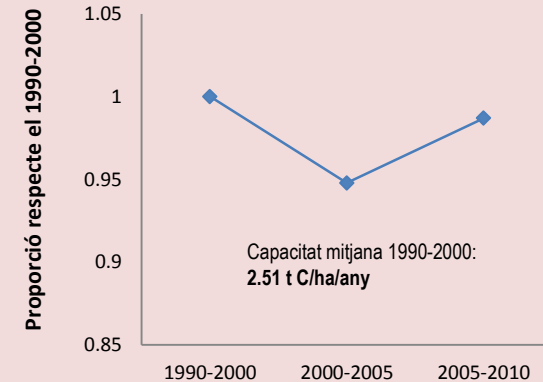
Les fagedes emmagatzemen molta més quantitat de C que la mitjana tant a la part aèria com la subterrània.



(*) La mitjana està calculada amb dades de totes les espècies de Catalunya.

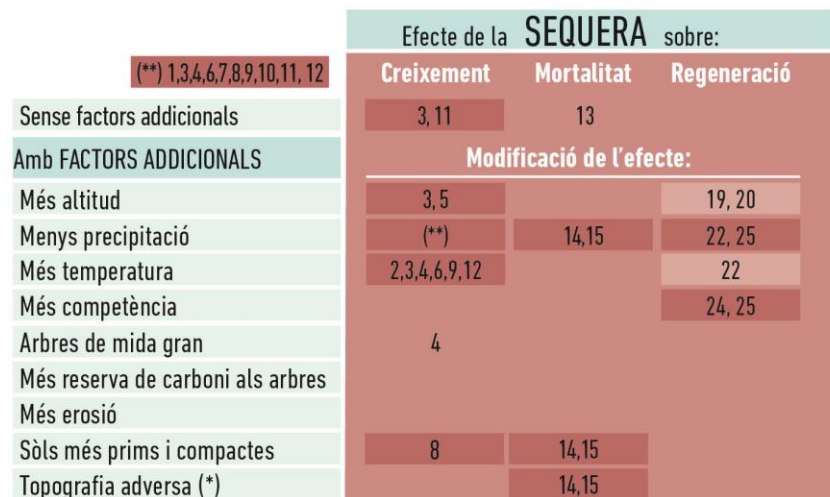
Canvi en la capacitat d'embornal

Respecte l'interval de referència (1990-2000) les fagedes han mantingut estable la seva capacitat d'embornal al 2010, després d'un lleuger davallada el 2000-2005



Proporció de la capacitat d'embornal respecte el període de referència (1990-2000)

Els valors s'han obtingut ajustant un model estadístic amb la informació de les parcel·les de mostreig dels dos IFN pel conjunt de coníferes i dels planifolis tenint en compte l'efecte de l'estructura del bosc, dades climàtiques i la tendència de la temperatura entre IFNs.

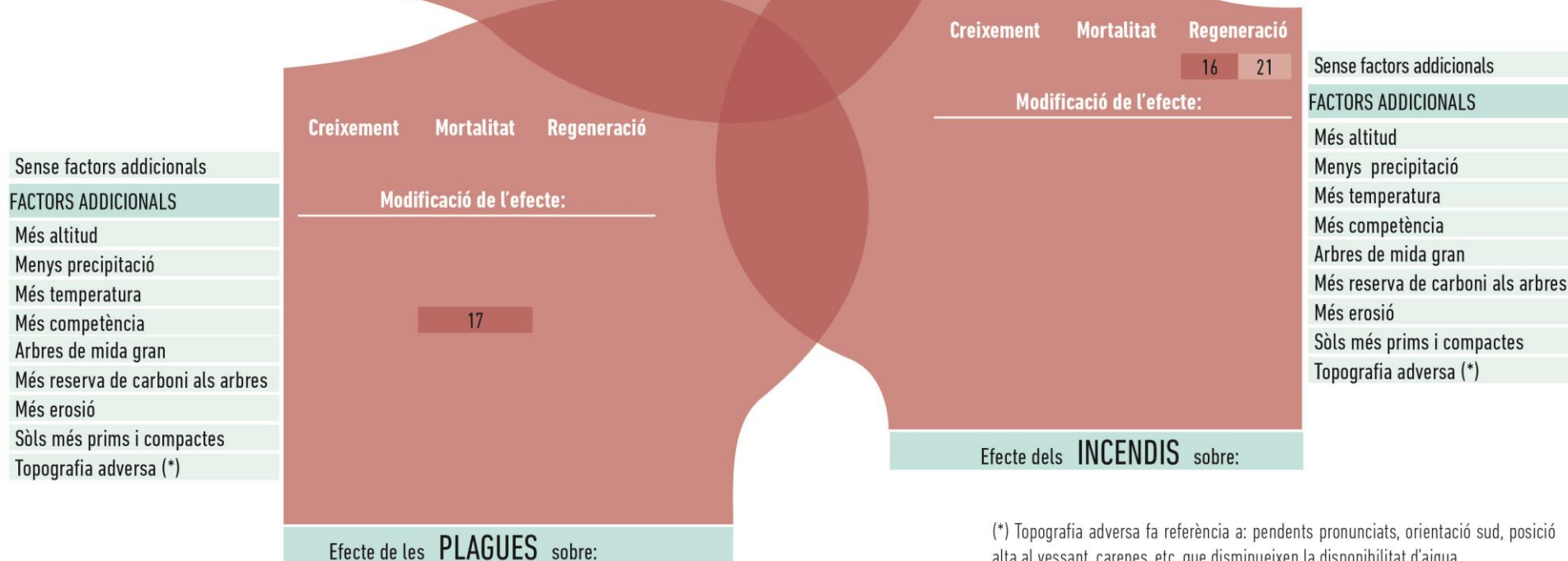


Llegenda

Sense factors addicionals	Amb factors addicionals
Efecte lleu	Alleugereix l'efecte
Efecte moderat	No canvia l'efecte
Efecte greu	Agreuja l'efecte
Efecte molt greu	Agreuja molt l'efecte

Efecte de cada pertorbació (sequera, incendis, plagues) sobre cada variable (creixement, mortalitat, regeneració), com a resultat directe, o de la interacció de dues pertorbacions, o de l'addició d'altres factors (més altitud, més precipitació, ...).

Els números fan referència a les cites procedents de la bibliografia científica. Si no hi ha cap número, vol dir que no hi ha informació al respecte.



(*) Topografia adversa fa referència a: pendents pronunciats, orientació sud, posició alta al vessant, carenes, etc. que disminueixen la disponibilitat d'aigua.

CREIXEMENT

1. La respiració de les fulles disminueix en augmentar el dèficit hídric de la planta. (Ref. 24)
2. Tot i que hi ha una augment en l'eficiència en l'ús de l'aigua al límit inferior del bosc el faig no evita un descens del seu creixement com a resultat de l'escalfament. (Ref. 19)
3. Hi ha un creixement significativament més baix dels arbres madurs en el límit altitudinal inferior de la distribució en comparació amb els arbres que es troben a altituds més altes, ja que està fortament limitat per la sequera. (Ref. 13)
4. S'ha observat una ràpida disminució del creixement del faig d'ençà el 1975. El 2003 s'havia observat un 49% menys de creixement que els nivells pre-declivi com a resultat de l'augment de les temperatures i la disminució de les precipitacions; en canvi, no té relació amb l'edat de l'arbre. (Ref. 13)
5. El creixement del faig disminueix amb l'altitud. (Ref. 17)
6. L'índex d'àrea foliar (LAI) pot augmentar afavorit per l'augment de CO₂ atmosfèric, especialment als llocs on la precipitació és alta i les condicions climàtiques no massa càlides, segons el model de simulació Gotilwa+. (Ref. 25)
7. La durada mitjana de la vida de les fulles del faig augmentaria sota condicions de canvi climàtic degut a què tindria un període de creixement més prolongat, que promouria una major producció sempre que l'aigua no fos un factor limitant, segons el model de simulació Gotilwa+. (Ref. 25)
8. Hi ha una relació inversa entre el gruix dels anells de creixement dels arbres i la disponibilitat d'aigua al sòl a l'inici de la temporada de creixement. (Ref. 22)
9. Les precipitacions de desembre i juliol es van relacionar positivament amb el creixement del faig, mentre que la temperatura de l'abril s'hi va relacionar negativament. (Ref. 1)
10. El creixement dels arbres madurs de faig està limitat per la sequera d'estiu, i depèn bàsicament de l'acumulació de neu i el desglaç per satisfer la seva demanda d'aigua a l'estiu. (Ref. 1)
11. L'estrès per sequera a llarg termini redueix la productivitat dels faigs a les regions centrals dels Apenins, d'acord amb les tendències similars identificades en muntanyes mediterrànies. (Ref. 21)
12. S'ha observat una disminució del creixement al límit sud de la distribució. S'espera que aquest fet es veurà agreujat si l'augment de les temperatures no va acompanyat d'augment en la precipitació. (Ref. 13)

MORTALITAT

13. Es suggereix que el faig té eficients mecanismes de regulació fisiològica, que li permetrien mantenir-se en bon estat sota les condicions del clima mediterrani relativament sec. (Ref. 18)
14. A la regió de la Toscana es va observar un deteriorament de les capçades de faig i pi pinyer degut a la disminució de la precipitació mitjana anual, especialment a les zones amb sòls prims i pendents forts. (Ref. 3)

15. Es suggereix una interacció entre el dany als arbres i diversos factors d'estrès diferents, alguns dels quals semblen vinculats a les condicions locals (exposició, treballs silvícoles, fertilitat del sòl, etc); mentre que d'altres estan connectats amb paràmetres ambientals com la precipitació. (Ref. 3)

16. El 1991 un incendi al Parc Natural de la Tejera Negra, a Guadalajara, va cremar faig i pi roig. Dos anys després del foc el percentatge de recobriment vegetal era similar a les parcel·les cremades i a les control, no obstant el faig havia estat substituït per la ginesta. (Ref. 11)

17. Els insectes defoliadors i xucladors són els dos grups que causen danys més importants a les fagedes. Una densitat de peus massa elevada és un dels factors que ajuden més a la proliferació d'aquestes plagues un cop s'ha produït el focus. (Ref. 10)

18. *Els xancre i l'oïdi són dues de les malures més importants que poden patir els faigs ja que la seva escorça fina i l'ambient humit en què viuen els fan propensos a l'atac de diversos tipus de fong.* (Ref. 10)

REGENERACIÓ

19. En un estudi fet al Montseny, el percentatge d'individus joves de faig a les parts més baixes és només de la meitat que la de les parts mitja i alta del vessant (Ref. 20)

20. El faig a les parts més altes de la seva distribució al massís del Montseny, ha guanyat densitat i s'ha desplaçat muntanya amunt amb l'establiment de nous arbres vigorosos. (Ref. 20)

21. En una fageda cremada, els plançons post-incendi de faig rarament estan barrejats amb altres espècies. (Ref. 27)

22. L'alta humitat del sòl, la precipitació i l'alta temperatura durant l'estació de creixement incrementen la densitat de plançons, mentre que les gelades de primavera i de tardor la fan disminuir. (Ref. 26)

23. *La producció de fruits incrementa en peus que tenen mostres de degradació de la capçada. L'augment de l'assignació per a la reproducció podria ser una estratègia del faig per fer front a les limitacions ecològiques que tendeixen a limitar el seu establiment.* (Ref. 26)

24. Els plançons de les clarianes sobreviuen millor que els situats al sotabosc, independentment de la disponibilitat d'aigua. (Ref. 23)

25. La intensificació de la sequera estival podria impedir l'establiment de plançons en el sotabosc, a causa de l'incapacitat dels plançons per suportar simultàniament l'estrès hídric i la tolerància a l'ombra. (Ref. 23)

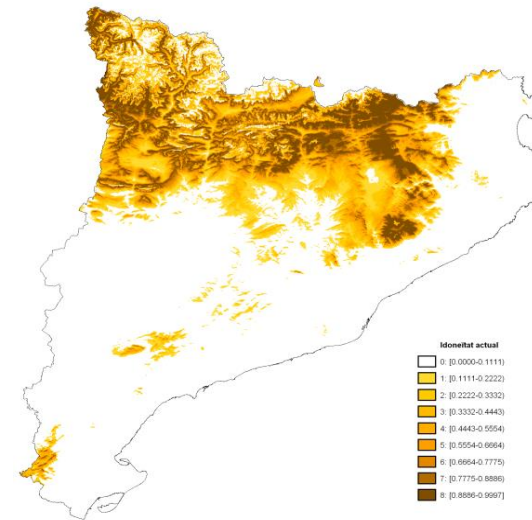
Els apartats de **DISTRIBUCIÓ** i **VULNERABILITAT** no estan representats al quadre resum dels impactes observats. Les cites de la bibliografia que hi fan referència es presenten a continuació.

DISTRIBUCIÓ

- El canvi climàtic pot conduir a una **reducció dràstica del faig** i el roure de fulla gran en els llocs macroclimàticament poc adequats. (Ref. 6)
- L'augment de les temperatures pot donar lloc a una ràpida disminució en el creixement de les poblacions d'altituds més baixes i un conseqüent retrocés de la distribució del faig al sud d'Europa. (Ref. 13)
- La distribució geogràfica del faig depèn de la seva tolerància a la sequera estival a les parts més baixes i a les gelades a l'hivern a les parts més altes. (Ref. 17)
- El faig no té una estratègia efectiva de conservació de l'aigua i això es reflecteix en la seva distribució. En ambients secs hi ha un risc per la supervivència de les poblacions de faig en condicions de temperatures extremes. (Ref. 28)
- Els boscos de faig estan sent substituïts per alzinars mediterranis, probablement com a conseqüència de l'escalfament. (Ref. 20)
- La temperatura i les precipitacions a la primavera són les principals variables que determinen la distribució dels faigs afectats per la sequera. (Ref. 6)

ATLES DE IDONEÏTAT TOPO-CLIMÀTICA DEL FAIG:

IDONEÏTAT ACTUAL:



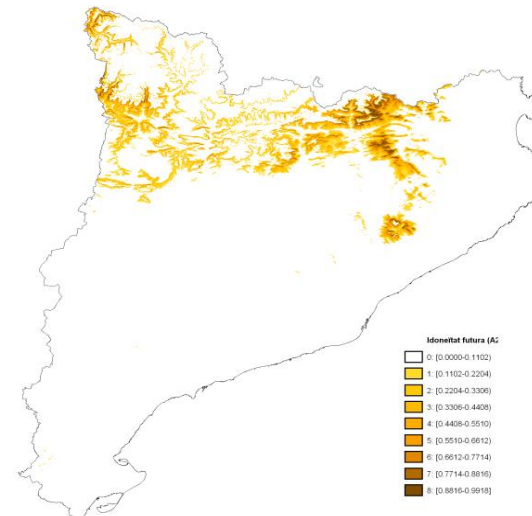
Mapa de idoneïtat actual del faig. Font: Ninyerola *et al.* 2009

El grau d'adequació a les condicions climàtiques i topogràfiques del faig pel període 1950-1998 representa la seva idoneïtat actual. Els colors foscos indiquen més idoneïtat (conjunt de condicions topogràfiques i climàtiques en què una espècie viu actualment) i els clars menys o gens (blanc).

La superfície indicada a la taula són les hectàrees on el faig té una idoneïtat climàtica del 50% o superior i el % que representa respecte la superfície total de Catalunya tant en l'actualitat com en l'escenari futur A2.

	Actual	A2
Sup. (ha)	633.936	70.568
%	19,6	2,2

IDONEÏTAT PROJECTADA (ESCENARI A2):



Mapa de idoneïtat projectada (escenari A2) del faig. Font: Ninyerola *et al.* 2009

Grau d'adequació a les condicions climàtiques i topogràfiques del faig pel període 2050-2080, que representa la seva idoneïtat projectada per l'escenari A2.

ACCIONS PREVENTIVES:

- Els faigs responen ràpidament a les aclarides augmentant la seva productivitat. (Ref. 5)
- Un interval de 15 anys és el que es considera òptim entre aclarides moderades i intenses en una fageda. (Ref. 5)
- En un experiment al camp, el percentatge de colonització dels fongs micorizífics arbusculars (*veure Glossari*) va ser superior en la parcel·la talada més recentment. En canvi, en el bosc no gestionat aquest percentatge es va mantenir. (Ref. 4)
- Una densitat de peus massa elevada és un dels factors que ajuden més a la proliferació de plagues de defoliadors i xucladors un cop s'ha produït el focus. (Ref. 10)

ACCIONS CORRECTIVES:

NO S'HA TROBAT INFORMACIÓ

- (1) Biondi, F. Climatic signals in tree-rings of *Fagus Sylvatica* from the Central Apennines, Italy. ACTA OECOLOGICA-INTERNATIONAL JOURNAL OF ECOLOGY Volume: 14 Issue: 1 Pages: 57-71 Published: 1993
- (2) Buczko, U; Bens, O; Fischer, H; et al. Water repellency in sandy luvisols under different forest transformation stages in northeast Germany. GEODERMA Volume: 109 Issue: 1-2 Pages: 1-18 Article Number: PII S0016-7061(02)00137-4 DOI: 10.1016/S0016-7061(02)00137-4 Published: SEP 2002
- (3) Bussotti, F; Cenni, E; Ferrettil, M; et al. Forest condition in Tuscany (Central Italy) – Field Surveys 1987-1991 FORESTRY Volume: 68 Issue: 1 Pages: 11-24 DOI: 10.1093/forestry/68.1.11 Published: 1995
- (4) Closa, I.; Goicoechea, N. Ineffectivity of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Naturally Regenerating, Unmanaged and Clear-Cut Beech Forests. PEDOSPHERE Volume: 21 Issue: 1 Pages: 65-74 DOI: 10.1016/S1002-0160(10)60080-X Published: FEB 2011
- (5) Cutini, Andrea; Chianucci, Francesco; Giannini, Tessa. Effect of the silvicultural treatment on canopy properties, litter and seed production in beech coppices under conversion to high forest. Annali dell'Istituto Sperimentale per la Selvicoltura Volume: 36 Pages: 109-123 Published: 2009-2010
- (6) Czucz, Balint; Galhidy, Laszlo; Matyas, Csaba. Present and forecasted xeric climatic limits of beech and sessile oak distribution at low altitudes in Central Europe. ANNALS OF FOREST SCIENCE Volume: 68 Issue: 1 Pages: 99-108 DOI: 10.1007/s13595-011-0011-4 Published: JAN 2011
- (7) Di Filippo, Alfredo; Biondi, Franco; Cufar, Katarina; et al. Bioclimatology of beech (*Fagus sylvatica* L.) in the Eastern Alps: spatial and altitudinal climatic signals identified through a tree-ring network. JOURNAL OF BIOGEOGRAPHY Volume: 34 Issue: 11 Pages: 1873-1892 DOI: 10.1111/j.1365-2699.2007.01747.x Published: NOV 2007
- (8) Fotelli, Mariangela N.; Nahm, Michael; Radoglou, Kalliopi; et al. Seasonal and interannual ecophysiological responses of beech (*Fagus sylvatica*) at its south-eastern distribution limit in Europe. FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT Volume: 257 Issue: 3 Pages: 1157-1164 DOI: 10.1016/j.foreco.2008.11.026 Published: FEB 10 2009
- (9) Garcia-Plazaola, Jose Ignacio; Esteban, Raquel; Hormaetxe, Koldobika; et al. Photoprotective responses of Mediterranean and Atlantic trees to the extreme heat-wave of summer 2003 in Southwestern Europe. TREES-STRUCTURE AND FUNCTION Volume: 22 Issue: 3 Pages: 385-392 DOI: 10.1007/s00468-007-0199-y Published: JUN 2008
- (10) Gracia, M., Ordóñez, JL. (eds.) (2009). *Els alzinars*. (2010). *Les pinedes de pi blanc* (2011). *Les pinedes de pinassa* (2011). *Les pinedes de pi riog* (2011). *Les pinedes de pi negre* (2012). *Les pinedes de pi pinyer* (2013). *Les fagedes* (2013). Manuals de gestió d'hàbitats. Diputació de Barcelona.
- (11) Herranz, JM; MartinezSanchez, JJ; DeLasHeras, J; et al. Title: Stages of plant succession in *Fagus sylvatica* L and *Pinus sylvestris* L Forests of Tejera Negra Natural Park (Central Spain), three years after fire. ISRAEL JOURNAL OF PLANT SCIENCES Volume: 44 Issue: 4 Pages: 347-358 Published: 1996
- (12) Hunter, I; Schuck, A. Increasing forest growth in Europe - possible causes and implications for sustainable forest management. International Conference n Forest Ecosystems: Ecology Conservation and Sustainable. Management Location: CHENGDU, PEOPLES R CHINA Date: AUG 15-21, 2000. PLANT BIOSYSTEMS Volume: 136 Issue: 2 Pages: 133-141 DOI: PLANT BIOSYSTEMS Volume: 136 Issue: 2 Pages: 133-141 DOI: 10.1080/11263500212331351039 Published: 2002
- (13) Jump, Alistair S.; Hunt, Jenny M.; Penuelas, Josep. Rapid climate change-related growth decline at the southern range edge of *Fagus sylvatica*. GLOBAL CHANGE BIOLOGY Volume: 12 Issue: 11 Pages: 2163-2174 DOI: 10.1111/j.1365-2486.2006.01250.x Published: NOV 2006
- (14) Lebourgeois, Francois; Merian, Pierre; Courdier, Florence; et al. The response to climate and its variations of silver fir, beech, black, scots and mountain pine in the Mediterranean mountains during the 20th Century. Revue Forestiere Francaise (Nancy) Volume: 64 Issue: 2 Pages: 107-126 Published: MAR-APR 2012
- (15) Lindner, Marcus; Maroschek, Michael; Netherer, Sigrid; et al. Climate change impacts, adaptive capacity, and vulnerability of European forest ecosystems. Conference on Adaptation of Forests and Forest Management to Changing Climate with Emphasis on Forest Health Location: Umea, SWEDEN Date: AUG 25-28, 2008 FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT Volume: 259 Issue: 4 Special Issue: SI Pages: 698-709 DOI: 10.1016/j.foreco.2009.09.023 Published: FEB 5 2010
- (16) Lloret, F.; Lobo, A.; Estevan, H.; et al. Woody plant richness and NDVI response to drought events in Catalanian (northeastern Spain) forests. ECOLOGY Volume: 88 Issue: 9 Pages: 2270-2279 DOI: 10.1890/06-1195.1 Published: SEP 2007
- (17) Maxime, Cailleret; Hendrik, Davi. Effects of climate on diameter growth of co-occurring *Fagus sylvatica* and *Abies alba* along an altitudinal gradient. TREES-STRUCTURE AND FUNCTION Volume: 25 Issue: 2 Pages: 265-276 DOI: 10.1007/s00468-010-0503-0 Published: APR 2011
- (18) Nahm, M; Radoglou, K; Halyvopoulos, G; et al. Physiological performance of beech (*Fagus sylvatica* L.) at its southeastern distribution limit in Europe: Seasonal changes in nitrogen, carbon and water balance. PLANT BIOLOGY Volume: 8 Issue: 1 Pages: 52-63 DOI: 10.1055/s-2005-872988 Published: JAN 2006
- (19) Penuelas, Josep; Hunt, Jenny M.; Ogaya, Roma; et al. Twentieth century changes of tree-ring delta C-13 at the southern range-edge of *Fagus sylvatica*: increasing water-use efficiency does not avoid the growth decline induced by warming at low altitudes. GLOBAL CHANGE BIOLOGY Volume: 14 Issue: 5 Pages: 1076-1088 DOI: 10.1111/j.1365-2486.2008.01563.x Published: MAY 2008
- (20) Penuelas, Josep; Ogaya, Roma; Boada, Marti; et al. Migration, invasion and decline: changes in recruitment and forest structure in a warming-linked shift of European beech forest in Catalonia (NE Spain). ECOGRAPHY Volume: 30 Issue: 6 Pages: 829-837 DOI: 10.1111/j.2007.0906-7590.05247.x Published: DEC 2007
- (21) Piovesan, Gianluca; Biondi, Franco; Di Filippo, Alfredo; et al. Drought-driven growth reduction in old beech (*Fagus sylvatica* L.) forests of the central Apennines, Italy. GLOBAL CHANGE BIOLOGY Volume: 14 Issue: 6 Pages: 1265-1281 DOI: 10.1111/j.1365-2486.2008.01570.x Published: JUN 2008,
- (22) Piovesan, G; Schirone, B. Winter North Atlantic oscillation effects on the tree rings of the Italian beech (*Fagus sylvatica* L.) : INTERNATIONAL JOURNAL OF BIOMETEOROLOGY Volume: 44 Issue: 3 Pages: 121-127 DOI: 10.1007/s004840000055 Published: SEP 2000
- (23) Robson, T. Matthew; Rodriguez-Calcerrada, Jesus; Sanchez-Gomez, David; et al. Summer drought impedes beech seedling performance more in a sub-Mediterranean forest understory than in small gaps. TREE PHYSIOLOGY Volume: 29 Issue: 2 Pages: 249-259 DOI: 10.1093/treephys/tpn023 Published: FEB 2009

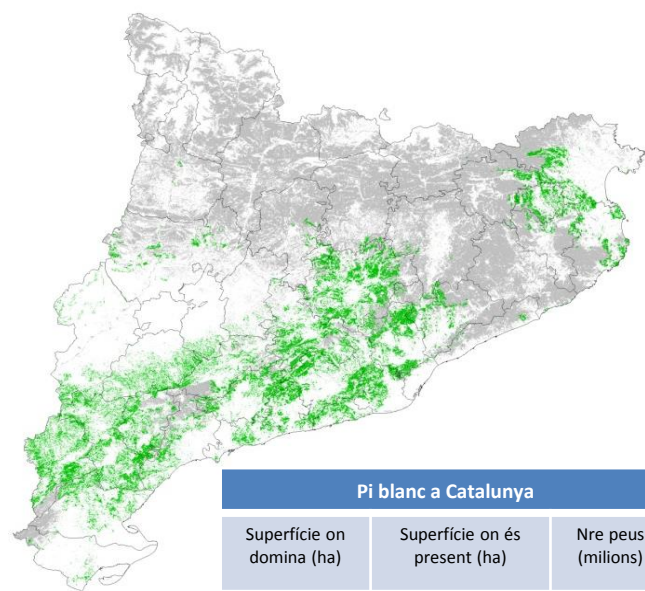
- (24) Rodriguez-Calcerrada, Jesus; Atkin, Owen K.; Matthew Robson, T.; et al. Thermal acclimation of leaf dark respiration of beech seedlings experiencing summer drought in high and low light environments. *TREE PHYSIOLOGY* Volume: 30 Issue: 2 Pages: 214-224 DOI: 10.1093/treephys/tpp104 Published: FEB 2010
- (25) Sabate, S; Gracia, CA; Sanchez, A. Likely effects of climate change on growth of *Quercus ilex*, *Pinus halepensis*, *Pinus pinaster*, *Pinus sylvestris* and *Fagus sylvatica* forests in the Mediterranean region. International Workshop on National and Regional Climate Change Impact Assessments in the Forestry Sector Location: WENDDOCHE, GERMANY Date: NOV 10-13, 1999. *FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT* Volume: 162 Issue: 1 Pages: 23-37 Article Number: PII S0378-1127(02)00048-8 DOI: 10.1016/S0378-1127(02)00048-8 Published: JUN 1 2002
- (26) Silva, D. E.; Mazzella, P. Rezende; Legay, M.; et al. Does natural regeneration determine the limit of European beech distribution under climatic stress? *FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT* Volume: 266 Pages: 263-272 DOI: 10.1016/j.foreco.2011.11.031 Published: FEB 15 2012
- (27) van Gils, Hein; Odoi, Justice O.; Andrisano, Teodoro. From monospecific to mixed forest after fire? An early forecast for the montane belt of Majella, Italy. *FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT* Volume: 259 Issue: 3 Pages: 433-439 DOI: 10.1016/j.foreco.2009.10.040 Published: JAN 25 2010
- (28) Vitale, Marcello; Mancini, Marco; Matteucci, Giorgio; et al. Model-based assessment of ecological adaptations of three forest tree species growing in Italy and impact on carbon and water balance at national scale under current and future climate scenarios. *IFOREST-BIOGEOSCIENCES AND FORESTRY* Volume: 5 Pages: 235-246 DOI: 10.3832/ifor0634-005 Published: OCT 24 2012

Pi blanc (*Pinus halepensis*)

Distribució de pi blanc a Catalunya

El pi blanc es troba en bona part al litoral mediterrani i s'estén cap als llocs més baixos i càlids de la Catalunya central i de la Vall de l'Ebre.

FONT: Mapa de Coberbés del Sòl de Catalunya. MCSC2005



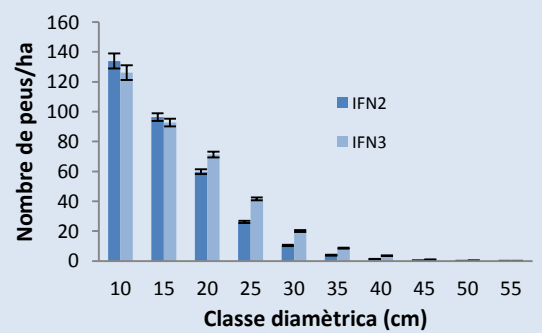
Pi blanc a Catalunya		
Superfície on domina (ha)	Superfície on és present (ha)	Nre peus (milions)
300 913	393 184	124,4

La superfície on l'espècie és present ha estat corregida pel factor resultant de dividir MCSC dominant/ IFN3 dominant per tal d'homogeneïtzar les dues fonts. FONTS: IFN3 i MCSC2005

Estructura de la població de pi blanc

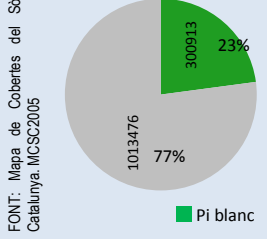
Els boscos de pi blanc són joves i densos, amb molts peus per hectàrea i majoritàriament per sota els 20 cm de classe diamètrica.

FONT: Inventari Forestal Nacional 2 i 3 (IFN2 i IFN3)



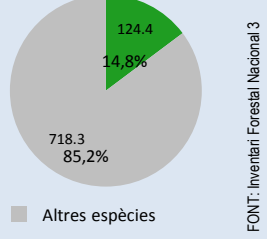
Distribució i estructura

Superfície (ha)



El pi blanc cobreix un 23% de la superfície total dels boscos de Catalunya. En canvi, en nombre de peus representa un 14,7%.

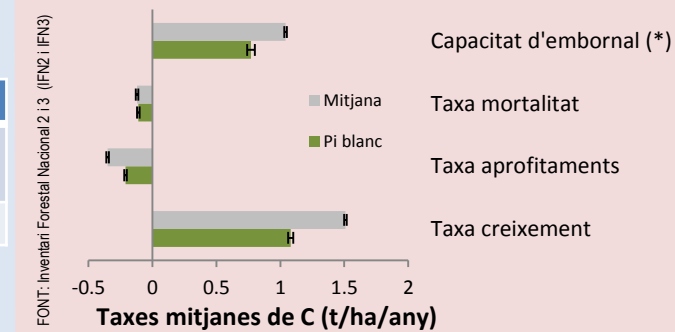
Nre. peus (milions)



Es comptabilitzen els peus de més de 7,5 cm de diàmetre normal.

Taxes mitjanes de carboni (C)

La capacitat d'embornal mitjana del pi blanc entre 1990 i 2000 és de **0.77 t C/ha/any**.

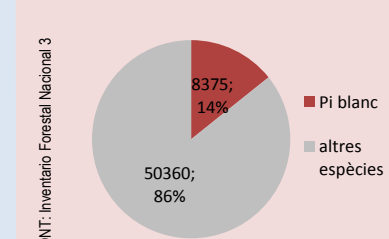


(* La capacitat d'embornal anual de C és la resta entre la taxa de creixement menys la taxa de mortalitat i la d'aprofitaments (en tones de C/ha/any).

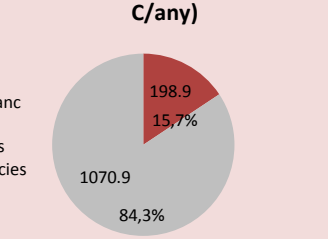
Estocs i embornals de carboni (C) absoluts

L'estoc absolut de C dels boscos de pi blanc sumen uns **8,3 milions t C** (tones de carboni). La capacitat d'embornal d'aquests boscos és de **198,9 milers t C/any**.

Estoc absolut (x1000 t C)



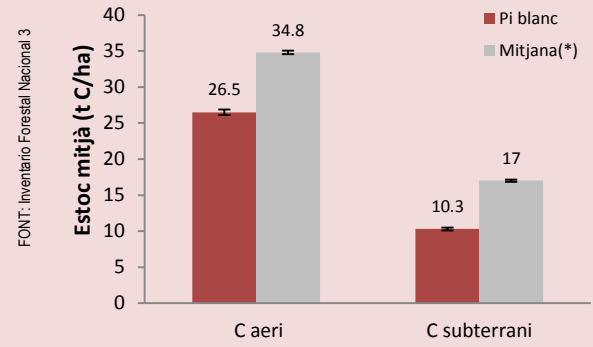
Capacitat d'embornal (x1000 t C/any)



Estoc i embornal de carboni

Estocs de carboni (C) mitjà

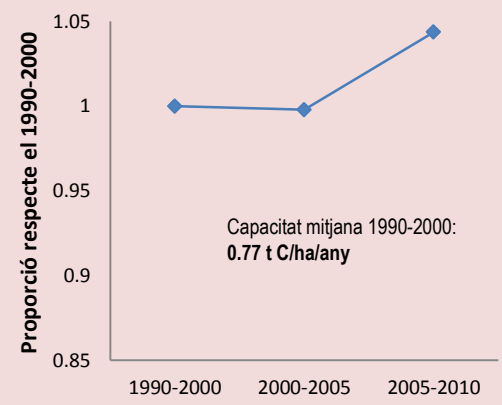
Les pinedes de pi blanc emmagatzemen menys tones de C/ha que la mitjana de les altres espècies, tant pel que fa al C aeri com el C subterrani.



(* La mitjana està calculada amb dades de totes les espècies de Catalunya.

Canvi en la capacitat d'embornal

Respecte l'interval de referència (1990-2000) els boscos de pi blanc van incrementar de mitjana la seva capacitat d'embornal a d'interval 2005-2010.



Proporció de la capacitat d'embornal respecte el període de referència (1990-2000)

Els valors s'han obtingut ajustant un model estadístic amb la informació de les parcel·les de mostreig dels dos IFN pel conjunt de coníferes i dels planifolis tenint en compte l'efecte de l'estructura del bosc, dades climàtiques i la tendència de la temperatura entre IFNs.

Efecte de la SEQUERA sobre:

Sense factors addicionals

Creixement 9, 10 Mortalitat Regeneració

Amb FACTORS ADDICIONALS

Modificació de l'efecte:

Més altitud

Menys precipitació

Més temperatura

Més competència

Arbres de mida gran

Més reserva de carboni als arbres

Més erosió

Sòls més prims i compactes

Topografia adversa (*)

1, 2, 3, 5, 6

16

2

1

5

5

Llegenda

Sense factors addicionals

Amb factors addicionals

Efecte lleu

Alleugereix l'efecte

Efecte moderat

No canvia l'efecte

Efecte greu

Agreuja l'efecte

Efecte molt greu

Agreuja molt l'efecte

Efecte de cada pertorbació (sequera, incendis, plagues) sobre cada variable (creixement, mortalitat, regeneració), com a resultat directe, o de la interacció de dues pertorbacions, o de l'addició d'altres factors (més altitud, més precipitació, ...).

Els números fan referència a les cites procedents de la bibliografia científica. Si no hi ha cap número, vol dir que no hi ha informació al respecte.

Regen. 16

Creixement Mortalitat Regeneració

(**)15,17,19,21,34,35,37

8

23,24 (**)

Modificació de l'efecte:

Sense factors addicionals

FACTORS ADDICIONALS

Més altitud

Menys precipitació

Més temperatura

Més competència

Arbres de mida gran

Més reserva de carboni als arbres

Més erosió

Sòls més prims i compactes

Topografia adversa (*)

Creixement Mortalitat Regeneració

Modificació de l'efecte:

Sense factors addicionals

FACTORS ADDICIONALS

Més altitud

Menys precipitació

Més temperatura

Més competència

Arbres de mida gran

Més reserva de carboni als arbres

Més erosió

Sòls més prims i compactes

Topografia adversa (*)

11

11

11, 12

11, 12

11, 12

11, 12

13

13

26, 31

33 30 16, 34

20, 22

25, 28, 29

26, 29, 30

Efecte dels INCENDIS sobre:

Efecte de les PLAGUES sobre:

(*) Topografia adversa fa referència a: pendents pronunciats, orientació sud, posició alta al vessant, carenes, etc. que disminueixen la disponibilitat d'aigua.

CREIXEMENT

1. Una reducció de la precipitació d'hivern i de primavera portaria a una reducció del creixement radial, ja que en depèn directament i, de forma indirecta, també reduiria l'absorció de C. Aquesta reducció seria una causa plausible del decaïment dels boscos. (Ref. 46, 56, 45, 55)
2. El creixement del pi blanc, tant en boscos tancats com oberts, està relacionat amb la precipitació anual. Per això en repoblacions molt denses la competència per l'aigua és major i els creixements són menors. (Ref. 36)
3. A les zones d'ambients més secs el pi blanc va mostrar una forta reducció del creixement degut a les sequeres del 1994-1995, 1999, 2005. (Ref. 55)
4. L'escalfament tendeix a augmentar les taxes de fotosíntesi del pi blanc durant les estacions fredes, quan les baixes temperatures són el factor limitant. (Ref. 50)
5. La humitat del sòl es relaciona positivament amb les taxes de fotosíntesi. (Ref. 50)
6. Als boscos mediterranis, el NDVI (*veure Glossari*) del pi blanc va disminuir durant la sequera de l'estiu del 2003. (Ref. 29)
7. L'ozó i l'estrès hídric redueixen les taxes d'intercanvi de gasos. (Ref. 27)
8. A les àrees cremades dues vegades (intervalls menors de 16 anys) es va observar un menor creixement en altura i en diàmetre dels pins que regeneren després del foc, així com: un retard de 3 anys en l'inici de la reproducció, una reducció del 52% en el nombre de pins reproductius i unes pinyes un 36% més petites de mitjana. Tot plegat porta a una simplificació estructural del bosc. (Ref. 15, 18, 17)

MORTALITAT

9. El pi blanc té mecanismes d'estalvi d'aigua per fer front a la sequera. En resposta a l'estrès hídric mostra un ràpid augment de l'eficiència en l'ús de l'aigua i augmenta la seva disponibilitat gràcies a la penetració de les arrels a capes profundes. (Ref. 9, 20, 51)
10. En resposta a l'estrès hídric del migdia, el pi blanc mostra un marcat tancament dels estomes la qual cosa li permet mantenir el potencial hídric estable. (Ref. 32)
11. La processonària (*Thaumetopoea pityocampa*) és una plaga de les espècies de pi, relacionada amb els índexs NAO (*veure Glossari*), que afecta més greument a les espècies que viuen en altituds mitjanes-altes. Un episodi de NAO negatiu porta a temperatures lleus i condicions d'humitat, que afavoreixen la processonària. (Ref. 25)
12. Fins a 3 anys després d'un episodi NAO (*veure Glossari*) negatiu es poden observar episodis de defoliacions degudes a la processonària. (Ref. 25)
13. S'han detectat danys produïts per espècies de diversos defoliadors (*Pachyrhinus*) en pins joves. (Ref. 22)
14. Els escarabats defoliadors (*Coleoptera, Curculionidae*) mengen, preferentment, les agulles de la temporada anterior. (Ref. 22)
15. El pi blanc és una espècie adaptada als hàbitats propensos al foc i que s'usa freqüentment per reforestacions i restauracions, degut a què mostra cert grau d'adaptació als incendis, amb estratègies com la regeneració natural després del foc. (Ref. 42, 41, 40, 39, 4, 53, 52)

REGENERACIÓ

16. Una sequera prolongada dificulta la recolonització de les zones cremades per part de les espècies germinadores com ara el pi blanc. (Ref. 33)
17. El pi blanc té pinyes serotines que protegeixen les llavors dels danys del foc aïllant-les tèrmicament i afavorint la obertura després del foc per tal que s'alliberin els pinyons. (Ref. 42, 58)
18. *Tant els valors de NDVI (veure Glossari) com l'estructura espacial dels boscos de pi blanc han tendit a recuperar-se entre 1997 i 2007 després dels extensos incendis del 1995.* (Ref. 60)
19. L'elevada regeneració del pi blanc va ser el patró dominant en l'àrea d'estudi (un bosc de pi blanc de Montes de Castejón, a la depressió de l'Ebre), on més d'un 70% de l'àrea cremada va tendir a recobrar les condicions d'abans del foc. (Ref. 60)
20. L'alta densitat de plàntules a les àrees regenerades produeix una elevada competència intraespecífica, que podria fer disminuir la producció de pinyes per pi i que, en cas d'un eventual nou incendi, faria insuficient la quantitat de llavors emmagatzemades per una nova recolonització. (Ref. 40)
21. El pi blanc és una espècie que es reproduïx molt aviat (5-7 anys) i que assigna molts recursos per la producció de llavors que s'acumulen a la capçada. Això permet assegurar una regeneració natural davant de futures noves pertorbacions (com ara un nou incendi) i redueix el risc d'imaduresa. (Ref. 40, 44)
22. El nombre d'arbres reproductius en pinedes joves (regeneracions) és major a les zones menys denses, on es van dur a terme aclarides, a més a més la producció de pinyes per individu va ser més alta en aquestes zones a causa de la menor competència per l'aigua, la llum i les nutrients. (Ref. 37)
23. Els rosegadors són els principals depredadors de llavors de pi blanc a les zones cremades. (Ref. 6)
24. Un tercer foc a les àrees ja cremades podria limitar greument la regeneració natural del pi blanc. (Ref. 15)
25. L'alta recurrència de focs promou un fort augment dels rodals de pins joves i immadurs, amb poca capacitat de regeneració i un elevat risc d'imaduresa. (Ref. 13)
26. L'elevació és l'única variable topogràfica significativa que determina canvis en la composició del bosc després del foc. Vint anys després del foc s'han trobat regeneracions de pi blanc limitades, especialment per sobre dels 1000 m. (Ref. 4)
27. *El reclutament de plançons es dona just després del foc, tant a les zones cremades una com dues vegades; però la densitat és menor en aquestes darreres.* (Ref. 18)
28. A partir dels 5 anys els pins ja comencen a fer pinyes, però els intervals de foc de 15 anys es consideren el mínim de temps requerit pel pi blanc per poder-se recuperar després d'un foc, ja que és el temps que triguen a tenir un banc de llavors que pugui reduir el risc d'imaduresa. (Ref. 18, 58)
29. Deu anys després del foc, la regeneració va variar entre 0.006 pins/m² a 20.4 pins/m². La regeneració més alta es va observar en boscos amb moltes branques a terra, que creen condicions microclimàtiques adients, als pendents nord, allà on l'àrea basal prèvia era gran i a les zones aterassades. (Ref. 48)

30. Algun estudi indica que les variables de precipitació anual i pendent van tenir poca importància pel que fa a la regeneració.(62) En canvi, d'altres suggereixen que els pendents pronunciats i les exposicions molt assolllades duen a regeneracions molt baixes o nul·les. (Ref. 11)
31. Tant la densitat de plàntules de regeneració de pi blanc, com la seva alçada mitjana, van disminuir amb l'altitud. La severitat del del foc també va afectar a l'alçada mitjana de les plàntules. (Ref. 5)
32. La regeneració del pi blanc després del foc depèn totalment del banc de llavors que tingui emmagatzemada a la capçada. (Ref. 44)
33. L'alliberament de les llavors és induït, ja sigui pel foc o per condicions d'humitat ambiental baixa. En el primer cas, recorren distàncies curtes: < 30m; mentre que en el segon cas, el vent les pot disseminar fins 1km. (Ref. 43)
34. Després del foc s'observa una regeneració natural a causa de la pluja de llavors, que maduren durant els primers dies després de l'incendi. L'emergència de plàntules es concentra a la tardor-hivern del primer any i depèn de la precipitació després de l'incendi. (Ref. 11, 19, 33)
35. Les espècies que mantenen els pinyons dins les pinyes (com el pi blanc) tenen majors percentatges de germinació que els que tenen les llavors lliures, ja que les protegeixen de les altes temperatures. (Ref. 23)
36. El percentatge de germinació disminueix quan el temps d'exposició al foc i la temperatura augmenten. (Ref. 23)
37. *Pinus halepensis* té taxes de germinació majors que *Pinus sylvestris* i que *Pinus nigra*. La seva germinació després del foc ve del banc de llavors del sòl o de la capçada, però mai de les llavors de la superfície del sòl. (Ref. 23)

Els apartats de **DISTRIBUCIÓ** i **VULNERABILITAT** no estan representats al quadre resum dels impactes observats. Les cites de la bibliografia que hi fan referència es presenten a continuació.

DISTRIBUCIÓ

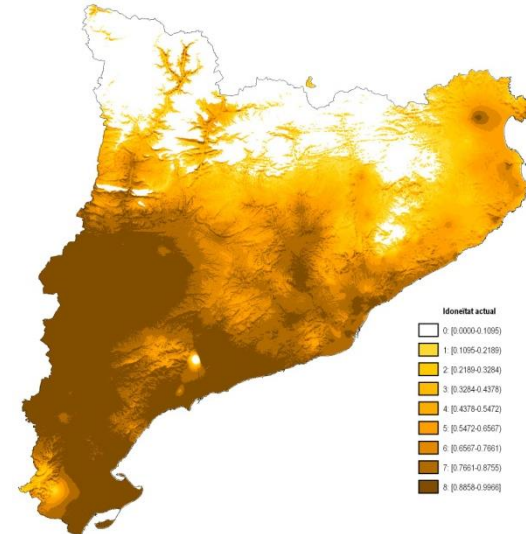
- Vint anys després de *successius* incendis de pi blanc i pinastre, la població de pi blanc disminueix i augmenten els matolls, de manera que la resiliència de l'ecosistema forestal pot ser molt baixa. (Ref. 3, 16, 17)
- Les parcel·les de pi blanc i alzines cremades més severament (arbres morts amb només alguna branca viva al capdamunt de la capçada) han canviat cap a bosc mixt o cap a matollars. (Ref. 4)
- És d'esperar que els règims d'incendis a la conca Mediterrània augmentin la seva recurrència, fet que pot comportar canvis dràstics en la distribució de boscos de pi blanc. (Ref. 18)

ALTRES

- Espècies pioneres com el pi blanc poden acumular grans quantitats de biomassa morta en peu i així promoure el foc a les primeres etapes de la successió. (Ref. 2)
- Els nivells més alts de seròtina (*veure Glossari*) es van registrar als vessants sud. (Ref. 37)
- Les taxes d'erosió observades després d'un incendis són relativament altes, especialment en condicions de focs severos. (Ref. 47)
- Moltes de les espècies de plagues forestals depenen fortament de la temperatura en les seves dinàmiques. (Ref. 25)
- L'estiu de 1994 es van cremar a l'est d'Espanya més de 100 000 ha de bosc de pi blanc (Ref. 39)

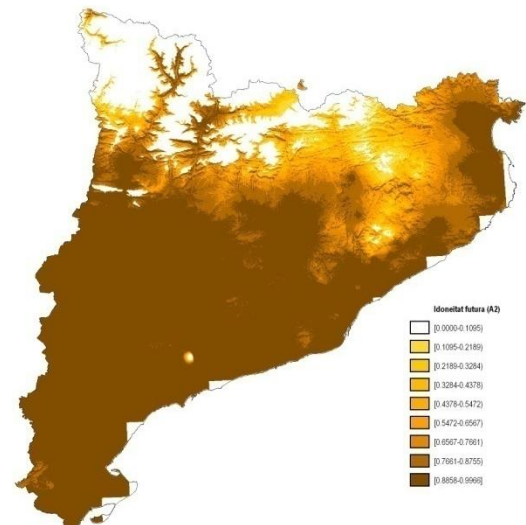
ATLES DE IDONEÏTAT TOPO-CLIMÀTICA DEL PI BLANC:

IDONEÏTAT ACTUAL:



Mapa de idoneïtat actual del pi blanc. Font: Ninyerola *et al.* 2009

IDONEÏTAT PROJECTADA (ESCENARI A2):



Mapa de idoneïtat projectada (escenari A2) del pi blanc. Font: Ninyerola *et al.* 2009

El grau d'adequació a les condicions climàtiques i topogràfiques del pi blanc pel període 1950-1998 representa la seva idoneïtat actual. Els colors foscos indiquen més idoneïtat (conjunt de condicions topogràfiques i climàtiques en què una espècie viu actualment) i els clars menys o gens (blanc).

La superfície indicada a la taula són les hectàrees on el pi blanc té una idoneïtat climàtica del 50% o superior i el % que representa respecte la superfície total de Catalunya tant en l'actualitat com en l'escenari futur A2.

	Actual	A2
Sup. (ha)	1.958.140	2.544.832
%	60,7	79

Actualment podriem trobar pinedes de pi blanc en un 60,7% de la superfície de Catalunya segons les variables topo-climàtiques. Amb l'escenari A2 aquest percentatge arribaria a pujar fins un 79%.

Grau d'adequació a les condicions climàtiques i topogràfiques del pi blanc pel període 2050-2080, que representa la seva idoneïtat projectada per l'escenari A2.

ACCIONS PREVENTIVES:

- S'han trobat diferències en el percentatge de defoliació segons el tractament silvícola: com més intens va ser el tractament, major era el percentatge de defoliació registrat. (Ref. 22)
- Una bona política de gestió silvícola millora el creixement, els processos reproductius, avança l'edat de maduresa i augmenta el banc de llavors i de pinyes serotines. Per tant redueix el risc d'immaduresa front una nova pertorbació. Les aclarides com a eina de gestió silvícola poden mitigar els impactes negatius de l'escalfament climàtic. (Ref. 55, 39, 13)
- L'aclarida 5 i 10 anys després del foc va millorar el creixement i la quantitat de llavors emmagatzemades a la capçada, fent que la regeneració sigui més reeixida i va dur a nivells de biodiversitat similars a les estacions madures. (Ref. 41)
- Les parcel·les aclarides mostren un augment en el percentatge de pins que produeixen pinyes per primer cop (50,4% respecte el 13,3% a les parcel·les control); escurcen el període no reproductiu, així com augmenten del nombre de pinyes per pi. (Ref. 61)
- Les tradicionals pràctiques d'extracció de fusta no amenacen la regeneració del pi blanc, sempre i quan la densitat inicial de les plàntules sigui prou gran. (Ref. 33)
- Els tractaments silvícoles no van afectar significativament la fauna. (Ref. 41)
- Malgrat l'efecte negatiu de l'extracció de fusta a la supervivència de l'arbre jove, la densitat de plàntules 4 anys després d'un incendi a l'àrea aclarida era gran: de 3,3 plantes/m². (Ref. 33)
- La retirada de la fusta va reduir el creixement dels plançons: l'alçada va ser significativament més alta a les parcel·les de control. (Ref. 33)
- La densitat de plàntules va disminuir de 0.66 plàntules/m² als 9 mesos a 0.24 plàntules/m² als 39 mesos després del foc. (Ref. 24)

ACCIONS CORRECTIVES:

NO S'HA TROBAT INFORMACIÓ

- (1) Alvarez, Albert; Gracia, Marc; Vayreda, Jordi; et al. Patterns of fuel types and crown fire potential in *Pinus halepensis* forests in the Western Mediterranean Basin. *FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT* Volume: 270 Pages: 282-290 DOI: 10.1016/j.foreco.2011.01.039 Published: APR 15 2012
- (2) Baeza, M. J.; Santana, V. M.; Pausas, J. G.; et al. Successional trends in standing dead biomass in Mediterranean basin species. *JOURNAL OF VEGETATION SCIENCE* Volume: 22 Issue: 3 Pages: 467-474 DOI: 10.1111/j.1654-1103.2011.01262.x Published: JUN 2011
- (3) Baeza, M. J.; Valdecantos, A.; Alloza, J. A.; et al. Human disturbance and environmental factors as drivers of long-term post-fire regeneration patterns in Mediterranean forests. *JOURNAL OF VEGETATION SCIENCE* Volume: 18 Issue: 2 Pages: 243-252 DOI: 10.1111/j.1654-1103.2007.tb02535.x Published: APR 2007
- (4) Broncano, MJ; Retana, J; Rodrigo, A. Predicting the recovery of *Pinus halepensis* and *Quercus ilex* forests after a large wildfire in northeastern Spain. *PLANT ECOLOGY* Volume: 180 Issue: 1 Pages: 47-56 DOI: 10.1007/s11258-005-0974-z Published: SEP 2005
- (5) Broncano, MJ; Retana, J. Topography and forest composition affecting the variability in fire severity and post-fire regeneration occurring after a large fire in the Mediterranean basin. *INTERNATIONAL JOURNAL OF WILDLAND FIRE* Volume: 13 Issue: 2 Pages: 209-216 DOI: 10.1071/WF03036 Published: 2004
- (6) Broncano, Maria Jose; Rodrigo, Anselm; Retana, Javier. Post-dispersal seed predation in *Pinus halepensis* and consequences on seedling establishment after fire. *INTERNATIONAL JOURNAL OF WILDLAND FIRE* Volume: 17 Issue: 3 Pages: 407-414 DOI: 10.1071/WF07095 Published: 2008
- (7) Capitanio, Raimondo; Carcaillet, Christopher. Post-fire Mediterranean vegetation dynamics and diversity: A discussion of succession models. *FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT* Volume: 255 Issue: 3-4 Pages: 431-439 DOI: 10.1016/j.foreco.2007.09.010 Published: MAR 20 2008
- (8) Carlos Linares, Juan; Delgado-Huertas, Antonio; Antonio Carreira, Jose. Climatic trends and different drought adaptive capacity and vulnerability in a mixed *Abies pinsapo*-*Pinus halepensis* forest. *CLIMATIC CHANGE* Volume: 105 Issue: 1-2 Pages: 67-90 DOI: 10.1007/s10584-010-9878-6 Published: MAR 2011
- (9) Chirino, Esteban; Bellot, Juan; Sanchez, Juan R. Daily sap flow rate as an indicator of drought avoidance mechanisms in five Mediterranean perennial species in semi-arid southeastern Spain. *TREES-STRUCTURE AND FUNCTION* Volume: 25 Issue: 4 Pages: 593-606 DOI: 10.1007/s00468-010-0536-4 Published: AUG 2011
- (10) De Las Heras, J; Gonzalez-Ochoa, A; Lopez-Serrano, F; et al. Effects of silviculture treatments on vegetation after fire in *Pinus halepensis* Mill. woodlands (SE Spain). *ANNALS OF FOREST SCIENCE* Volume: 61 Issue: 7 Pages: 661-667 DOI: 10.1051/forest:2004068 Published: OCT-NOV 2004
- (11) De las Heras, J; Gonzalez-Ochoa, AI; Torres, P. Afforestation of burnt forests using mycorrhized *Pinus halepensis* and *P-pinastar* saplings. Trabaud, L; Prodon, R. 3rd International Workshop on Fire Ecology Location: BANYULS-SUR-MER, FRANCE Date: OCT 22-26, 2001
- (12) De las Heras, J; Martinez-Sanchez, JJ; Gonzalez-Ochoa, AI; et al. Establishment of *Pinus halepensis* Mill. saplings following fire: effects of competition with shrub species. *ACTA OECOLOGICA-INTERNATIONAL JOURNAL OF ECOLOGY* Volume: 23 Issue: 2 Pages: 91-97 Article Number: PII S1146-609X(02)01138-4 DOI: 10.1016/S1146-609X(02)01138-4 Published: MAY 2002
- (13) De Las Heras, Jorge; Moya, Daniel; Lopez-Serrano, Francisco; et al. Reproduction of postfire *Pinus halepensis* Mill. stands six years after silvicultural treatments. *ANNALS OF FOREST SCIENCE* Volume: 64 Issue: 1 Pages: 59-66 DOI: 10.1051/forest:2006088 Published: JAN-FEB 2007
- (14) De Luis, Martin; Gricar, Jozica; Cufar, Katarina; et al. Seasonal dynamics of wood formation in *Pinus halepensis* from dry and semi-arid ecosystems in Spain. *IAWA JOURNAL* Volume: 28 Issue: 4 Pages: 389-404 Published: 2007
- (15) Espelta, Josep Maria; Verkaik, Iraima; Eugenio, Marcia; et al. Recurrent wildfires constrain long-term reproduction ability in *Pinus halepensis* Mill. *INTERNATIONAL JOURNAL OF WILDLAND FIRE* Volume: 17 Issue: 5 Pages: 579-585 DOI: 10.1071/WF07078 Published: 2008
- (16) Eugenio, Marcia; Lloret, Francisco. Effects of repeated burning on Mediterranean communities of the northeastern Iberian Peninsula. *JOURNAL OF VEGETATION SCIENCE* Volume: 17 Issue: 6 Pages: 755-764 DOI: 10.1111/j.1654-1103.2006.tb02499.x Published: DEC 2006
- (17) Eugenio, M; Lloret, F. Fire recurrence effects on the structure and composition of Mediterranean *Pinus halepensis* communities in Catalonia (northeast Iberian Peninsula). *ECOSCIENCE* Volume: 11 Issue: 4 Pages: 446-454 Published: 2004
- (18) Eugenio, Marcia; Verkaik, Iraima; Lloret, Francisco; et al. Recruitment and growth decline in *Pinus halepensis* populations after recurrent wildfires in Catalonia (NE Iberian Peninsula). *FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT* Volume: 231 Issue: 1-3 Pages: 47-54 DOI: 10.1016/j.foreco.2006.05.007 Published: AUG 1 2006
- (19) Ferrandis, P; de las Heras, J; Martinez-Sanchez, JJ; et al. Influence of a low-intensity fire on a *Pinus halepensis* Mill. forest seed bank and its consequences on the early stages of plant succession. *ISRAEL JOURNAL OF PLANT SCIENCES* Volume: 49 Issue: 2 Pages: 105-114 DOI: 10.1092/PWB9-K5BB-YQ78-VCXK Published: 2001
- (20) Ferrio, JP; Florit, A; Vega, A; et al. Delta C-13 and tree-ring width reflect different drought responses in *Quercus ilex* and *Pinus halepensis*. *OECOLOGIA* Volume: 137 Issue: 4 Pages: 512-518 DOI: 10.1007/s00442-003-1372-7 Published: DEC 2003
- (21) Garcia Esteban, Luis; Antonio Martin, Juan; de Palacios, Paloma; et al. Adaptive anatomy of *Pinus halepensis* trees from different Mediterranean environments in Spain. *TREES-STRUCTURE AND FUNCTION* Volume: 24 Issue: 1 Pages: 19-30 DOI: 10.1007/s00468-009-0375-3 Published: FEB 2010
- (22) Gonzalez-Ochoa, A; de las Heras, J. Effects of post-fire silviculture practices on *Pachyrhinus squamosus* defoliation levels and growth of *Pinus halepensis* Mill. *FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT* Volume: 167 Issue: 1-3 Pages: 185-194 Article Number: PII S0378-1127(01)00718-6 DOI: 10.1016/S0378-1127(01)00718-6 Published: AUG 15 2002
- (23) Habrouk, A; Retana, J; Espelta, JM. Role of heat tolerance and cone protection of seeds in the response of three pine species to wildfires. *PLANT ECOLOGY* Volume: 145 Issue: 1 Pages: 91-99 DOI: 10.1023/A:1009851614885 Published: NOV 1999
- (24) Herranz, JM; MartinezSanchez, JJ; Marin, A; et al. Postfire regeneration of *Pinus halepensis* Miller in a semi-arid area in Albacete province (southeastern Spain). *ECOSCIENCE* Volume: 4 Issue: 1 Pages: 86-90 Published: 1997
- (25) Hodar, Jose A.; Zamora, Regino; Cayuela, Luis. Climate change and the incidence of a forest pest in Mediterranean ecosystems: can the North Atlantic Oscillation be used as a predictor? *CLIMATIC CHANGE* Volume: 113 Issue: 3-4 Pages: 699-711 DOI: 10.1007/s10584-011-0371-7 Published: AUG 2012
- (26) Inclan, Rosa; Gimeno, Benjamin S.; Penuelas, Josep; et al. Carbon Isotope Composition, Macronutrient Concentrations, and Carboxylating Enzymes in Relation to the Growth of *Pinus halepensis* Mill. When Subject to Ozone Stress. *WATER AIR AND SOIL POLLUTION* Volume: 214 Issue: 1-4 Pages: 587-598 DOI: 10.1007/s11270-010-0448-3 Published: JAN 2011

- (27) Inclan, R; Gimeno, BS; Dizengremel, P; et al. Compensation processes of Aleppo pine (*Pinus halepensis* Mill.) to ozone exposure and drought stress. Conference on Forests Under Changing Climate, Enhanced UV and Air Pollution Location: Oulu, FINLAND Date: AUG, 2004. ENVIRONMENTAL POLLUTION Volume: 137 Issue: 3 Pages: 517-524 DOI: 10.1016/j.envpol.2005.01.037 Published: OCT 2005
- (28) Keenan, Trevor; Maria Serra, Josep; Lloret, Francisco; et al. Predicting the future of forests in the Mediterranean under climate change, with niche- and process-based models: CO2 matters! GLOBAL CHANGE BIOLOGY Volume: 17 Issue: 1 Pages: 565-579 DOI: 10.1111/j.1365-2486.2010.02254.x Published: JAN 2011
- (29) Lloret, F.; Lobo, A.; Estevan, H.; et al. Woody plant richness and NDVI response to drought events in Catalanian (northeastern Spain) forests. ECOLOGY Volume: 88 Issue: 9 Pages: 2270-2279 DOI: 10.1890/06-1195.1 Published: SEP 2007
- (30) Lloret, F; Pausas, JG; Vila, M. Responses of Mediterranean Plant Species to different fire frequencies in Garraf Natural Park (Catalonia, Spain): field observations and modelling predictions. PLANT ECOLOGY Volume: 167 Issue: 2 Pages: 223-235 DOI: 10.1023/A:1023911031155 Published: AUG 2003
- (31) Maestre, FT; Cortina, J. Are *Pinus halepensis* plantations useful as a restoration tool in semiarid Mediterranean areas? FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT Volume: 198 Issue: 1-3 Pages: 303-317 DOI: 10.1016/j.foreco.2004.05.040 Published: AUG 23 2004
- (32) Martinez-Ferri, E; Balaguer, L; Valladares, F; et al. Energy dissipation in drought-avoiding and drought-tolerant tree species at midday during the Mediterranean summer. TREE PHYSIOLOGY Volume: 20 Issue: 2 Pages: 131-138 Published: JAN 2000
- (33) Martinez-Sanchez, JJ; Ferrandis, P; de las Heras, J; et al. Effect of burnt wood removal on the natural regeneration of *Pinus halepensis* after fire in a pine forest in Tus valley (SE Spain). FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT Volume: 123 Issue: 1 Pages: 1-10 Published: OCT 11 1999
- (34) Martinez-Sanchez, JJ; Marin, A; Herranz, JM; et al. Effects of high-temperatures on germination of *Pinus halepensis* mill. and *Pinus pinaster aitona subsp pinaster* seeds in southeast Spain. VEGETATIO Volume: 116 Issue: 1 Pages: 69-72 Published: JAN 1995
- (35) Monleon, Antoni; Blas, Marina; Riba, Josep M. Biology of *Tomicus destruens* (Wollaston, 1865) (Coleoptera: Scolytidae) in the Mediterranean forest. Elytron (Barcelona) Volume: 10 Issue: 0 Pages: 161-167 Published: 1996
- (36) Moreno-Gutierrez, Cristina; Battipaglia, Giovanna; Cherubini, Paolo; et al. Stand structure modulates the long-term vulnerability of *Pinus halepensis* to climatic drought in a semiarid Mediterranean ecosystem. PLANT CELL AND ENVIRONMENT Volume: 35 Issue: 6 Pages: 1026-1039 DOI: 10.1111/j.1365-3040.2011.02469.x Published: JUN 2012
- (37) Moya, D.; Espelta, J. M.; Lopez-Serrano, F. R.; et al. Natural post-fire dynamics and serotiny in 10-year-old *Pinus halepensis* Mill. stands along a geographic gradient. INTERNATIONAL JOURNAL OF WILDLAND FIRE Volume: 17 Issue: 2 Pages: 287-292 DOI: 10.1071/WF06121 Published: 2008
- (38) Moya, Daniel; Espelta, Josep M.; Verkaik, Irama; et al. Tree density and site quality influence on *Pinus halepensis* Mill. reproductive characteristics after large fires. ANNALS OF FOREST SCIENCE Volume: 64 Issue: 6 Pages: 649-656 DOI: 10.1051/forest:2007043 Published: SEP 2007
- (39) Moya, D.; Heras, J. De las; Lopez-Serrano, F. R.; et al. A post-fire management model to improve Aleppo pine forest resilience. - 1st International Conference on Modelling, Monitoring and Management of Forest Fires Location: Univ Castilla, La Mancha Campus, Toledo, SPAIN Date: 2008. MODELLING, MONITORING AND MANAGEMENT OF FOREST FIRES Book Series: WIT TRANSACTIONS ON ECOLOGY AND THE ENVIRONMENT Volume: 119 Pages: 311-319 DOI: 10.2495/FIVA080311 Published: 2008
- (40) Moya, D.; Heras, J. De las; Lopez-Serrano, F. R.; et al. Optimal intensity and age of management in young Aleppo pine stands for post-fire resilience. FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT Volume: 255 Issue: 8-9 Pages: 3270-3280 DOI: 10.1016/j.foreco.2008.01.067 Published: MAY 15 2008
- (41) Moya, D.; De las Heras, J.; Lopez-Serrano, F. R.; et al. Structural patterns and biodiversity in burned and managed Aleppo pine stands. PLANT ECOLOGY Volume: 200 Issue: 2 Pages: 217-228 DOI: 10.1007/s11258-008-9446-6 Published: FEB 2009
- (42) Moya, Daniel; De las Heras, Jorge; Salvatore, Rossella; et al. Fire intensity and serotiny: response of germination and enzymatic activity in seeds of *Pinus halepensis* Mill. from southern Italy. ANNALS OF FOREST SCIENCE Volume: 70 Issue: 1 Pages: 49-59 DOI: 10.1007/s13595-012-0236-x Published: JAN 2013
- (43) Nathan, R; Ne'eman, G. Spatiotemporal dynamics of recruitment in Aleppo pine (*Pinus halepensis* Miller). 2nd International Conference on Mediterranean Pines Location: Chania, GREECE Date: SEP 08-13, 2002. PLANT ECOLOGY Volume: 171 Issue: 1-2 Pages: 123-137 DOI: 10.1023/B:VEGE.0000029379.32705.0f Published: 2004
- (44) Ne'eman, G; Goubitz, S; Nathan, R. Reproductive traits of *Pinus halepensis* in the light of fire - a critical review. 2nd International Conference on Mediterranean Pines Location: Chania, GREECE Date: SEP 08-13, 2002. PLANT ECOLOGY Volume: 171 Issue: 1-2 Pages: 69-79 DOI: 10.1023/B:VEGE.0000029380.04821.99 Published: 2004
- (45) Olivar, Jorge; Bogino, Stella; Spiecker, Heinrich; et al. Climate impact on growth dynamic and intra-annual density fluctuations in Aleppo pine (*Pinus halepensis*) trees of different crown. DENDROCHRONOLOGIA Volume: 30 Issue: 1 Pages: 35-47 DOI: 10.1016/j.dendro.2011.06.001 classes Published: 2012
- (46) Pasho, Edmond; Julio Camarero, J.; Vicente-Serrano, Sergio M. Climatic impacts and drought control of radial growth and seasonal wood formation in *Pinus halepensis*. TREES-STRUCTURE AND FUNCTION Volume: 26 Issue: 6 Pages: 1875-1886 DOI: 10.1007/s00468-012-0756-x Published: DEC 2012
- (47) Pausas, Juli C.; Llovet, Joan; Rodrigo, Anselm; et al. Are wildfires a disaster in the Mediterranean basin? - A review. INTERNATIONAL JOURNAL OF WILDLAND FIRE Volume: 17 Issue: 6 Pages: 713-723 DOI: 10.1071/WF07151 Published: 2008
- (48) Pausas, JG; Ribeiro, E; Vallejo, R. Post-fire regeneration variability of *Pinus halepensis* in the eastern Iberian Peninsula. FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT Volume: 203 Issue: 1-3 Pages: 251-259 DOI: 10.1016/j.foreco.2004.07.061 Published: DEC 13 2004
- (49) Penuelas, Josep; Prieto, Patricia; Beier, Claus; et al. Response of plant species richness and primary productivity in shrublands along a north-south gradient in Europe to seven years of experimental warming and drought: reductions in primary productivity in the heat and drought year of 2003. GLOBAL CHANGE BIOLOGY Volume: 13 Issue: 12 Pages: 2563-2581 DOI: 10.1111/j.1365-2486.2007.01464.x Published: DEC 2007

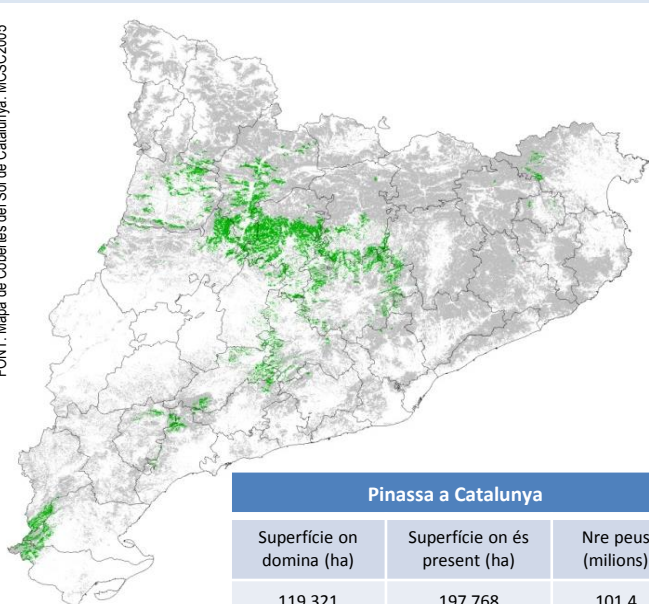
- (50) Prieto, Patricia; Penuelas, Josep; Llusia, Joan; et al. Effects of long-term experimental night-time warming and drought on photosynthesis, Fv/Fm and stomatal conductance in the dominant species of a Mediterranean shrubland. ACTA PHYSIOLOGIAE PLANTARUM Volume: 31 Issue: 4 Pages: 729-739 DOI: 10.1007/s11738-009-0285-4 Published: JUL 2009
- (51) Querejeta, JI; Roldan, A; Albaladejo, J; et al. Soil water availability improved by site preparation in a *Pinus halepensis* afforestation under semiarid climate. FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT Volume: 149 Issue: 1-3 Pages: 115-128 DOI: 10.1016/S0378-1127(00)00549-1 Published: AUG 1 2001
- (52) Retana, J; Espelta, JM; Habrouk, A; et al. Regeneration patterns of three Mediterranean pines and forest changes after a large wildfire in northeastern Spain. ECOSCIENCE Volume 9 Issue:1 Pages:89-97 Published: 2002
- (53) Rodrigo, A; Retana, J; Pico, FX. Direct regeneration is not the only response of Mediterranean forests to large fires. ECOLOGY Volume: 85 Issue: 3 Pages: 716-729 DOI: 10.1890/02-0492 Published: MAR 2004
- (54) Salvatore, R.; Moya, D.; Pulido, L.; et al. Morphological and anatomical differences in Aleppo pine seeds from serotinous and non-serotinous cones. NEW FORESTS Volume: 39 Issue: 3 Pages: 329-341 DOI: 10.1007/s11056-009-9174-3 Published: MAY 2010
- (55) Sanchez-Salguero, R.; Navarro-Cerrillo, R. M.; Camarero, J. J.; et al. Drought-induced growth decline of Aleppo and maritime pine forests in south-eastern Spain. Meeting on IUFRO Ecology and Silviculture Group Location: Sustainable Forest Mgmt Res Inst, Palencia, SPAIN Date: 2010 Univ Valladolid; INIA FOREST SYSTEMS Volume: 19 Issue: 3 Pages: 458-469 Published: DEC 2010
- (56) Sanchez-Salguero, Raul; Navarro-Cerrillo, Rafael M.; Julio Camarero, J.; et al. Selective drought-induced decline of pine species in southeastern Spain. CLIMATIC CHANGE Volume: 113 Issue: 3-4 Pages: 767-785 DOI: 10.1007/s10584-011-0372-6 Published: AUG 2012
- (57) Spanjol, Zeljko; Rosavec, Roman; Barcic, Damir; et al. Flammability and Combustibility of Aleppo Pine (*Pinus halepensis* Mill.) Stands. CROATIAN JOURNAL OF FOREST ENGINEERING Volume: 32 Issue: 1 Pages: 121-129 Published: APR 2011
- (58) Tapias, R; Gil, L; Fuentes-Utrilla, P; et al. Canopy seed banks in Mediterranean pines of southeastern Spain: a comparison between *Pinus halepensis* Mill., *P. pinaster* Ait., *P. nigra* Arn. and *P. pinea* L. JOURNAL OF ECOLOGY Volume: 89 Issue: 4 Pages: 629-638 DOI: 10.1046/j.1365-2745.2001.00575.x Published: AUG 2001
- (59) Urbieto, Itziar R.; Garcia, Luis V.; Zavala, Miguel A.; et al. Mediterranean pine and oak distribution in southern Spain: Is there a mismatch between regeneration and adult distribution? JOURNAL OF VEGETATION SCIENCE Volume: 22 Issue: 1 Pages: 18-31 DOI: 10.1111/j.1654-1103.2010.01222.x Published: FEB 2011
- (60) Vicente-Serrano, Sergio M.; Perez-Cabello, Fernando; Lasanta, Teodoro. *Pinus halepensis* regeneration after a wildfire in a semiarid environment: assessment using multitemporal Landsat images. INTERNATIONAL JOURNAL OF WILDLAND FIRE Volume: 20 Issue: 2 Pages: 195-208 DOI: 10.1071/WF08203 Published: 2011
- (61) Verkaik, Iramia; Espelta, Josep M. Post-fire regeneration thinning, cone production, serotiny and regeneration age in *Pinus halepensis*. FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT Volume: 231 Issue: 1-3 Pages: 155-163 DOI: 10.1016/j.foreco.2006.05.041 Published: AUG 1 2006

Pinassa (*Pinus nigra*)

Distribució de la pinassa a Catalunya

A Catalunya trobem pinassa a les zones del Prepirineu central, entre els 500 i els 1200 metres; així com també a la serralada dels Ports.

FONT: Mapa de Cobertes del Sòl de Catalunya. MCSC2005



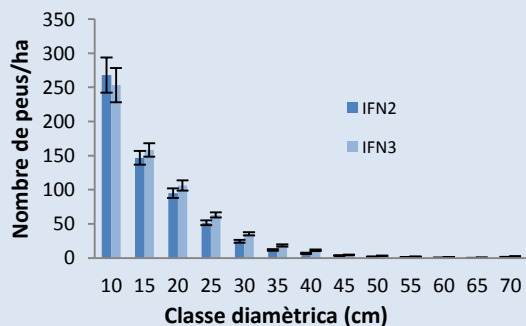
Pinassa a Catalunya		
Superfície on domina (ha)	Superfície on és present (ha)	Nre peus (milions)
119 321	197 768	101,4

La superfície on l'espècie és present ha estat corregida pel factor resultant de dividir MCSC dominant/IFN3 dominant per tal d'homogeneïtzar les dues fonts. FONTS: IFN3 i MCSC2005

Estructura de la població de la pinassa

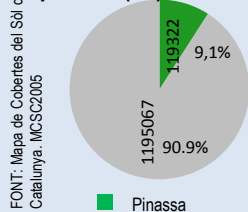
Els boscos de pinassa són molt joves, principalment amb peus menors de 20 cm de classe diamètrica.

FONT: Inventari Forestal Nacional 2 i 3 (IFN2 i IFN3)



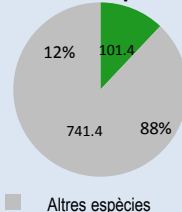
Distribució i estructura

Superfície (ha)



FONT: Mapa de Cobertes del Sòl de Catalunya. MCSC2005

Nre. peus (milions)



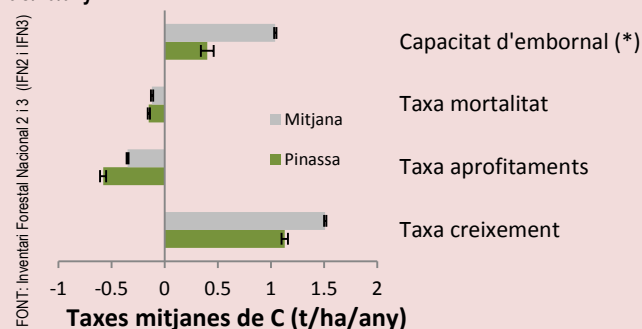
FONT: Inventari Forestal Nacional 3

Els boscos de pinassa representen un 9,1% de la superfície total dels boscos de Catalunya; menys que en nombre de peus on representen un 12%.

Es comptabilitzen els peus de més de 7,5 cm de diàmetre normal.

Taxes mitjanes de carboni (C)

La capacitat d'embornal mitjana de la pinassa entre 1990 i 2000 és de **0.4 t C/ha/any**.

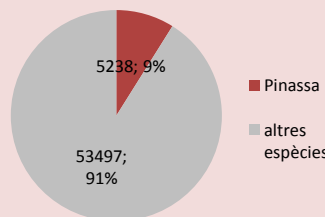


(*) La capacitat d'embornal anual de C és la resta entre la taxa de creixement menys la taxa de mortalitat i la d'aprofitaments (en tones de C/ha/any).

Estocs i embornals de carboni (C) absoluts

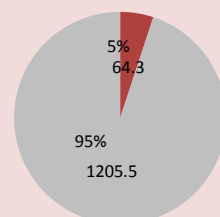
L'estoc absolut de C dels boscos de pinassa suma uns **5,2 milions t C** (tones de carboni). La capacitat d'embornal d'aquests boscos és de **64,3 milers t C/any**.

Estoc absolut (x1000 t C)



FONT: Inventari Forestal Nacional 3

Capacitat d'embornal (x1000 t C/any)

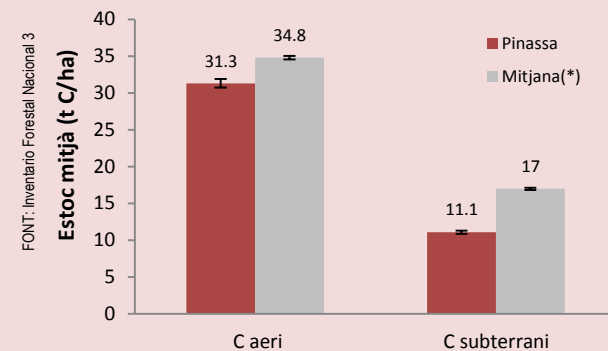


FONT: Inventari Forestal Nacional 3

Estoc i embornal de carboni

Estocs de carboni (C) mitjà

Les pinedes de pinassa emmagatzemen una mica menys de carboni per hectàrea que la mitjana, tant a la fracció aèria com a la subterrània.

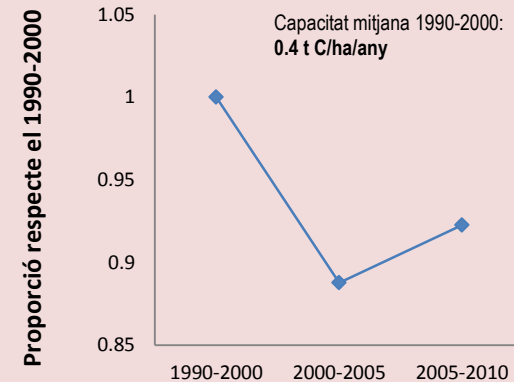


FONT: Inventari Forestal Nacional 3

(*) La mitjana està calculada amb dades de totes les espècies de Catalunya.

Canvi en la capacitat d'embornal

Respecte l'interval de referència (1990-2000) els boscos de pinassa han perdut, de mitjana, la seva capacitat d'embornal al llarg del període 2005-2010.



Proporció de la capacitat d'embornal respecte el període de referència (1990-2000)

Els valors s'han obtingut ajustant un model estadístic amb la informació de les parcel·les de mostreig dels dos IFN pel conjunt de coníferes i dels planifolis tenint en compte l'efecte de l'estructura del bosc, dades climàtiques i la tendència de la temperatura entre IFNs.

Efecte de la SEQUERA sobre:

	Creixement	Mortalitat	Regeneració
Sense factors addicionals	17	17	
Amb FACTORS ADDICIONALS	Modificació de l'efecte:		
Més altitud	1, 14, 15	14	
Menys precipitació	4,6,7,8,10,11,13,15	10, 11	21
Més temperatura	1,4,7,11	11	
Més competència	10	10	
Arbres de mida gran	5, 2,10,15	10	
Més reserva de carboni als arbres			
Més erosió			
Sòls més prims i compactes	2,16		
Topografia adversa (*)			

Llegenda

Sense factors addicionals	Amb factors addicionals
Efecte lleu	Alleugereix l'efecte
Efecte moderat	No canvia l'efecte
Efecte greu	Agreuja l'efecte
Efecte molt greu	Agreuja molt l'efecte

Efecte de cada pertorbació (sequera, incendis, plagues) sobre cada variable (creixement, mortalitat, regeneració), com a resultat directe, o de la interacció de dues pertorbacions, o de l'addició d'altres factors (més altitud, més precipitació, etc.).

Els números fan referència a les cites procedents de la bibliografia científica. Si no hi ha cap número, vol dir que no hi ha informació al respecte.

Efecte de les PLAGUES sobre:

	Creixement	Mortalitat	Regeneració
Sense factors addicionals		26	
FACTORS ADDICIONALS	Modificació de l'efecte:		
Més altitud	25	25	
Menys precipitació	25	25	
Més temperatura	25	25	
Més competència			
Arbres de mida gran			
Més reserva de carboni als arbres			
Més erosió			
Sòls més prims i compactes			
Topografia adversa (*)			

Efecte de les PLAGUES sobre:

Efecte dels INCENDIS sobre:

	Creixement	Mortalitat	Regeneració
Sense factors addicionals		23	22,27,29,30,36,37
FACTORS ADDICIONALS	Modificació de l'efecte:		
Més altitud			24,31,32,33
Menys precipitació			24
Més temperatura		19,20	20,35
Més competència			
Arbres de mida gran			
Més reserva de carboni als arbres			
Més erosió			
Sòls més prims i compactes			
Topografia adversa (*)			

Sense factors addicionals

FACTORS ADDICIONALS

Més altitud

Menys precipitació

Més temperatura

Més competència

Arbres de mida gran

Més reserva de carboni als arbres

Més erosió

Sòls més prims i compactes

Topografia adversa (*)

Efecte dels INCENDIS sobre:

(*) Topografia adversa fa referència a: pendents pronunciats, orientació sud, posició alta al vessant, carenes, etc. que disminueixen la disponibilitat d'aigua.

Pinassa (*Pinus nigra*)

CREIXEMENT

1. Les poblacions de pinassa situades a baixes altituds mostren una relació negativa entre la temperatura mitjana i el creixement. (Ref. 3)
2. Els peus més vells de pinassa mostren un menor creixement mitjà, que també depèn de les condicions del sol. (Ref. 3)
3. *Quan la precipitació no és limitant, la temperatura correlaciona positivament amb el creixement.* (Ref. 5)
4. Si segueixen els períodes d'escalfament i se superen certs llindars de sequera, el creixement podria veure's afectat. (Ref. 25)
5. Els arbres dominants mostren una resposta més plàstica perquè han recuperat més ràpid el creixement normal després de la sequera. (Ref. 24)
6. El desenvolupament de les plantes durant la sequera depèn de l'equilibri entre la llum i les limitacions d'humitat. (Ref. 24)
7. Pel que fa a temperatura, els estius càlids i secs redueixen el creixement de *Pinus nigra*; mentre que les primaveres o hiverns més càlids i les tardors fredes l'augmenten. (Ref. 24, 21)
8. *Pel que fa a precipitació, la sequera dels mesos de maig i juny va ser el principal factor limitant del creixement. En canvi, un hivern càlid el va afavorir.* (Ref. 20, 21, 18)
9. *En els llocs més secs, les respostes del creixement a la sequera depenen de la precipitació; mentre que als llocs més temperats depenen del balanç hídric anual.* (Ref. 34)
10. La probabilitat de dany de la capçada, entesa com a decaïment, va augmentar amb la mida de l'arbre, la competència i la sequera a la primavera i l'estiu. (Ref. 43)
11. La reducció del creixement i la defoliació generalitzada a les plantacions de pins fan pensar que en llocs secs subjectes a períodes de sequera severa, la seva persistència es pot veure compromesa donades les condicions més càlides i seques que s'esperen en un futur. (Ref. 43)
12. *Pinus nigra va respondre positivament a una major temperatura al començament de la temporada de creixement.* (Ref. 18)
13. *La precipitació dels mesos d'estiu i la temperatura hivernal tenen un efecte positiu en el creixement; mentre que la temperatura estival té un efecte negatiu.* (Ref. 26)
14. Els arbres que creixen a llocs poc elevats i més secs són més vulnerables a la sequera induïda per la temperatura. (Ref. 6)
15. Als llocs més elevats i més secs i els arbres de major edat mitjana (que correlaciona amb les elevacions per sobre dels 1500m) pateixen més els efectes a llarg termini (escalfament) i a curt termini (sequera) sobre el creixement. (Ref. 6)
16. *Pinus nigra* accedeix a les fonts d'aigua profunda durant els estius secs. (Ref. 36)
17. La pinassa mostra un eficient control estomàtic que redueix la pèrdua d'aigua per transpiració. (Ref. 19)
18. *La dessecació del sol superficial induïx un ràpid tancament dels estomes.* (Ref. 19)

MORTALITAT

19. La supervivència augmenta amb la grandària de l'arbre i disminueix amb el dany que pateix la capçada durant l'incendi. (Ref. 33)

Impactes observats

20. La supervivència dels arbres grans i les seves taxes de producció de llavors fan que siguin les principals fonts de llavors post-incendi. (Ref. 33)
21. La supervivència de les plàntules depèn principalment de factors abiòtics com la sequera de l'estiu. (Ref. 1)
22. Les llavors de *Pinus nigra* no suporten temperatures superiors a 110°C i 5 minuts d'exposició. (Ref. 1)
23. La mortalitat de les plàntules és alta i la proximitat dels arbres que produeixen llavors és determinant pel seu establiment. (Ref. 46)
24. Els plançons no resisteixen la sequera estival ni la competència amb altres espècies que apareixen després del foc (herbes i arbustos). (Ref. 46)
25. L'arna de la processonària (*Thaumetopoea pityocampa*) és una plaga de les espècies de pi, relacionada amb els índexs NAO (*veure Glossari*), que afecta més greument a les espècies que viuen en altituds mitjanes-altes. Un episodi de NAO negatiu porta a temperatures lleus i condicions d'humitat, que afavoreixen la processonària. Fins a 3 anys després d'un episodi NAO negatiu es poden observar episodis de defoliacions degudes a la processonària. (Ref. 16)
26. *Matsococcus feytaudi* és un insecte que causa una mortalitat generalitzada en boscos de *Pinus nigra* a l'illa de Còrsega. (Ref. 18)

REGENERACIÓ

27. L'establiment de plàntules de pinassa millora en condicions de cobertura elevada, que no són les condicions que es donen en àrees cremades. Per tant, la regeneració d'aquesta espècie està fortament limitada després d'un foc. (Ref. 31)
28. *La taxa de germinació disminueix a mesura que s'incrementa la quantitat de cendra, ja que té un efecte inhibitor i les plàntules mostren una taxa de mortalitat major.* (Ref. 38)
29. La floració tardana i la manca de pinyes seròtines (*veure Glossari*) indiquen que els boscos de pinassa no es van desenvolupar històricament en condicions de focs freqüents. (Ref. 45)
30. En condicions normals, la regeneració natural de *Pinus nigra* no es veu limitada per les llavors, malgrat que la producció és molt diferent d'un any per l'altre. Ara bé, si pateix un incendi, la densitat de llavors de pinassa no és prou alta com per permetre la reforestació natural en aquella zona. En aquests casos, la regeneració és lenta i atzarosa. (Ref. 29, 46)
31. L'enriquiment de CO₂ en plançons va augmentar la biomassa total, la biomassa de fulles i l'àrea foliar de les plàntules; mentre que la restricció d'aigua va disminuir l'àrea foliar, la biomassa foliar i la biomassa de la fulla. (Ref. 2)
32. Si la precipitació de la primavera és alta, augmenta el nombre de plançons supervivents encara que l'estiu sigui sec. (Ref. 39)
33. La disminució de la densitat de reclutament de pinassa en condicions de sequera posa de relleu les amenaces al seu manteniment de la població, fins i tot en absència de foc. (Ref. 4)
34. *La depredació de llavors post-incendi per diferents grups d'animals i la baixa emergència de plàntules, juntament amb la baixa disponibilitat de llavors en zones cremades, no prediuen un panorama favorable per la recolonització post-incendi de la pinassa. Fins i tot la seva àrea de distribució podria veure's afectada.* (Ref. 32)

35. Les parcel·les amb arbres mitjans i grans tenen un major establiment de plàntules que les parcel·les dominades amb arbres petits, que tenen valors de regeneració molt baixos, ja que els arbres grans produeixen més pinyes i amb major freqüència. (Ref. 31, 33)
36. La regeneració de pinassa en absència de foc és bastant bona; en canvi, després del foc la regeneració de les plàntules gairebé desapareix. (Ref. 37)
37. Les poblacions de *Pinus nigra* i de *Pinus pinea* no van mostrar cap adaptació al foc: la floració era insignificant fins i tot 15 anys després del foc i cap de les pinyes produïdes era seròtina (*veure Glossari*), això fa pensar que la pinassa només supera el foc si és de baixa intensitat. (Ref. 44)
38. La coberta de les llavors protegeix als embrions només fins els 70°C (percentatge de germinació superior al 90%), que és una temperatura molt baixa per un incendi forestal. Temperatures més elevades i temps d'exposició llargs, fan disminuir el percentatge de germinació. (Ref. 15, 8)
39. L'èxit de la regeneració depèn del banc de llavors o de la fenologia de les llavors (triguen 2 anys en madurar i es dispersen durant la primavera del tercer any) i la severitat del foc que afecta l'obertura de les pinyes. (Ref. 15)

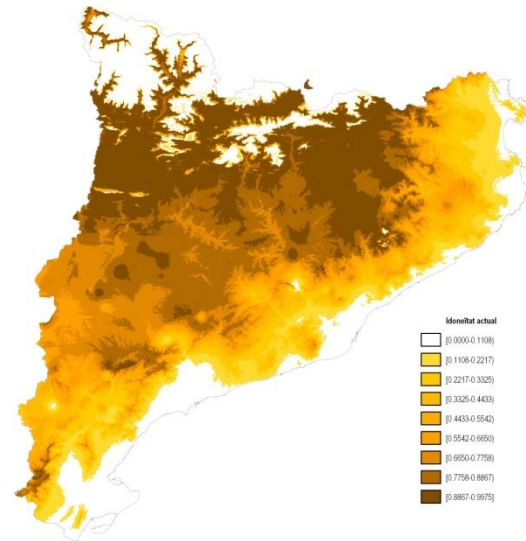
Els apartats de **DISTRIBUCIÓ** i **VULNERABILITAT** no estan representats al quadre resum dels impactes observats. Les cites de la bibliografia que hi fan referència es presenten a continuació.

DISTRIBUCIÓ I VULNERABILITAT

- L'aguda reducció del creixement i la defoliació generalitzada a les plantacions de pins fan pensar que en llocs secs subjectes a períodes de sequera severs la seva persistència es pot veure compromesa donades les condicions més càlides i seques que s'esperen en un futur. (Ref. 43)
- Es prediu que el creixement en condicions climàtiques futures disminuirà, malgrat que hi pot haver un augment del creixement a les zones situades més al nord degut a un augment moderat del creixement individual. (Ref. 26)
- Algunes espècies de *Quercus* i *Pinus* van mostrar regeneració, mentre que els boscos de pinassa no es van recuperar. (Ref. 40).
- Grans plantacions de pinassa han desaparegut recentment per la seva sensibilitat al foc. (Ref. 35)
- Els diferents patrons de recuperació post-incendi han conduït a la dominància dels pins als llocs més temperats i a la codominància de pins i roures als llocs més secs. (Ref. 14)
- Els models mostren que 30 anys després del foc, el 77-93% de les parcel·les dominades per *Pinus nigra* passen a ser dominades per altres comunitats (*Quercus ilex*, *Quercus cerrifolia*, etc.). (Ref. 37)
- Els incendis poden disminuir la distribució general d'algunes espècies de pins, especialment de *Pinus nigra* i de *Pinus sylvestris* donant com a resultat un canvi en l'ocupació del sòl degut a la poca capacitat de regeneració. (Ref. 37, 10)

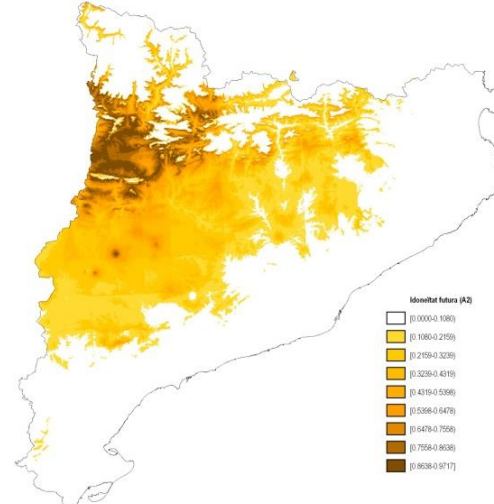
ATLES DE IDONEÏTAT TOPO-CLIMÀTICA DE LA PINASSA:

IDONEÏTAT ACTUAL:



Mapa de idoneïtat actual de la pinassa. Font: Ninyerola *et al.* 2009

IDONEÏTAT PROJECTADA (ESCENARI A2):



Mapa de idoneïtat projectada (escenari A2) de la pinassa. Font: Ninyerola *et al.* 2009

El grau d'adequació a les condicions climàtiques i topogràfiques de la pinassa pel període 1950-1998 representa la seva idoneïtat actual. Els colors foscos indiquen més idoneïtat (conjunt de condicions topogràfiques i climàtiques en què una espècie viu actualment) i els clars menys o gens (blanc).

La superfície indicada a la taula són les hectàrees on la pinassa té una idoneïtat climàtica del 50% o superior i el % que representa respecte la superfície total de Catalunya tant en l'actualitat com en l'escenari futur A2.

	Actual	A2
Sup. (ha)	1.871.004	301.516
%	58	9,3

Actualment podríem trobar pinedes de pinassa en un 58% de la superfície de Catalunya segons les variables topo-climàtiques. Amb l'escenari A2 aquest percentatge arribaria a baixar fins el 9,3%.

Grau d'adequació a les condicions climàtiques i topogràfiques de l'alzina pel període 2050-2080, que representa la seva idoneïtat projectada per l'escenari A2.

ACCIONS PREVENTIVES:

- En les plantacions de *Pinus nigra*, l'aclarida podria ser una mesura d'adaptació útil contra el canvi climàtic, ja que redueix la seva vulnerabilitat a la sequera. L'aclarida en les plantacions no afecta en l'eficiència en l'ús de l'aigua, tot i que si segueixen els períodes d'escalfament i se superen certs llindars de sequera, el creixement podria veure's afectat (Ref. 4)
- La gestió dels boscos mediterranis, tenint en compte el pronòstic de condicions més càlides i seques, s'ha de centrar en factors locals, que modulen els efectes negatius de la sequera sobre el creixement dels arbres tant en llocs secs com humits. (Ref. 10)
- L'ús dels arbustos com a plantes protectores és una tècnica que ofereix avantatges econòmiques i ecològiques, que millora l'estat del plançó (*veure Glossari*) en relació amb l'aigua i per tant redueix la mortalitat de l'estiu per sequera. (Ref. 22)
- Es proposa una combinació de plantacions de pins i de roures per la restauració de terres degradades per les característiques complementàries d'aquestes dues espècies. (Ref. 33)
- Es recomana als gestors forestals que utilitzin les cremes prescrites a la tardor en comptes de la primavera, per reduir la càrrega de combustible i generar un menor impacte en els arbres. (Ref. 46)

ACCIONS CORRECTIVES:

NO S'HA TROBAT INFORMACIÓ

- (1) Alvarez, R.; Valbuena, L.; Calvo, L. Effect of high temperatures on seed germination and seedling survival in three pine species (*Pinus pinaster*, *P. sylvestris* and *P. nigra*). *INTERNATIONAL JOURNAL OF WILDLAND FIRE* Volume: 16 Issue: 1 Pages: 63-70 DOI: 10.1071/WF06001 Published: 2007
- (2) Biel, C.; Save, R.; Habrouk, A.; et al. Effects of restricted watering and CO2 enrichment in the morphology and performance after transplanting of nursery-grown *Pinus nigra* seedlings. *HORTSCIENCE* Volume: 39 Issue: 3 Pages: 535-540 Published: JUN 2004
- (3) Candel-Perez, D.; Linares, J. C.; Vinegla, B.; et al. Assessing climate-growth relationships under contrasting stands of co-occurring Iberian pines along an altitudinal gradient. *FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT* Volume: 274 Pages: 48-57 DOI: 10.1016/j.foreco.2012.02.010 Published: JUN 15 2012
- (4) Cannac, Magali; Pasqualini, Vanina; Barboni, Toussaint; et al. Phenolic compounds of *Pinus laricio* needles: A bioindicator of the effects of prescribed burning in function of season. *SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT* Volume: 407 Issue: 15 Pages: 4542-4548 DOI: 10.1016/j.scitotenv.2009.04.035 Published: JUL 15 2009
- (5) Carlos Linares, Juan; Antonio Tiscar, Pedro. Buffered climate change effects in a Mediterranean pine species: range limit implications from a tree-ring study. *OECOLOGIA* Volume: 167 Issue: 3 Pages: 847-859 DOI: 10.1007/s00442-011-2012-2 Published: NOV 2011
- (6) Carlos Linares, Juan; Antonio Tiscar, Pedro. Climate change impacts and vulnerability of the southern populations of *Pinus nigra* subsp *salzmannii*. *TREE PHYSIOLOGY* Volume: 30 Issue: 7 Pages: 795-806 DOI: 10.1093/treephys/tpq052 Published: JUL 2010
- (7) Castro, J; Zamora, R; Hodar, JA; et al. Use of shrubs as nurse plants: A new technique for reforestation in Mediterranean mountains. *RESTORATION ECOLOGY* Volume: 10 Issue: 2 Pages: 297-305 DOI: 10.1046/j.1526-100X.2002.01022.x Published: JUN 2002
- (8) Escudero, A; Barrero, S; Pita, JM. Effects of high temperatures and ash on seed germination of two Iberian pines (*Pinus nigra* ssp *salzmannii*, *P. sylvestris* var *iberica*). *ANNALES DES SCIENCES FORESTIERES* Volume: 54 Issue: 6 Pages: 553-561 DOI: 10.1051/forest:19970605 Published: AUG-SEP 1997
- (9) Espelta, JM; Retana, J; Habrouk, A. An economic and ecological multi-criteria evaluation of reforestation methods to recover burned *Pinus nigra* forests in NE Spain. *FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT* Volume: 180 Issue: 1-3 Pages: 185-198 DOI: 10.1016/S0378-1127(02)00599-6 Published: JUL 17 2003
- (10) Espelta, JM; Rodrigo, A; Habrouk, A; et al. Land use changes, natural regeneration patterns, and restoration practices after a large wildfire in NE Spain: Challenges for fire ecology and landscape restoration. 3rd International Workshop on Fire Ecology Location: BANYULS-SUR-MER, FRANCE Date: OCT 22-26, 2001. *FIRE AND BIOLOGICAL PROCESSES* Pages: 315-324 Published: 2002
- (11) Froux, F; Ducrey, M; Dreyer, E; et al. Vulnerability to embolism differs in roots and shoots and among three Mediterranean conifers: consequences for stomatal regulation of water loss? *TREES-STRUCTURE AND FUNCTION* Volume: 19 Issue: 2 Pages: 137-144 DOI: 10.1007/s00468-004-0372-5 Published: MAR 2005
- (12) Fule, Peter Z.; Ribas, Montserrat; Gutierrez, Emilia; et al. Forest structure and fire history in an old *Pinus nigra* forest, eastern Spain. *FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT* Volume: 255 Issue: 3-4 Pages: 1234-1242 DOI: 10.1016/j.foreco.2007.10.046 Published: MAR 20 2008

- (13) Fyllas, Nikolaos M.; Dimitrakopoulos, Panayiotis G.; Troumbis, Andreas Y. Regeneration dynamics of a mixed Mediterranean pine forest in the absence of fire. *FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT* Volume: 256 Issue: 8 Pages: 1552-1559 DOI: 10.1016/j.foreco.2008.06.046 Published: OCT 1 2008
- (14) Gracia, M; Retana, J; Roig, P. Mid-term successional patterns after fire of mixed pine-oak forests in NE Spain. *ACTA OECOLOGICA-INTERNATIONAL JOURNAL OF ECOLOGY* Volume: 23 Issue: 6 Pages: 405-411 Article Number: PII S1146-609X(02)01169-4 DOI: 10.1016/S1146-609X(02)01169-4 Published: DEC 2002
- (15) Habrouk, A; Retana, J; Espelta, JM. Role of heat tolerance and cone protection of seeds in the response of three pine species to wildfires. *PLANT ECOLOGY* Volume: 145 Issue: 1 Pages: 91-99 DOI: 10.1023/A:1009851614885 Published: NOV 1999
- (16) Hodar, Jose A.; Zamora, Regino; Cayuela, Luis. Climate change and the incidence of a forest pest in Mediterranean ecosystems: can the North Atlantic Oscillation be used as a predictor? *CLIMATIC CHANGE* Volume: 113 Issue: 3-4 Pages: 699-711 DOI: 10.1007/s10584-011-0371-7 Published: AUG 2012
- (17) Jactel, H; Menassieu, P; Vétillard, F; et al. Tree species diversity reduces the invasibility of maritime pine stands by the bark scale, *Matsucoccus feytaudi* (Homoptera : Margarodidae). *CANADIAN JOURNAL OF FOREST RESEARCH-REVUE CANADIENNE DE RECHERCHE FORESTIERE* Volume: 36 Issue: 2 Pages: 314-323 DOI: 10.1139/x05-251 Published: FEB 2006
- (18) Kose, Nesibe; Akkemik, Unal; Dalfes, Hasan Nuzhet; et al. Tree-ring growth of *Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* under different climate conditions throughout western Anatolia. *DENDROCHRONOLOGIA* Volume: 30 Issue: 4 Pages: 295-301 DOI: 10.1016/j.dendro.2012.04.003 Published: 2012
- (19) Lebourgeois, F; Levy, G; Aussenac, G; et al. Influence of soil drying on leaf water potential, photosynthesis, stomatal conductance and growth in two black pine varieties. *ANNALES DES SCIENCES FORESTIERES* Volume: 55 Issue: 3 Pages: 287-299 DOI: 10.1051/forest:19980302 Published: APR 1998
- (20) Lebourgeois, F.; Merian, P.; Courdier, F.; et al. Instability of climate signal in tree-ring width in Mediterranean mountains: a multi-species analysis. *TREES-STRUCTURE AND FUNCTION* Volume: 26 Issue: 3 Pages: 715-729 DOI: 10.1007/s00468-011-0638-7 Published: JUN 2012
- (21) Lebourgeois, Francois; Merian, Pierre; Courdier, Florence; et al. THE RESPONSE TO CLIMATE AND ITS VARIATIONS OF SILVER FIR, BEECH, BLACK, SCOTS AND MOUNTAIN PINE IN THE MEDITERRANEAN MOUNTAINS DURING THE 20th CENTURY. *Revue Forestiere Francaise (Nancy)* Volume: 64 Issue: 2 Pages: 107-126 Published: MAR-APR 2012
- (22) Loepfe, Lasse; Martinez-Vilalta, Jordi; Oliveres, Jordi; et al. Feedbacks between fuel reduction and landscape homogenisation determine fire regimes in three Mediterranean areas. *FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT* Volume: 259 Issue: 12 Pages: 2366-2374 DOI: 10.1016/j.foreco.2010.03.009 Published: MAY 25 2010
- (23) Martin-Benito, Dario; Beeckman, Hans; Canellas, Isabel. Influence of drought on tree rings and tracheid features of *Pinus nigra* and *Pinus sylvestris* in a mesic Mediterranean forest. *EUROPEAN JOURNAL OF FOREST RESEARCH* Volume: 132 Issue: 1 Pages: 33-45 DOI: 10.1007/s10342-012-0652-3 Published: JAN 2013
- (24) Martin-Benito, Dario; Cherubini, Paolo; del Rio, Miren; et al. Growth response to climate and drought in *Pinus nigra* Arn. trees of different crown classes. *TREES-STRUCTURE AND FUNCTION* Volume: 22 Issue: 3 Pages: 363-373 DOI: 10.1007/s00468-007-0191-6 Published: JUN 2008

(25) Martin-Benito, Dario; Del Rio, Miren; Heinrich, Ingo; et al. Response of climate-growth relationships and water use efficiency to thinning in a *Pinus nigra* afforestation. *FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT* Volume: 259 Issue: 5 Pages: 967-975 DOI: 10.1016/j.foreco.2009.12.001 Published: FEB 20 2010

(26) Martin-Benito, Dario; Kint, Vincent; del Rio, Miren; et al. Growth responses of West-Mediterranean *Pinus nigra* to climate change are modulated by competition and productivity: Past trends and future perspectives. *FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT* Volume: 262 Issue: 6 Pages: 1030-1040 DOI: 10.1016/j.foreco.2011.05.038 Published: SEP 15 2011

(27) Martinez-Vilalta, J; Pinol, J. Drought-induced mortality and hydraulic architecture in pine populations of the NE Iberian Peninsula. *FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT* Volume: 161 Issue: 1-3 Pages: 247-256 Article Number: PII S0378-1127(01)00495-9 DOI: 10.1016/S0378-1127(01)00495-9 Published: MAY 15 2002

(28) Masutti, L; Battisti, A; Faccoli, M. Insect fauna of the *Pinus nigra* group in Italy. Lieutier, F; Ghaïoule, D. International Symposium on Entomological Research in Mediterranean Forest Ecosystems Location: Rabat, MOROCCO Date: MAY 06-11, 2002. *Entomological Research in Mediterranean Forest Ecosystems* Book Series: SCIENCE UPDATE Pages: 79-87 Published: 2005

(29) Oliver, P. A. Tiscar. Regeneration dynamics of *Pinus nigra* subsp *salzmannii* in its southern distribution area: stages, processes and implied factors. *INVESTIGACION AGRARIA-SISTEMAS Y RECURSOS FORESTALES* Volume: 16 Issue: 2 Pages: 124-135 Published: AUG 2007

(30) Ordonez, JL; Franco, S; Retana, J. Limitation of the recruitment of *Pinus nigra* in a gradient of post-fire environmental conditions. *ECOSCIENCE* Volume: 11 Issue: 3 Pages: 296-304 Published: 2004

(31) Ordonez, Jose Luis; Molowny-Horas, Roberto; Retana, Javier. A model of the recruitment of *Pinus nigra* from unburned edges after large wildfires. *ECOLOGICAL MODELLING* Volume: 197 Issue: 3-4 Pages: 405-417 DOI: 10.1016/j.ecolmodel.2006.03.027 Published: AUG 25 2006

(32) Ordonez, JL; Retana, J. Early reduction of post-fire recruitment of *Pinus nigra* by post-dispersal seed predation in different time-since-fire habitats. *ECOGRAPHY* Volume: 27 Issue: 4 Pages: 449-458 DOI: 10.1111/j.0906-7590.2004.03886.x Published: AUG 2004.

(33) Ordonez, JL; Retana, J; Espelta, JM. Effects of tree size, crown damage, and tree location on post-fire survival and cone production of *Pinus nigra* trees. *FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT* Volume: 206 Issue: 1-3 Pages: 109-117 DOI: 10.1016/j.foreco.2004.10.067 Published: FEB

(34) Pasho, Edmond; Julio Camarero, J.; de Luis, Martin; et al. Factors driving growth responses to drought in Mediterranean forests. *EUROPEAN JOURNAL OF FOREST RESEARCH* Volume: 131 Issue: 6 Pages: 1797-1807 DOI: 10.1007/s10342-012-0633-6 Published: NOV 2012

(35) Pausas, JG; Blade, C; Valdecantos, A; et al. Pines and oaks in the restoration of Mediterranean landscapes of Spain: New perspectives for an old practice - a review. 2nd International Conference on Mediterranean Pines Location: Chania, GREECE Date: SEP 08-13, 2002. *PLANT ECOLOGY* Volume: 171 Issue: 1-2 Pages: 209-220 DOI: 10.1023/B:VEGE.0000029381.63336.20 Published: 2004

(36) Penuelas, J; Filella, I. Title: Deuterium labelling of roots provides evidence of deep water access and hydraulic lift by *Pinus nigra* in a Mediterranean forest of NE Spain. *ENVIRONMENTAL AND EXPERIMENTAL BOTANY* Volume: 49 Issue: 3 Pages: 201-208 Article Number: PII S0098-8472(02)00070-9 10.1016/S0098-8472(02)00070-9 Published: JUN 2003

(37) Retana, J; Espelta, JM; Habrouk, A; et al. Regeneration patterns of three Mediterranean pines and forest changes after a large wildfire in northeastern Spain. *ECOSCIENCE* Volume: 9 Issue: 1 Pages: 89-97 Published: 200

(38) Reyes, O; Casal, M. Effects of forest fire ash on germination and early growth of four pine species. *PLANT ECOLOGY* Volume: 175 Issue: 1 Pages: 81-89 DOI: 10.1023/B:VEGE.0000048089.25497.0c Published: 2004

(39) Richter, Sarah; Kipfer, Tabea; Wohlgenuth, Thomas; et al. Phenotypic plasticity facilitates resistance to climate change in a highly variable environment. *OECOLOGIA* Volume: 169 Issue: 1 Pages: 269-279 DOI: 10.1007/s00442-011-2191-x Published: MAY 2012

(40) Rodrigo, A; Retana, J; Pico, FX. Direct regeneration is not the only response of Mediterranean forests to large fires. *ECOLOGY* Volume: 85 Issue: 3 Pages: 716-729 DOI: 10.1890/02-0492 Published: MAR 2004

(41) Ruiz-Benito, Paloma; Gomez-Aparicio, Lorena; Zavala, Miguel A. Large-scale assessment of regeneration and diversity in Mediterranean planted pine forests along ecological gradients. *DIVERSITY AND DISTRIBUTIONS* Volume: 18 Issue: 11 Pages: 1092-1106 DOI: 10.1111/j.1472-4642.2012.00901.x Published: NOV 2012

(42) Sanchez-Salguero, Raul; Navarro-Cerrillo, Rafael M.; Julio Camarero, J.; et al. Selective drought-induced decline of pine species in southeastern Spain. *CLIMATIC CHANGE* Volume: 113 Issue: 3-4 Pages: 767-785 DOI: 10.1007/s10584-011-0372-6 Published: AUG 2012

(43) Sanchez-Salguero, Raul; Navarro-Cerrillo, Rafael M.; Swetnam, Thomas W.; et al. Is drought the main decline factor at the rear edge of Europe? The case of southern Iberian pine plantations. *FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT* Volume: 271 Pages: 158-169 DOI: 10.1016/j.foreco.2012.01.040 Published: MAY 1 2012

(44) Tapias, R; Gil, L; Fuentes-Utrilla, P; et al. Canopy seed banks in Mediterranean pines of southeastern Spain: a comparison between *Pinus halepensis* Mill., *P. pinaster* Ait., *P. nigra* Arn. and *P. pinea* L. *JOURNAL OF ECOLOGY* Volume: 89 Issue: 4 Pages: 629-638 DOI: 10.1046/j.1365-2745.2001.00575.x Published: AUG 2001

(45) Tapias, R; Climent, J; Pardos, JA; et al. Life histories of Mediterranean pines. 2nd International Conference on Mediterranean Pines Location: Chania, GREECE Date: SEP 08-13, 2002. *PLANT ECOLOGY* Volume: 171 Issue: 1-2 Pages: 53-68 DOI: 10.1023/B:VEGE.0000029383.72609.f0 Published: 2004

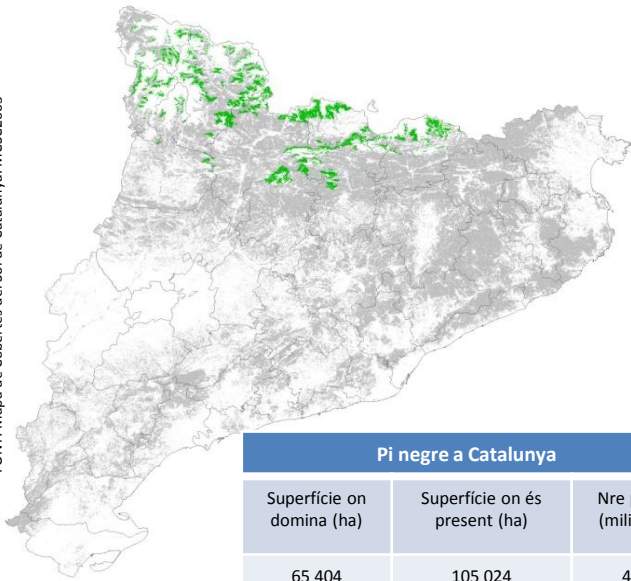
(46) Trabaud, L. Campant, C. Problem of naturally colonizing the Salzmanni pine, *Pinus nigra* am ssp *Salzmanni* (*dunal*) franco after a fire. *BIOLOGICAL CONSERVATION* Volume: 58 Issue: 3 Pages: 329-343 DOI: 10.1016/0006-3207(91)90099-U Published: 1991

Pi negre (*Pinus uncinata*)

Distribució del pi negre a Catalunya

El pi negre a Catalunya s'estén per tots els Pirineus, des de la Vall d'Aran fins la vall de Camprodon, entre els 1600 i els 2400m.

FONT: Mapa de Cobertes del Sòl de Catalunya. MCSC2005



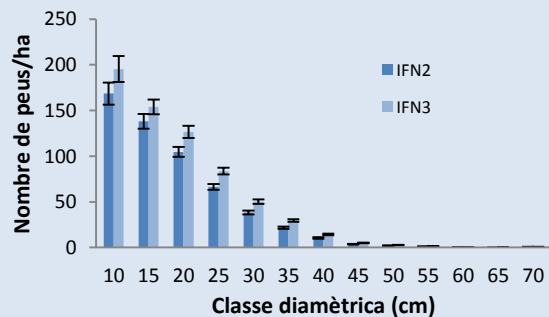
Pi negre a Catalunya		
Superfície on domina (ha)	Superfície on és present (ha)	Nre peus (milions)
65 404	105 024	48

La superfície on l'espècie és present ha estat corregida pel factor resultant de dividir MCSC dominant/ IFN3 dominant per tal d'homogeneïtzar les dues fonts. FONTS: IFN3 i MCSC2005

Estructura de la població del pi negre

Els boscos de pi negre de Catalunya són força madurs ja que hi ha bastants peus de classes diamètriques grans.

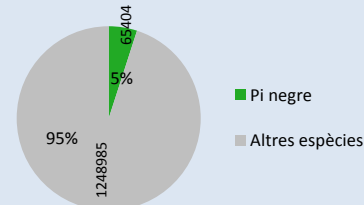
FONT: Inventari Forestal Nacional 2 i 3 (IFN2 i IFN3)



FONT: Inventari Forestal Nacional 3

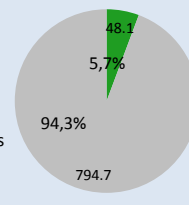
Distribució i estructura

Superfície (ha)



Els boscos de pi negre ocupen un 5% de la superfície total dels boscos de Catalunya; i en nombre de peus representen un 5,7%.

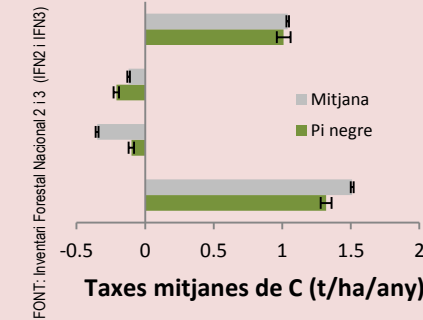
Nre. peus (milions)



Es comptabilitzen els peus de més de 7,5 cm de diàmetre normal.

Taxes mitjanes de carboni (C)

La capacitat d'embornal mitjana de les pinedes de pi negre entre el 1990 i el 2000 és de 1.01 t C/ha/any.



(*) La capacitat d'embornal anual de C és la resta entre la taxa de creixement menys la taxa de mortalitat i la d'aprofitaments (en tones de C/ ha/ any).

Capacitat d'embornal (*)

Taxa mortalitat

Taxa aprofitaments

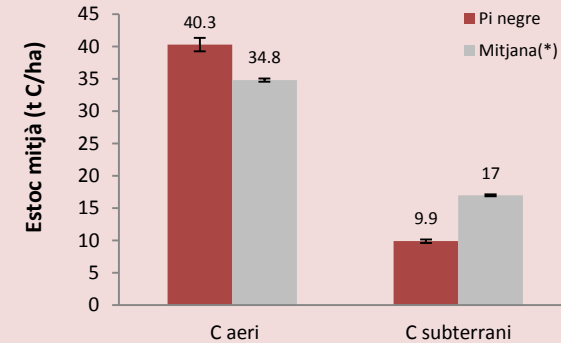
Taxa creixement

Estoc i embornal de carboni

Estocs de carboni (C) mitjà

Les pinedes de pi negre emmagatzemen una mica més C aeri que la mitjana, mentre que en termes de C subterrani es queden més curt.

FONT: Inventari Forestal Nacional 3

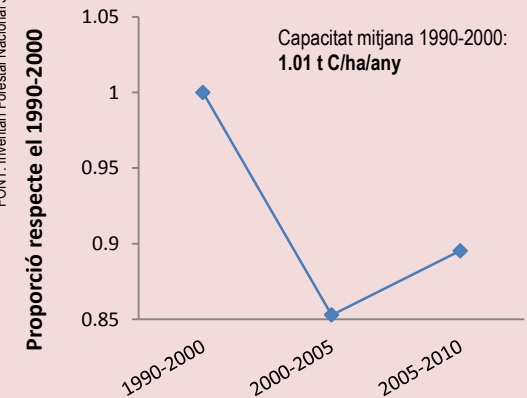


(*) La mitjana està calculada amb dades de totes les espècies de Catalunya.

Canvi en la capacitat d'embornal

Respecte l' interval de referència (1990-2000) els boscos de pi negre han disminuït notablement des del 1990-2000 fins en 2005-2010.

FONT: Inventari Forestal Nacional 3



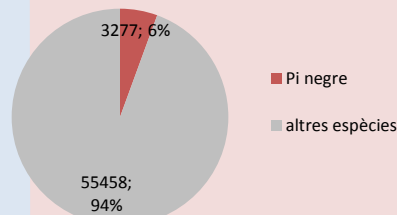
Proporció de la capacitat d'embornal respecte el període de referència (1990-2000)

Els valors s'han obtingut ajustant un model estadístic amb la informació de les parcel·les de mostreig dels dos IFN pel conjunt de coníferes i de planifolis tenint en compte l'efecte de l'estructura del bosc, dades climàtiques i la tendència de la temperatura entre IFNs.

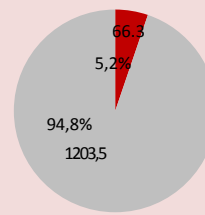
Estocs i embornals de carboni (C) absoluts

L'estoc absolut de C dels boscos de pi negre és de 3,2 milions t C (tones de carboni). La capacitat d'embornal d'aquests boscos és de 66,3 milers t C/any.

Estoc absolut (x1000 t C)



Capacitat d'embornal (x1000 t C/any)



FONT: Inventari Forestal Nacional 3

Efecte de la **SEQUERA** sobre:

Creixement Mortalitat Regeneració

Sense factors addicionals

Amb FACTORS ADDICIONALS

Més altitud

Menys precipitació

Més temperatura

Més competència

Arbres de mida gran

Més reserva de carboni als arbres

Més erosió

Sòls més prims i compactes

Topografia adversa (*)

Modificació de l'efecte:

	3	
1	3, 4, 5	17
		17

Llegenda

Sense factors addicionals

Amb factors addicionals

Efecte lleu

Alleugereix l'efecte

Efecte moderat

No canvia l'efecte

Efecte greu

Agreuja l'efecte

Efecte molt greu

Agreuja molt l'efecte

Efecte de cada pertorbació (sequera, incendis, plagues) sobre cada variable (creixement, mortalitat, regeneració), com a resultat directe, o de la interacció de dues pertorbacions, o de l'addició d'altres factors (més altitud, més precipitació, ...).

Els números fan referència a les cites procedents de la bibliografia científica. Si no hi ha cap número, vol dir que no hi ha informació al respecte.

Creixement

Mortalitat

Regeneració

Modificació de l'efecte:

16

Creixement Mortalitat Regeneració

Sense factors addicionals

FACTORS ADDICIONALS

Més altitud

Menys precipitació

Més temperatura

Més competència

Arbres de mida gran

Més reserva de carboni als arbres

Més erosió

Sòls més prims i compactes

Topografia adversa (*)

Modificació de l'efecte:

8 10

10, 11, 12

8

8

Sense factors addicionals

FACTORS ADDICIONALS

Més altitud

Menys precipitació

Més temperatura

Més competència

Arbres de mida gran

Més reserva de carboni als arbres

Més erosió

Sòls més prims i compactes

Topografia adversa (*)

7

7

Efecte dels **INCENDIS** sobre:

Efecte de les **PLAGUES** sobre:

(*) Topografia adversa fa referència a: pendents pronunciats, orientació sud, posició alta al vessant, carenes, etc. que disminueixen la disponibilitat d'aigua.

CREIXEMENT

1. Segons l'NDVI (*veure Glossari*) no s'observen efectes de la sequera del 2003 en els boscos d'alta muntanya de pi negre (Ref. 14)
2. Les tardors i hiverns amb temperatures suaus afavoreixen el creixement d'algunes espècies, entre elles el pi negre. (Ref. 12, 13)
3. L'increment de l'exposició a l'ozó causa *clorosi* als boscos de pi negre d'algunes zones de Catalunya (se n'ha observat a la Cerdanya) i porta a un increment de l'ocurrència i intensitat de danys visibles i una reducció de la biomassa de les arrels d'entre un 24% i un 29%, la qual cosa fa que els arbres siguin més vulnerables a altres factors com la sequera. (Ref. 10, 4, 17)
4. L'augment de la concentració de CO₂ en condicions més càlides sembla que no compensa els efectes negatius de la manca d'aigua sobre el creixement. (Ref. 2)
5. Les poblacions d'alta muntanya mostren un augment del creixement induït pel clima més càlid durant el període vegetatiu. Ara bé, també s'han registrat reduccions degudes a l'estrès hídric a l'estiu. (Ref. 11)
6. Un major creixement del tronc s'ha atribuït en gran mesura a l'augment de la temperatura i en certa mesura a l'augment de la concentració de CO₂ atmosfèric en un experiment als Alps Suïssos. Però un altre experiment en hivernacle apunta que la concentració de CO₂ no va tenir efectes significatius en la taxa mitjana de creixement del pi negre (Ref. 7, 1)

MORTALITAT

7. En ecosistemes alpins l'impacte del foc generalment està eclipsat per altres factors de perturbació com l'acció del vent, les esclavissades, la descomposició per fongs i pel canvi climàtic o els usos del sòl. (Ref. 26)
8. Sembla que la colonització per fongs era superior als arbres situats a la carena. (Ref. 24)
9. La taxa de creixement de les larves de la processonària del pi i la mortalitat relativa d'arbres infestats per processonària en un experiment de camp no va ser diferent entre els arbres hostes cultivats en condicions d'elevat CO₂ ambiental i els arbres control.(Ref. 20)
10. El mantell de neu augmenta la mortalitat de les larves de processonària en pi negre, tot i que el primer estadi de les larves no es veu afectat ni per les baixes temperatures ni per l'augment de CO₂. (Ref. 20)
11. L'espècie hoste no afecta significativament la supervivència final de la processonària. En canvi, el nombre d'hores d'alimentació durant el període fred sí que l'afecta. (Ref. 3)
12. L'augment de la temperatura fa aparèixer prematurament les papallones de processonària. (Ref. 8)
13. *Heterobasidion annosum* és un fong que es considera dels majors patògens de les coníferes, tot i que a Espanya no se n'han observats grans incidències. (Ref. 18)

14. *Heterobasidion annosum* persisteix en plantacions de pi negre durant molt temps. El focus de la malaltia s'expandeix lentament i es produeix la mort regressiva dels pins afectats pel fong durant dècades. (Ref. 28)
15. El miceli fúngic de *Heterobasidion annosum* es manté actiu a les soques i arrels dels pins morts des d'on és capaç d'infestar els arbres vius. (Ref. 28)

REGENERACIÓ

16. La floració tardana i l'absència de pinyes seròtines (*veure Glossari*) del pi negre suggereixen que és una espècie no adaptada al foc. (Ref. 27)
17. Les llavors de pi negre mostren unes taxes de germinació molt baixes i preferentment als vessants nord amb densitats d'arbres baixes i bona disponibilitat d'aigua. (Ref. 6)

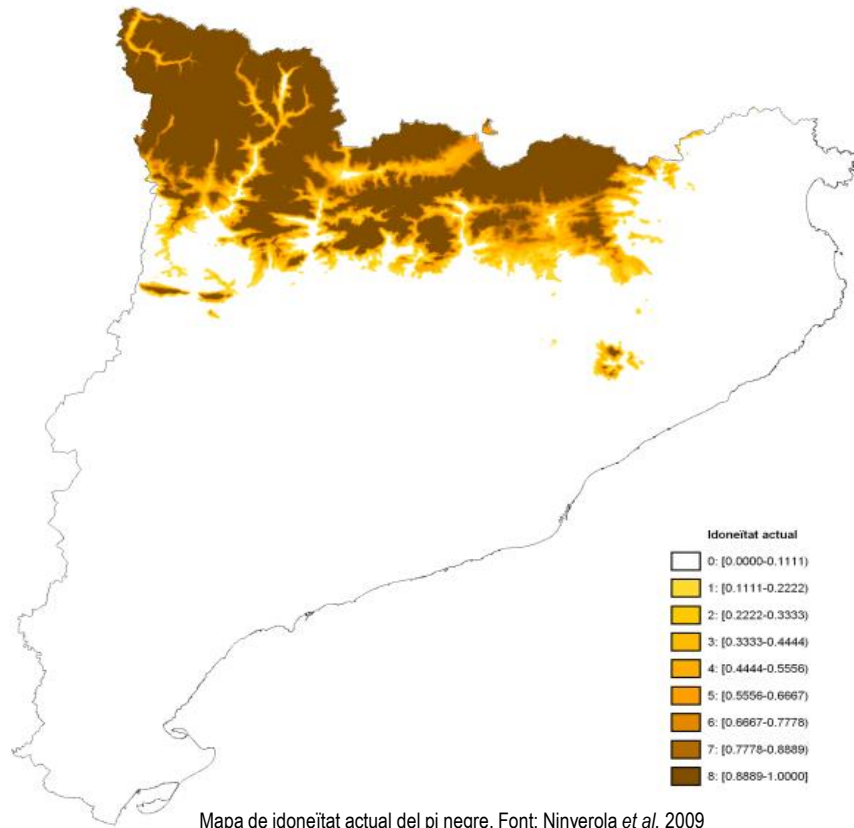
Els apartats de **DISTRIBUCIÓ** i **VULNERABILITAT** no estan representats al quadre resum dels impactes observats. Les cites de la bibliografia que hi fan referència es presenten a continuació.

DISTRIBUCIÓ

- S'espera que a finals de segle el pi negre migri cap al nord i cap amunt, a l'hàbitat d'ocupació que actualment habiten espècies de plantes alpines. (Ref. 16)
- La processonària del pi està ampliant la seva àrea de distribució geogràfica a Europa, com a conseqüència d'una major supervivència durant l'hivern en un clima més càlid. (Ref. 3)
- Durant el període 1956-2006 la superfície de pi negre ha augmentat en prop de 9 mil hectàrees al Pirineu català (un augment de més del 16%) i la cobertura mitjana de la capçada també ha crescut d'un 31% a un 55,6%. Aquesta expansió s'ha donat bàsicament a la cara nord i a baixes altituds i s'explica principalment per factors socio-econòmics. (Ref. 1)

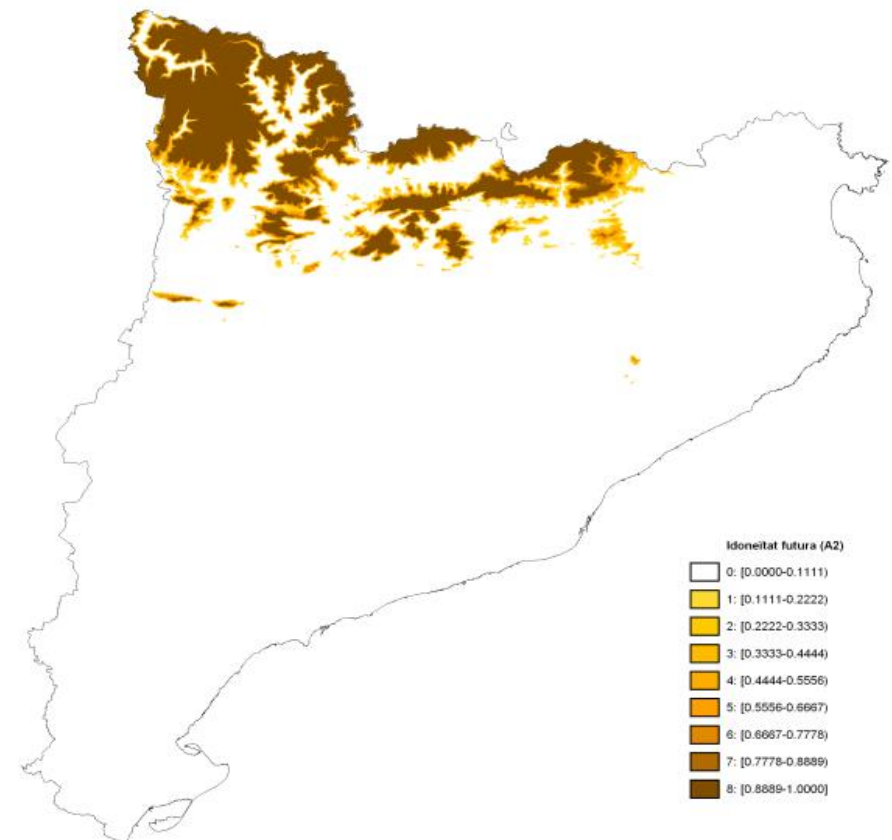
ATLES DE IDONEÏTAT TOPO-CLIMÀTICA DEL PI NEGRE:

IDONEÏTAT ACTUAL:



El grau d'adequació a les condicions climàtiques i topogràfiques del pi negre pel període 1950-1998 representa la seva idoneïtat actual. Els colors foscos indiquen més idoneïtat (conjunt de condicions topogràfiques i climàtiques en què una espècie viu actualment) i els clars menys o gens (blanc).

IDONEÏTAT PROJECTADA (ESCENARI A2):



Mapa de idoneïtat projectada (escenari A2) del pi negre. Font: Ninyerola *et al.* 2009

Grau d'adequació a les condicions climàtiques i topogràfiques del pi negre pel període 2050-2080, que representa la seva idoneïtat projectada per l'escenari A2.

La superfície indicada a la taula són les hectàrees on el pi negre té una idoneïtat climàtica del 50% o superior i el % que representa respecte la superfície total de Catalunya tant en l'actualitat com en l'escenari futur A2.

	Actual	A2
Sup. (ha)	579.968	324.140
%	18,0	10,0

Actualment podríem trobar pi negre en un 18% de la superfície de Catalunya segons les variables topo-climàtiques. Amb l'escenari A2 aquest percentatge baixaria fins el 10%.

ACCIONS PREVENTIVES:

NO S'HA TROBAT INFORMACIÓ

ACCIONS CORRECTIVES:

NO S'HA TROBAT INFORMACIÓ

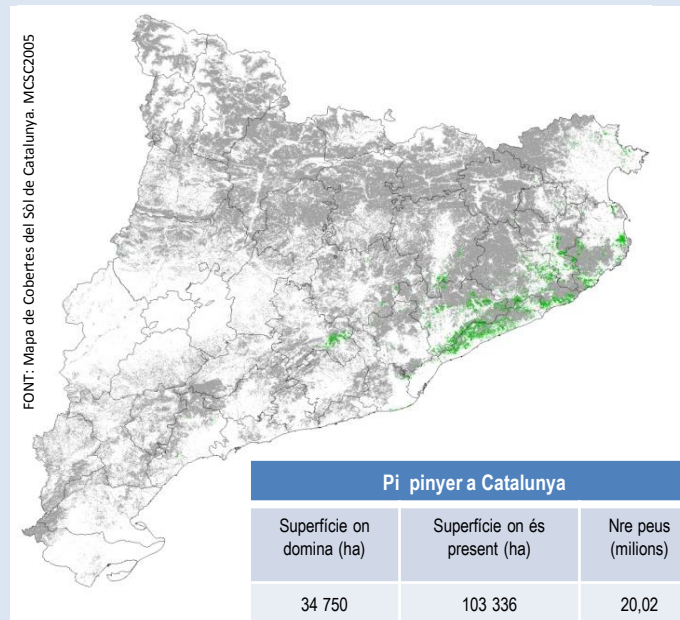
- (1) Améztegui, Aitor; Brotons, Lluís; Coll, Lluís. Land-Use changes as major drivers of mountain pine (*Pinus uncinata* Ram.) expansion in the Pyrenees. GLOBAL ECOLOGY AND BIOGEOGRAPHY, Volume: 19 Issue: 5 Pages 632-641. DOI: 10.1111/j.1466-8238.2010.00550.x x Published: 2010
- (2) Andreu-Hayles, Laia; Planells, Octavi; Gutierrez, Emilia; et al. Long tree-ring chronologies reveal 20th century increases in water-use efficiency but no enhancement of tree growth at five Iberian pine forests. GLOBAL CHANGE BIOLOGY Volume: 17 Issue: 6 Pages: 2095-2112 DOI: 10.1111/j.1365-2486.2010.02373.x Published: JUN 2011
- (3) Buffo, Emiliano; Battisti, Andrea; Stastny, Michael; et al. Temperature as a predictor of survival of the pine processionary moth in the Italian Alps. AGRICULTURAL AND FOREST ENTOMOLOGY Volume: 9 Issue: 1 Pages: 65-72 DOI: 10.1111/j.1461-9563.2006.00321.x Published: FEB 2007
- (4) Diaz-de-Quijano, Maria; Schaub, Marcus; Bassin, Seraina; et al. Ozone visible symptoms and reduced root biomass in the subalpine species *Pinus uncinata* after two years of free-air ozone fumigation. ENVIRONMENTAL POLLUTION Volume: 169 Pages: 250-257 DOI: 10.1016/j.envpol.2012.02.011 Published: OCT 2012
- (5) Escudero, A; Perez-Garcia, F; Luzuriaga, AL. Effects of light, temperature and population variability on the germination of seven Spanish pines. SEED SCIENCE RESEARCH Volume: 12 Issue: 4 Pages: 261-271 DOI: 10.1079/SSR2002116 Published: DEC 2002
- (6) Gracia, M., Ordóñez, JL. (eds.) (2009). *Els alzinars*. (2010). *Les pinedes de pi blanc* (2011). *Les pinedes de pinassa* (2011). *Les pinedes de pi riog* (2011). *Les pinedes de pi negre* (2012). *Les pinedes de pi pinyer* (2013). *Les fagedes* (2013). Manuals de gestió d'hàbitats. Diputació de Barcelona.
- (7) Handa, I. Tanya; Korner, Christian; Hattenschwiler, Sephan. Conifer stem growth at the altitudinal treeline in response to four years of CO2 enrichment. GLOBAL CHANGE BIOLOGY Volume: 12 Issue: 12 Pages: 2417-2430 DOI: 10.1111/j.1365-2486.2006.01258.x Published: DEC 2006
- (8) Hellrigl, Klaus. Investigation on mountain populations of the common pine sawfly *Diprion pini* (L.) (Hym., Diprionidae) in South Tyrol, Northern Italy. Gredleriana Volume: 2 Pages: 57-74 Published: 2002
- (9) Iturriza, E.; Mesanza, N.; Elvira-Recuenco, M.; et al. Evaluation of genetic resistance in *Pinus* to pitch canker in Spain. AUSTRALASIAN PLANT PATHOLOGY Volume: 41 Issue: 6 Pages: 601-607 DOI: 10.1007/s13313-012-0160-4 Published: 2012
- (10) Kefauver, Shawn C.; Penuelas, Josep; Ustin, Susan L. Improving assessments of tropospheric ozone injury to Mediterranean montane conifer forests in California (USA) and Catalonia (Spain) with GIS models related to plant water relations. ATMOSPHERIC ENVIRONMENT Volume: 62 Pages: 41-49 DOI: 10.1016/j.atmosenv.2012.08.013 Published: DEC 2012
- (11) Keller, T; Edouard, JL; Guibal, F; et al. Impact of a climatic warming scenario on tree growth. COMPTES RENDUS DE L ACADEMIE DES SCIENCES SERIE III-SCIENCES DE LA VIE-LIFE SCIENCES Volume: 323 Issue: 10 Pages: 913-924 DOI: 10.1016/S0764-4469(00)01238-5 Published: OCT 2000
- (12) Lebourgeois, F.; Merian, P.; Courdier, F.; et al. Instability of climate signal in tree-ring width in Mediterranean mountains: a multi-species analysis. TREES-STRUCTURE AND FUNCTION Volume: 26 Issue: 3 Pages: 715-729 DOI: 10.1007/s00468-011-0638-7 Published: JUN 2012
- (13) Lebourgeois, Francois; Merian, Pierre; Courdier, Florence; et al. THE RESPONSE TO CLIMATE AND ITS VARIATIONS OF SILVER FIR, BEECH, BLACK, SCOTS AND MOUNTAIN PINE IN THE MEDITERRANEAN MOUNTAINS DURING THE 20th CENTURY. Revue Forestiere Francaise (Nancy) Volume: 64 Issue: 2 Pages: 107-126 Published: MAR-APR 2012
- (14) Lloret, F.; Lobo, A.; Estevan, H.; et al. Woody plant richness and NDVI response to drought events in Catalanian (northeastern Spain) forests. ECOLOGY Volume: 88 Issue: 9 Pages: 2270-2279 DOI: 10.1890/06-1195.1 Published: SEP 2007
- (15) Masutti, Luigi; Battisti, Andrea. Sawflies as important defoliating insects on high altitude pines in Italy. Memorie della Societa Entomologica Italiana Volume: 72 Issue: 0 Pages: 321-326 Published: 1993 (1994)
- (16) Martinez, Isabel; Gonzalez-Taboada, Fernando; Wiegand, Thorsten; et al. Dispersal limitation and spatial scale affect model based projections of *Pinus uncinata* response to climate change in the Pyrenees. GLOBAL CHANGE BIOLOGY Volume: 18 Issue: 5 Pages: 1714-1724 DOI: 10.1111/j.1365-2486.2012.02660.x Published: MAY 2012
- (17) MORTENSEN, LM . THE INFLUENCE OF CARBON-DIOXIDE OR OZONE CONCENTRATION ON GROWTH AND ASSIMILATE PARTITIONING IN SEEDLINGS OF 9 CONIFERS. ACTA AGRICULTURAE SCANDINAVICA SECTION B-SOIL AND PLANT SCIENCE Volume: 44 Issue: 3 Pages: 157-163 Published: SEP 1994
- (18) Muñoz, Carmen; Pérez, Víctor; Cobos, Pablo; Hernández, Rodolfo; Sánchez, Gerardo. Sanidad Forestal. Guía en imágenes de plagas, enfermedades y otros agentes presentes en los bosques. Ediciones Mundi-Prensa, 2011.
- (19) Pautasso, Marco; Dehnen-Schmutz, Katharina; Holdenrieder, Ottmar; et al. Plant health and global change - some implications for landscape management. BIOLOGICAL REVIEWS Volume: 85 Issue: 4 Pages: 729-755 DOI: 10.1111/j.1469-185X.2010.00123.x Published: NOV 2010
- (20) Petrucco-Toffolo, E.; Battisti, B. Performances of an expanding insect under elevated CO2 and snow cover in the Alps. IFOREST-BIOGEOSCIENCES AND FORESTRY Volume: 1 Pages: 126-131 DOI: 10.3832/for0466-0010126 Published: AUG 27 2008
- (21) Rouget, M; Richardson, DM; Lavorel, S; et al. Determinants of distribution of six *Pinus* species in Catalonia, Spain. JOURNAL OF VEGETATION SCIENCE Volume: 12 Issue: 4 Pages: 491-502 DOI: 10.2307/3237001 Published: AUG 2001
- (22) Santamaria, O.; Pando, V.; Diez, J. J. Susceptibility of six pine species to *Gremmeniella abietina* isolates from Spain. FOREST PATHOLOGY Volume: 36 Issue: 5 Pages: 349-359 DOI: 10.1111/j.1439-0329.2006.00463.x Published: OCT 2006
- (23) SCHIMITSCHEK, GERTRUD; JAHN, ELSE. Pedological and pedobiological records on the condition of a burnt-over area in the high mountains 11 and 12 years after fire. ZENTRALBL GES FORSTW Volume: 78 Issue: (3) Pages: 158-174 Published: 1961
- (24) Sieber, Thomas N.; Rys, Jacek; Holdenrieder, Ottmar. Mycobiota in symptomless needles of *Pinus mugo* ssp. *Uncinata*. Mycological Research Volume: 103 Issue: 3 Pages: 306-310 Published: March, 1999.
- (25) Soto, A.; Robledo-Arnuncio, J. J.; Gonzalez-Martinez, S. C.; et al. Climatic niche and neutral genetic diversity of the six Iberian pine species: a retrospective and prospective view. MOLECULAR ECOLOGY Volume: 19 Issue: 7 Pages: 1396-1409 DOI: 10.1111/j.1365-294X.2010.04571.x Published: APR 2010

- (26) Staehli, Markus; Finsinger, Walter; Tinner, Willy; et al. Wildfire history and fire ecology of the Swiss National Park (Central Alps) : new evidence from charcoal, pollen and plant macrofossils. HOLOCENE Volume: 16 Issue: 6 Pages: 805-817 DOI: 10.1191/0959683606hol967rp Published: SEP 2006
- (27) Tapias, R; Climent, J; Pardos, JA; et al. Life histories of Mediterranean pines. 2nd International Conference on Mediterranean Pines Location: Chania, GREECE Date: SEP 08-13, 2002. PLANT ECOLOGY Volume: 171 Issue: 1-2 Pages: 53-68 DOI: 10.1023/B:VEGE.0000029383.72609.f0 Published: 2004
- (28) Vasiliauskas, AP. Distribution of *Heterobasidion annosum* and *Rhizina undulata* in mountain pine (*Pinus mugo*) plantations on Kuronian spit. MIKOLOGIYA I FITOPATOLOGIYA Volume: 33 Issue: 4 Pages: 276-279 Published: 1999

Pi pinyer (*Pinus pinea*)

Distribució de pi pinyer a Catalunya

El pi pinyer creix prop del Litoral, fins als 1000 metres.

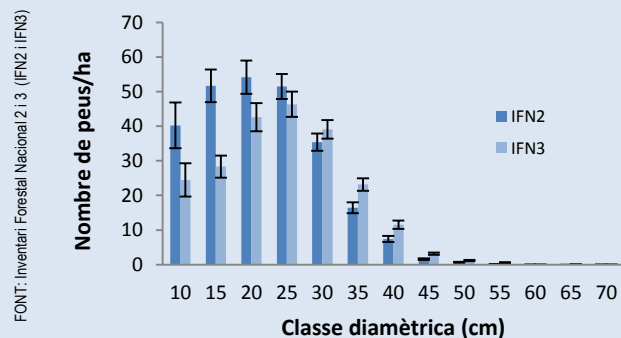


Pi pinyer a Catalunya		
Superfície on domina (ha)	Superfície on és present (ha)	Nre peus (milions)
34 750	103 336	20,02

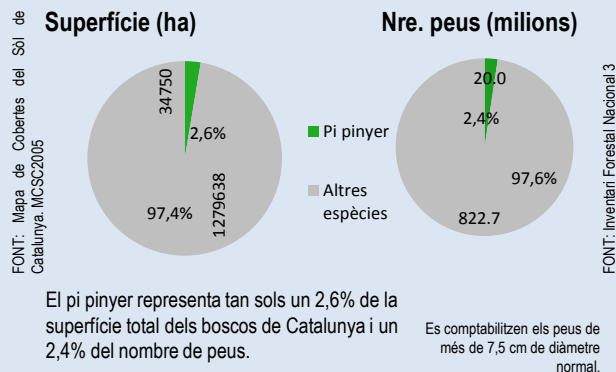
La superfície on l'espècie és present ha estat corregida pel factor resultant de dividir MCSC dominant/IFN3 dominant per tal d'homogeneitzar les dues fonts. FONTS: IFN3 i MCSC2005

Estructura de la població de pi pinyer

Forma boscos molt poc densos i de talles més aviat grans. Les dades del IFN3 mostren una estructura més madura que a l'IFN2.



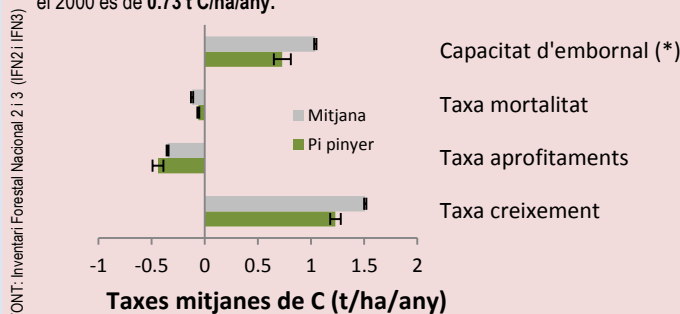
Distribució i estructura



El pi pinyer representa tan sols un 2,6% de la superfície total dels boscos de Catalunya i un 2,4% del nombre de peus.

Taxes mitjanes de carboni (C)

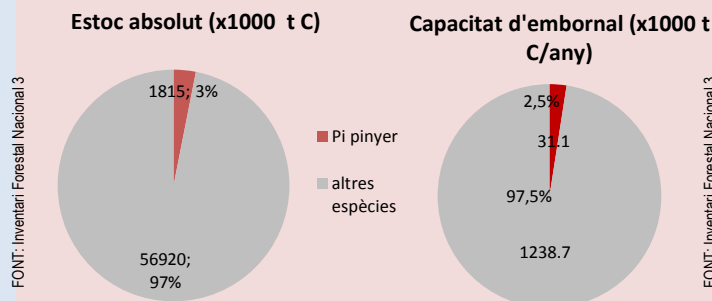
La capacitat d'embornal mitjana de les pinedes de pi pinyer entre el 1990 i el 2000 és de **0.73 t C/ha/any**.



(*) La capacitat d'embornal anual de C és la resta entre la taxa de creixement menys la taxa de mortalitat i la d'aprofitaments (en tones de C/ha/any).

Estocs i embornals de carboni (C) absoluts

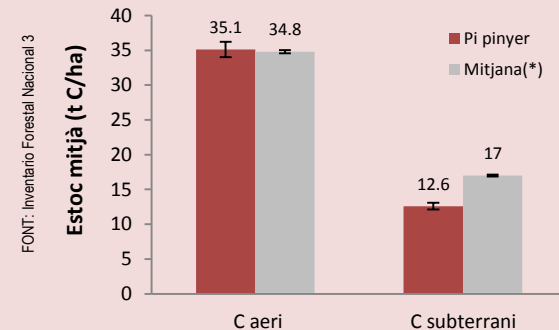
L'estoc absolut de C del pi pinyer suma uns **1,8 milions t C** (tones de carboni). La capacitat d'embornal d'aquests boscos és de **33,1 milers t C/any**.



Estoc i embornal de carboni

Estocs de carboni (C) mitjà

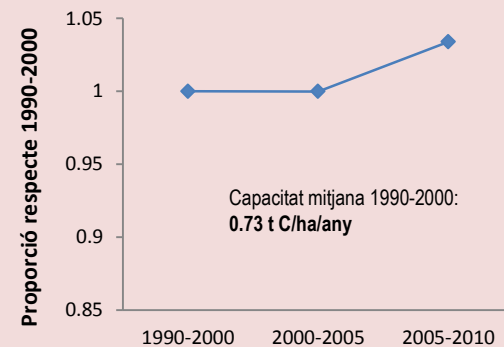
Les pinedes de pi pinyer emmagatzemen a la fracció aèria 35,1 tones de C/ha, quasi el mateix que la mitjana i 12,6 tones de C/ha a la subterrània.



(*) La mitjana està calculada amb dades de totes les espècies de Catalunya.

Canvi en la capacitat d'embornal

Respecte l'interval de referència (1990-2000) els boscos de pi pinyer han augmentat la seva capacitat d'embornal en el període 2005-2010.



Proporció de la capacitat d'embornal respecte el període de referència (1990-2000)

Els valors s'han obtingut ajustant un model estadístic amb la informació de les parcel·les de mostreig dels dos IFN pel conjunt de coníferes i dels planifolis tenint en compte l'efecte de l'estructura del bosc, dades climàtiques i la tendència de la temperatura entre IFNs.

Efecte de la **SEQUERA** sobre:

	Creixement	Mortalitat	Regeneració
Sense factors addicionals		8	18, 21
Amb FACTORS ADDICIONALS	Modificació de l'efecte:		
Més altitud			
Menys precipitació	1, 3, 4, 6	7, 12	
Més temperatura	1, 2	4	
Més competència			20
Arbres de mida gran			
Més reserva de carboni als arbres			
Més erosió			
Sòls més prims i compactes	4	12	
Topografia adversa (*)		12	

Llegenda

Sense factors addicionals	Amb factors addicionals
Efecte lleu	Alleugereix l'efecte
Efecte moderat	No canvia l'efecte
Efecte greu	Agreuja l'efecte
Efecte molt greu	Agreuja molt l'efecte

Efecte de cada pertorbació (sequera, incendis, plagues) sobre cada variable (creixement, mortalitat, regeneració), com a resultat directe, o de la interacció de dues pertorbacions, o de l'addició d'altres factors (més altitud, més precipitació, ...).

Els números fan referència a les cites procedents de la bibliografia científica. Si no hi ha cap número, vol dir que no hi ha informació al respecte.

Efecte de les **PLAGUES** sobre:

	Creixement	Mortalitat	Regeneració
Sense factors addicionals		14	15, 17, 23
FACTORS ADDICIONALS	Modificació de l'efecte:		
Més altitud			
Menys precipitació			
Més temperatura			
Més competència			
Arbres de mida gran			
Més reserva de carboni als arbres			
Més erosió			
Sòls més prims i compactes			
Topografia adversa (*)			

Efecte de les **PLAGUES** sobre:

Efecte dels **INCENDIS** sobre:

	Creixement	Mortalitat	Regeneració
Sense factors addicionals		10, 11	9, 21, 22
FACTORS ADDICIONALS	Modificació de l'efecte:		
Més altitud			15
Menys precipitació		9	16
Més temperatura			
Més competència			15
Arbres de mida gran			
Més reserva de carboni als arbres			
Més erosió			
Sòls més prims i compactes	9		15
Topografia adversa (*)			

Sense factors addicionals

FACTORS ADDICIONALS

Més altitud

Menys precipitació

Més temperatura

Més competència

Arbres de mida gran

Més reserva de carboni als arbres

Més erosió

Sòls més prims i compactes

Topografia adversa (*)

(*) Topografia adversa fa referència a: pendents pronunciats, orientació sud, posició alta al vessant, carenes, etc. que disminueixen la disponibilitat d'aigua.

CREIXEMENT

1. El pi pinyer mostra una sensibilitat en l'intercanvi de gasos i el potencial hídric molt gran degut als efectes combinats de la sequera i les altes temperatures al final dels estius més secs i càlids. (Ref. 23)
2. La taxa de fotosíntesi neta va disminuir amb l'augment de les temperatures. (Ref. 23)
3. Al sud de Portugal, el creixement radial del pi pinyer està positivament relacionat amb la precipitació. (Ref. 3)
4. A les zones on la sequera estival és més greu, a les que a l'hivern les temperatures són més baixes i on els sòls tenen una baixa retenció d'aigua, la disminució del creixement radial del pi pinyer és més gran. (Ref. 3)
5. *L'augment de la radiació UV pot ser beneficiós pels pins mediterranis alleugerint parcialment els efectes adversos de la sequera de l'estiu. Ara bé, aquest efecte positiu de la radiació dependrà d'una major precipitació a l'estiu.* (Ref. 12, 17)
6. La llargada de les fulles està influenciada per les condicions climàtiques i per la disponibilitat d'aigua del lloc on creixen els pins. La longevitat depèn de la posició de les fulles a l'arbre i de l'efecte de la sequera. (Ref. 18)

MORTALITAT

7. El pi pinyer és vulnerable a patir nivells elevats d'embolisme a les arrels, la qual cosa limita l'absorció d'aigua quan aquesta és escassa i que el pot portar fins la mort de les arrels durant el període d'estiu. (Ref. 15)
8. Els pins pinyers en un sistema dunar del mediterrani es veuen menys afectats per la sequera de l'estiu ja que poden tenir sistemes d'arrels més profundes, que els permeten accedir a aigües profundes. (Ref. 4)
9. En general els pins més grans sobreviuen al foc, ja que les flames no arriben a cremar tota la capçada. Però els petits i els que es troben en pendents pronunciats acostumen a morir, ja que el dany és major. A més la regeneració del pi pinyer no és bona. (Ref. 10)
10. Si el pi pinyer pot sobreviure al foc acostuma a ser perquè alguns arbres, poc o molt aïllats, resisteixen el pas de les flames gràcies a l'escorça gruixuda i a la forma de paraigua de la capçada. (Ref. 10)
11. El pi pinyer té una excepcional capacitat de supervivència post-incendi. (Ref. 19)
12. A la Toscana, l'estat de les capçades de pins pinyers i faigs es va deteriorar amb la disminució de la precipitació mitjana anual, especialment allà on les condicions del rodal són pobres: sòls prims, pendents pronunciats, etc. (Ref. 1)
13. *La probabilitat de mortalitat de pi pinyer augmenta amb el percentatge de capçades socarrimades i la profunditat de carbonització de l'escorça.* (Ref. 20)
14. *Tomicus destruens* fa galeries a l'escorça. Els seus atacs poden arribar a matar l'arbre. (Ref. 14)

REGENERACIÓ

15. La producció de pinyes i pinyons està molt relacionada amb l'espai entre arbres i amb la capacitat de retenció d'aigua del sòl. (Ref. 9)
16. La quantitat de llavors depèn del nombre i mida de les pinyes, i del nombre de pinyons viables que hi ha a cada pinya. La producció de pinyes depèn del vigor i de la salut de l'arbre i de la seva grandària. (Ref. 2)
17. Les plagues i els depredadors redueixen les llavors disponibles. (Ref. 2)
18. La germinació de les llavors disminueix en augmentar la sequera. (Ref. 26)
19. *Els boscos plantats presenten menor regeneració i diversitat que els boscos naturals.* (Ref. 24)
20. Les baixes densitats dels rodals no asseguren la supervivència dels plançons d'un any, però són suficients per plançons de més anys. (Ref. 16)
21. El pi pinyer és una espècie que presenta moltes dificultats per regenerar de manera natural, tant sota la pròpia coberta com sota la coberta d'altres espècies, sobretot degut a la curta distància de dispersió de llavors, la incapacitat d'establiment de les plàntules a l'ambient cremat i a la poca supervivència de les que arriben a germinar. (Ref. 10, 22)
22. Les poblacions de pi pinyer no van mostrar cap adaptació al foc: la floració és insignificant, fins i tot 15 anys després del foc, i cap de les pinyes és seròtina (*veure Glossari*). (Ref. 27)
23. La germinació de les llavors de pinyes infectades per *Dioroctria mendacella*, el seu pes i el nombre de pinyons és significativament menor que la de les pinyes sanes. (Ref. 11)

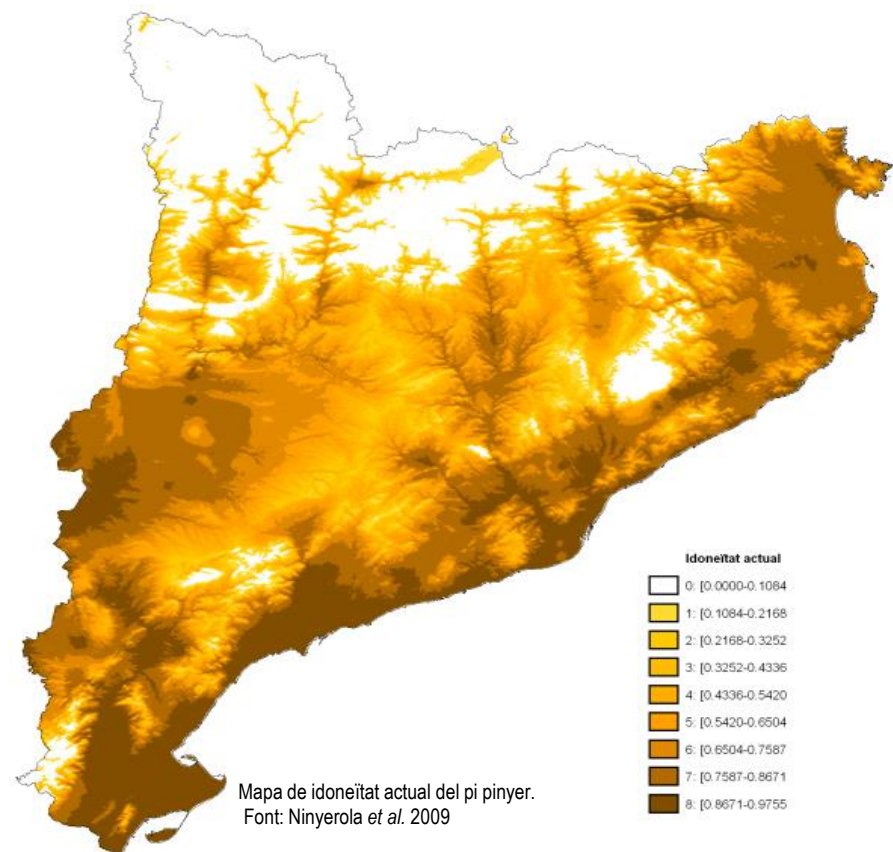
Els apartats de **DISTRIBUCIÓ** i **VULNERABILITAT** no estan representats al quadre resum dels impactes observats. Les cites de la bibliografia que hi fan referència es presenten a continuació.

DISTRIBUCIÓ

- El patró de variació observat en els caràcters morfològics i fisiològics de pi pinyer pot permetre la seva adaptació al dèficit d'aigua a curt termini. (Ref. 25)
- El foc modifica substancialment la distribució del pi pinyer al territori de Catalunya i presenta moltes dificultats per a la regeneració natural. (Ref. 10)
- L'escarabat *Tomicus destruens* colonitza totes les espècies de pins, que amb l'escalfament global pot desplaçar-se a altituds i latituds superiors. (Ref. 8)

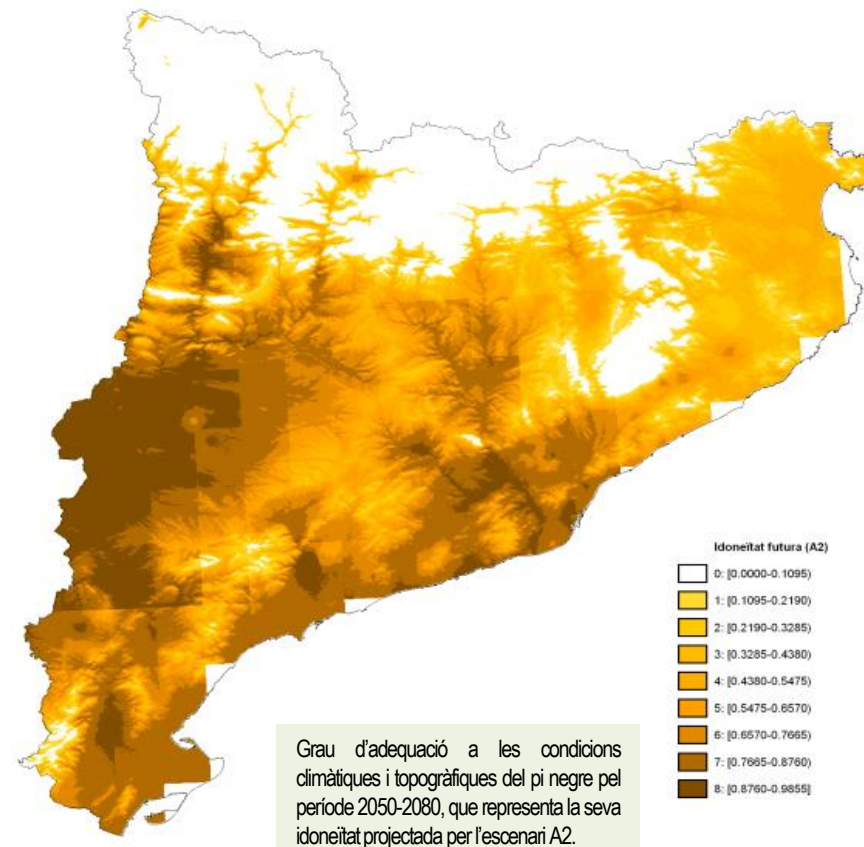
ATLES DE IDONEÏTAT TOPO-CLIMÀTICA DEL PI PINYER:

IDONEÏTAT ACTUAL:



El grau d'adequació a les condicions climàtiques i topogràfiques del pi pinyer pel període 1950-1998 representa la seva idoneïtat actual. Els colors foscos indiquen més idoneïtat (conjunt de condicions topogràfiques i climàtiques en què una espècie viu actualment) i els clars menys o gens (blanc).

IDONEÏTAT PROJECTADA (ESCENARI A2):



Mapa de idoneïtat projectada (escenari A2) del pi pinyer. Font: Ninyerola *et al.* 2009

La superfície indicada a la taula són les hectàrees on el pi pinyer té una idoneïtat climàtica del 50% o superior i el % que representa respecte la superfície total de Catalunya tant en l'actualitat com en l'escenari futur A2.

	Actual	A2
Sup. (ha)	1.892.818	1.661.772
%	58,7	51,6

Actualment podríem trobar boscos de pi pinyer en un 58,7% de la superfície de Catalunya segons les variables topo-climàtiques. Amb l'escenari A2 aquest percentatge baixaria fins el 51,6%.

ACCIONS PREVENTIVES:

NO S'HA TROBAT INFORMACIÓ

ACCIONS CORRECTIVES:

NO S'HA TROBAT INFORMACIÓ

- (1) Bussotti, F; Cenni, E; Ferretti, M; et al. Forest condition in Tuscany (Central Italy) – field surveys 1987-1991. *FORESTRY* Volume: 68 Issue: 1 Pages: 11-24 DOI: 10.1093/forestry/68.1.11 Published: 1995
- (2) Calama, Rafael; Montero, Gregorio. Cone and seed production from stone pine (*Pinus pinea* L.) stands in Central Range (Spain). *EUROPEAN JOURNAL OF FOREST RESEARCH* Volume: 126 Issue: 1 Pages: 23-35 DOI: 10.1007/s10342-005-0100-8 Published: JAN 2007
- (3) Campelo, Filipe; Nabais, Cristina; Freitas, Helena; et al. Climatic significance of tree-ring width and intra-annual density fluctuations in *Pinus pinea* from a dry Mediterranean area in Portugal. *ANNALS OF FOREST SCIENCE* Volume: 64 Issue: 2 Pages: 229-238 DOI: 10.1051/forest:2006107 Published: MAR 2007
- (4) Castillo, JM; Rubio-Casal, AE; Luque, CJ; et al. Comparative field summer stress of three tree species co-occurring in Mediterranean coastal dunes. *PHOTOSYNTHETICA* Volume: 40 Issue: 1 Pages: 49-56 DOI: 10.1023/A:1020133921204 Published: 2002
- (5) Chambel, Maria Regina; Climent, Jose; Alia, Ricardo. Divergence among species and populations of Mediterranean pines in biomass allocation of seedlings grown under two watering regimes. *ANNALS OF FOREST SCIENCE* Volume: 64 Issue: 1 Pages: 87-97 DOI: 10.1051/forest.2006092 Published: JAN-FEB 2007
- (6) El Khorchani, Ali; Gadbin-Henry, Claude; Bouzid, Sadok; et al. The impact of drought on the growth of three forest species in Tunisia (*Pinus halepensis* Mill., *Pinus pinea* L. et *Pinus pinaster* Sol.) Secheresse (Montrouge) Volume: 18 Issue: 2 Pages: 113-121 Published: APR-JUN 2007
- (7) Escudero, A; Sanz, MV; Pita, JM; et al. Probability of germination after heat treatment of native Spanish pines. *ANNALS OF FOREST SCIENCE* Volume: 56 Issue: 6 Pages: 511-520 DOI: 10.1051/forest:19990608 Published: AUG-SEP 1999
- (8) Faccoli, Massimo. Breeding performance and longevity of *Tomiscus destruens* on Mediterranean and continental pine species. *ENTOMOLOGIA EXPERIMENTALIS ET APPLICATA* Volume: 123 Issue: 3 Pages: 263-269 DOI: 10.1111/j.1570-7458.2007.00557.x Published: JUN 2007
- (9) Goncalves, Ana Cristina; Pommerening, Arne. Spatial dynamics of cone production in Mediterranean climates: A case study of *Pinus pinea* L. in Portugal. *FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT* Volume: 266 Pages: 83-93 DOI: 10.1016/j.foreco.2011.11.007 Published: FEB 15 2012
- (10) Gracia, M., Ordóñez, JL. (eds.) (2009). *Els alzinars*. (2010). *Les pinedes de pi blanc* (2011). *Les pinedes de pinassa* (2011). *Les pinedes de pi riog* (2011). *Les pinedes de pi negra* (2012). *Les pinedes de pi pinyer* (2013). *Les fagedes* (2013). Manuals de gestió d'hàbitats. Diputació de Barcelona.
- (11) Innocenti, Margherita; Tiberi, Rizzio. Cone and seed pests of *Pinus pinea* L. in Central Italy. *Redia* Volume: 85 Pages: 21-28 Published: 2002(2003)
- (12) Manetas, Y; Petropoulou, Y; Stamatakis, K; et al. Beneficial effects of enhanced UV-B radiation under field conditions: Improvement of needle water relations and survival capacity of *Pinus pinea* L seedlings during the dry Mediterranean summer. *PLANT ECOLOGY* Volume: 128 Issue: 1-2 Pages: 100-108 Published: JAN-FEB 1997
- (13) Molina, J. R.; Rodriguez y Silva, F.; Herrera, M. A. Potential crown fire behaviour in *Pinus pinea* stands following different fuel treatments. *FOREST SYSTEMS* Volume: 20 Issue: 2 Pages: 266-277 Published: 2011
- (14) Muñoz, Carmen; Pérez, Víctor; Cobos, Pablo; Hernández, Rodolfo; Sánchez, Gerardo. Sanidad Forestal. Guía en imágenes de plagas, enfermedades y otros agentes presentes en los bosques. Ediciones Mundi-Prensa, 2011.
- (15) Oliveras, I; Martínez-Vilalta, J; Jiménez-Ortiz, T; et al. Hydraulic properties of *Pinus halepensis*, *Pinus pinea* and *Tetraclinis articulata* in a dune ecosystem of Eastern Spain. *PLANT ECOLOGY* Volume: 169 Issue: 1 Pages: 131-141 DOI: 10.1023/A:1026223516580 Published: 2003
- (16) Pardos, M.; Puertolas, J.; Madrigal, G.; et al. Seasonal changes in the physiological activity of regeneration under a natural light gradient in a *Pinus pinea* regular stand. Meeting on IUFRO Ecology and Silviculture Group Location: Sustainable Forest Mgmt Res Inst, Palencia, SPAIN Date: 2010. : *FOREST SYSTEMS* Volume: 19 Issue: 3 Pages: 367-380 Published: DEC 2010
- (17) Petropoulou, Y; Kyriassis, A; Nikolopoulos, D; et al. Enhanced UV-radiation alleviates the adverse-effects of summer drought in 2 Mediterranean pines under field conditions. *PHYSIOLOGIA PLANTARUM* Volume: 94 Issue: 1 Pages: 37-44 DOI: 10.1034/j.1399-3054.1995.940106.x Published: MAY 1995
- (18) Piussi, Pietro; Torta, Giuliana. Observations on needle length and longevity of *Pinus pinea* L. *Giornale Botanico Italiano* Volume: 128 Issue: 5 Pages: 887-902 Published: 1994
- (19) Ramon Gonzalez, Jose; Trasobares, Antoni; Palahi, Marc; et al. Predicting stand damage and tree survival in burned forests in Catalonia (North-East Spain) *ANNALS OF FOREST SCIENCE* Volume: 64 Issue: 7 Pages: 733-742 DOI: 10.1051/forest:2007053 Published: OCT-NOV 2007
- (20) Rigolot, E. Predicting postfire mortality of *Pinus halepensis* Mill. and *Pinus pinea* L. 2nd International Conference on Mediterranean Pines Location: Chania, GREECE Date: SEP 08-13, 2002. *PLANT ECOLOGY* Volume: 171 Issue: 1-2 Pages: 139-151 DOI: 10.1023/B:VEGE.0000029382.59284.71 Published: 2004
- (21) Rodrigo, Anselm; Arnan, Xavier; Retana, Javi. És homogènia la recuperació, després del foc, de les comunitats de plantes i de formigues dels boscos de Catalunya? *Treballs de la societat Catalana de Geografia*, 71-72, 2001, 115-136
- (22) Rodrigo, Anselm; Quintana, Vanessa; Retana, Javier. Fire reduces *Pinus pinea* distribution in the northeastern Iberian Peninsula. *ECOSCIENCE* Volume: 14 Issue: 1 Pages: 23-30 DOI: 10.2980/1195-6860(2007)14[23:FRPPD]2.0.CO;2 Published: 2007
- (23) Rubio-Casal, A. E.; Leira-Doce, P.; Figueroa, M. E.; et al. Contrasted tolerance to low and high temperatures of three tree taxa co-occurring on coastal dune forests under Mediterranean climate. *JOURNAL OF ARID ENVIRONMENTS* Volume: 74 Issue: 4 Pages: 429-439 DOI: 10.1016/j.jaridenv.2009.10.004 Published: APR 2010
- (24) Ruiz-Benito, Paloma; Gomez-Aparicio, Lorena; Zavala, Miguel A. Large-scale assessment of regeneration and diversity in Mediterranean planted pine forests along ecological gradients. *DIVERSITY AND DISTRIBUTIONS* Volume: 18 Issue: 11 Pages: 1092-1106 DOI: 10.1111/j.1472-4642.2012.00901.x Published: NOV 2012
- (25) Sanchez-Gomez, David; Velasco-Conde, Tania; Cano-Martin, Francisco J.; et al. Inter-clonal variation in functional traits in response to drought for a genetically homogeneous Mediterranean conifer. *ENVIRONMENTAL AND EXPERIMENTAL BOTANY* Volume: 70 Issue: 2-3 Pages: 104-109 DOI: 10.1016/j.envexpbot.2010.08.007 Published: FEB 2011

(26) Sidari, Maria; Mallamaci, Carmelo; Muscolo, Adele. Drought, salinity and heat differently affect seed germination of *Pinus pinea*. JOURNAL OF FOREST RESEARCH Volume: 13 Issue: 5 Pages: 326-330 DOI: 10.1007/s10310-008-0086-4 Published: OCT 2008

(27) Tapias, R; Gil, L; Fuentes-Utrilla, P; et al. Canopy seed banks in Mediterranean pines of southeastern Spain: a comparison between *Pinus halepensis* Mill., *P. pinaster* Ait., *P. nigra* Arn. and *P. pinea* L. JOURNAL OF ECOLOGY Volume: 89 Issue: 4 Pages: 629-638 DOI: 10.1046/j.1365-2745.2001.00575.x Published: AUG 2001

Pi roig (*Pinus sylvestris*)

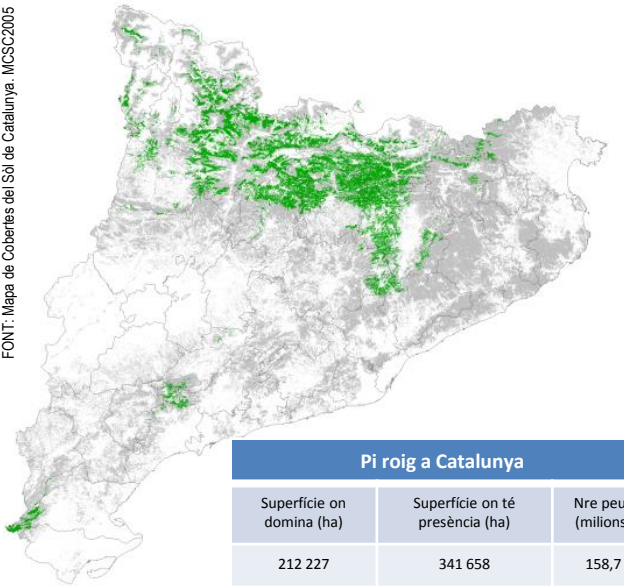
Distribució i estructura

Estoc i embornal de carboni

Distribució de pi roig a Catalunya

El pi roig a Catalunya es troba al límit meridional de la seva àrea de distribució global.

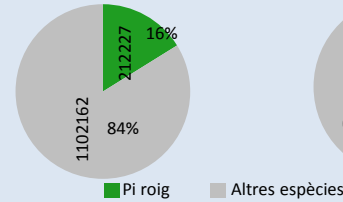
FONT: Mapa de Cobertes del Sòl de Catalunya. MCSC2005



La superfície on l'espècie és present ha estat corregida pel factor resultant de dividir MCSC dominant/ IFN3 dominant per tal d'homogeneitzar les dues fonts. FONTS: IFN3 i MCSC2005

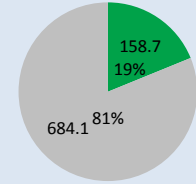
Superfície (ha)

FONT: Mapa de Cobertes del Sòl de Catalunya. MCSC2005



Nre. peus (milions)

FONT: Inventari Forestal Nacional 3



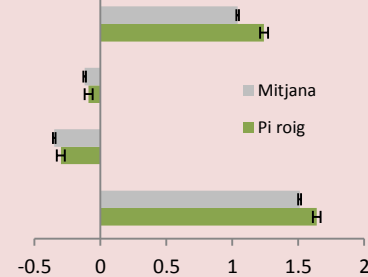
El pi roig ocupa un 16% de la superfície total dels boscos de Catalunya; mentre que en nombre de peus representa al voltant d'un 19%.

Es mostren els peus de més de 7,5 cm de diàmetre normal.

Taxes mitjanes de carboni (C)

La capacitat d'embornal mitjana de les pinedes de pi roig entre 1990 i 2000 és de **1.24 t C/ha/any**.

FONT: Inventari Forestal Nacional 2 i 3 (IFN2 i IFN3)



Taxes mitjanes de C (t/ha/any)

(*) La capacitat d'embornal anual de C és la resta entre la taxa de creixement menys la taxa de mortalitat i la d'aprofitaments (en tones de C/ha/any).

Capacitat d'embornal (*)

Taxa mortalitat

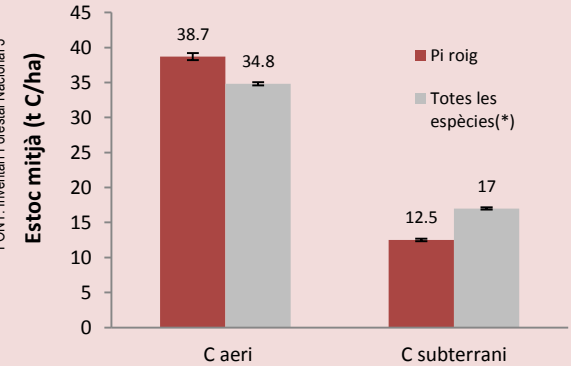
Taxa aprofitaments

Taxa creixement

Estocs de carboni (C) mitjà

El pi roig emmagatzema **3 vegades més** carboni a la part aèria que a la subterrània.

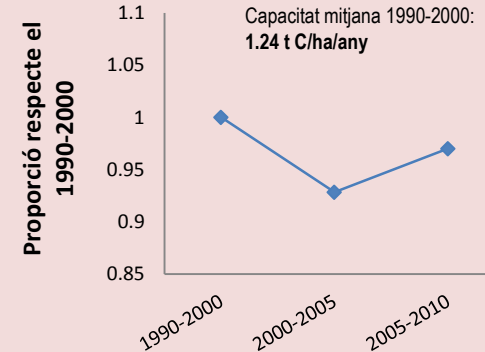
FONT: Inventari Forestal Nacional 3



(*) La mitjana està calculada amb dades de totes les espècies de Catalunya.

Canvi en la capacitat d'embornal

La capacitat d'embornal dels boscos de pi roig va caure molt lleugerament el 2000-2005 i ara sembla que es recupera de nou.



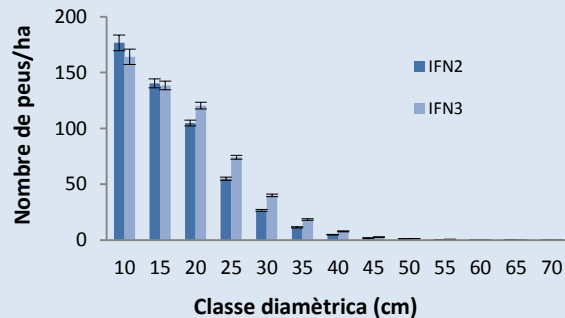
Proporció de la capacitat d'embornal respecte el període de referència (1990-2000)

Els valors s'han obtingut ajustant un model estadístic amb la informació de les parcel·les de mostreig dels dos IFN pel conjunt de coníferes i dels planifolis tenint en compte l'efecte de l'estructura del bosc, dades climàtiques i la tendència de la temperatura entre IFNs.

Estructura de la població de pi roig

L'estructura per mides (classes diamètriques) dels boscos de pi roig indica que han envellit però encara són essencialment joves.

FONT: Inventari Forestal Nacional 2 i 3 (IFN2 i IFN3)

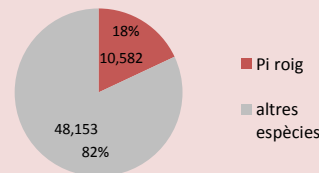


Estocs i embornals de carboni (C) absoluts

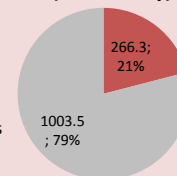
L'estoc absolut de C del pi roig és de **10,5 milions t C** (tones de carboni) i la capacitat d'embornal de **266,3 milers t C/any**.

FONT: Inventari Forestal Nacional 3

Estoc absolut de C (x1000 t)



Capacitat d'embornal de C (x1000 t/any)



FONT: Inventari Forestal Nacional 3

Efecte de la **SEQUERA** sobre:

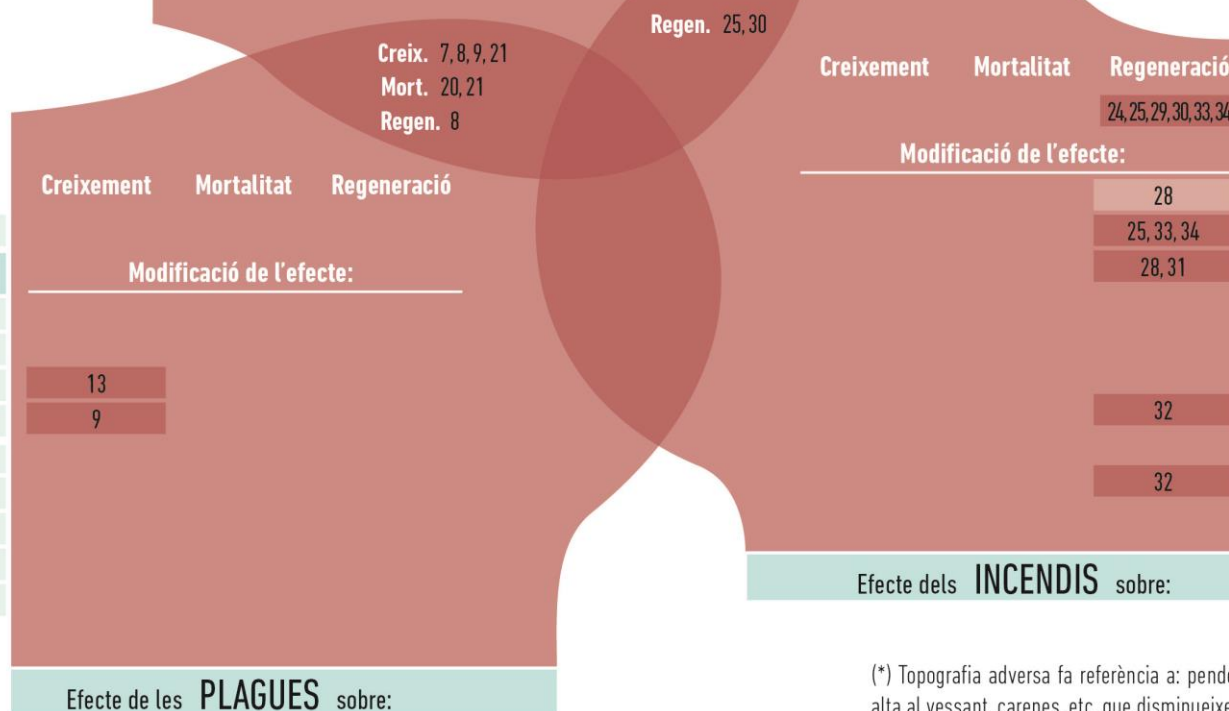
	Creixement	Mortalitat	Regeneració
Sense factors addicionals	11	14,18	
Amb FACTORS ADDICIONALS			
Modificació de l'efecte:			
Més altitud		16	
Menys precipitació	1,2,3,4,12	15,17,22,23	23
Més temperatura	1,3,10,12		
Més competència	3,6,12	6,15,17,20	
Arbres de mida gran	3,5,12	15	
Més reserva de carboni als arbres	5	5	
Més erosió			
Sòls més prims i compactes	19	19,20	
Topografia adversa (*)		22	

Llegenda

Sense factors addicionals	Amb factors addicionals
Efecte lleu	Alleugereix l'efecte
Efecte moderat	No canvia l'efecte
Efecte greu	Agreuja l'efecte
Efecte molt greu	Agreuja molt l'efecte

Efecte de cada pertorbació (sequera, incendis, plagues) sobre cada variable (creixement, mortalitat, regeneració), com a resultat directe, o de la interacció de dues pertorbacions, o de l'addició d'altres factors (més altitud, més precipitació, etc.).

Els números fan referència a les cites procedents de la bibliografia científica. Si no hi ha cap número, vol dir que no hi ha informació al respecte.



(*) Topografia adversa fa referència a: pendents pronunciats, orientació sud, posició alta al vessant, carenes, etc. que disminueixen la disponibilitat d'aigua.

CREIXEMENT

1. L'eixut als llocs més àrids i l'augment de la temperatura fan disminuir el ritme de creixement. (Ref. 28)
2. Els fluxos de C i aigua són molt sensibles a la precipitació estival. La transpiració d'un estiu sec és un 40% de la d'un estiu mitjà i no arriba a recuperar-se després de la pluja. (Ref. 10)
3. El creixement en diàmetre del tronc pot veure's minvat per la sequera o bé per les característiques de l'arbre, per la competència i la riquesa d'espècies del lloc on viu. (Ref. 2, 11)
4. El creixement està afavorit per la precipitació, mentre que la temperatura pot tenir un efecte positiu o negatiu segons el lloc. (Ref.2)
5. La quantitat de fulles verdes i els nivells de reserva de C redueixen l'impacte de la sequera en el creixement dels arbres. (Ref. 3)
6. Les parcel·les més denses tenen majors taxes de mortalitat i menors taxes de creixement. Però el creixement dels supervivents augmenta, ja que es relaxa la competència pels recursos. (Ref. 12, 28)
7. La infecció per vesc redueix el contingut de nitrogen a les fulles, afectant negativament el creixement del pi roig. (Ref. 3)
8. La defoliació que provoca la processonària redueix tant el creixement com la capacitat reproductiva del pi roig, fent créixer la producció de cons masculins i femenins, la mida dels cons, la producció de llavors (un 50% menys) i el seu pes (un 40% menys). (Ref. 27)
9. Els insectes defoliadors i els perforadors són els dos grups que causen els danys més importants a les pinedes de pi roig. Una densitat de peus massa elevada és un dels factors que ajuden a la proliferació un cop establert el focus (Ref. 6)
10. Els pins, entre d'altres, invertiran més carboni en mantenir i produir les fulles que hagin pogut perdre degut a l'augment de la temperatura (Ref. 25)
11. Hi ha una reducció de l'àrea foliar i de la densitat de la capçada després dels episodis de sequera. (Ref. 27)
12. La probabilitat de patir danys a la capçada està condicionada per la mida de l'arbre, la competència i les condicions climàtiques. (Ref. 26)
13. Els dies de glaçada, que cada vegada són menys degut a l'augment de les temperatures hivernals, són un factor clau per determinar la capacitat dels brots de processonària. (Ref. 6)

MORTALITAT

14. Entre 1990 i 2000 els arbres en peu morts s'han multiplicat per 11. (Ref. 28)
15. Les taxes de mortalitat són majors en arbres petits, als llocs més secs i amb més competència. (Ref. 28)
16. Als Alps, la mortalitat de pi roig és major per sota els 1000 m. (Ref. 21)

17. La sequera, juntament amb l'estructura del bosc és un desencadenant de decaïment forestal, que pot incloure a la mortalitat. (Ref. 26, 4, 28)
18. Les poblacions de zones humides també són vulnerables a l'eixut. (Ref. 11, 28)
19. La profunditat del sòl redueix els efectes de la sequera. La mortalitat elevada en concentra en zones amb sòls poc profunds. (Ref. 25)
20. L'estructura del bosc, les propietats del sòl i la infecció per vesc també s'associen al patró de defoliació. (Ref. 4)
21. La processonària (*Thaumtopoea pityocampa*) produeix defoliacions que poden reduir el creixement de l'arbre i fins i tot provocar-ne la mort. Malgrat això, té un paper important a la xarxa tròfica de les pinedes. (Ref. 30)
22. La sequera pot provocar una reducció de la recàrrega subterrània d'aigua, de la que el pi roig depèn fortament per superar la demanda evaporativa de l'estiu. (Ref. 10)
23. En els llocs secs, la competència per l'aigua indueix a la mortalitat, que està negativament relacionada amb la regeneració. (Ref. 28)

REGENERACIÓ

24. No hi ha regeneració de pi roig després d'un foc de capçada, o és molt baixa i ineficient i la capacitat de recolonitzar des dels marges, es limita als primers 25m, on es troben el 90% dels reclutaments. (Ref. 15, 22, 29)
25. La sequera estival dificulta la regeneració del pi roig: les zones on hi ha mortalitat i defoliació tenen regeneracions més baixes i els nous plançons són preferiblement de *Q. ilex* i *Q. humilis*. (Ref. 20, 4)
26. La regeneració no varia en funció de la gestió i és menor allà on la mortalitat és alta. (Ref. 28)
27. Els efectes de la sequera es poden fer palesos anys després (2008) de l'episodi causant (2004-2005). (Ref. 4)
28. Tant el pi roig com l'alzina regeneren bé a llocs secs, però el primer està afavorit a les zones més fresques i altes, mentre que la regeneració d'alzines és major a llocs càlids. (Ref. 22)
29. A mig termini, l'efecte del foc duu a una degradació severa dels boscos de pi roig. Els efectes principals són el pas de boscos de pi roig a matollars; el decreixement del gruix de l'horitzó 0 i la seva degradació; i l'augment de l'erosió del sòl. (Ref. 15)
30. Hi ha un desfasament entre la fenologia del pi roig i el foc de capçada. La dispersió de les llavors es dona de finals d'hivern a la primavera, just abans de l'època d'incendis, de manera que el banc de llavors que roman al sòl mor després del foc i no pot contribuir a la regeneració del pi roig. (Ref. 22, 29)
31. Les altes temperatures i el temps de l'exposició a la calor inhibeixen la germinació de les llavors de pi roig. (Ref. 13)
32. Els incendis provoquen una evident degradació del sòl i porten a una disminució en la taxa d'infiltració i un increment de l'erosió del sòl per l'aigua. (Ref. 15)
33. El banc de llavors que roman al sòl, generalment mor després del foc i no pot contribuir a la regeneració del pi roig, que pot ser substituït per altres espècies allà on era dominant. (Ref. 22, 29)

Pi roig (*Pinus sylvestris*)

34. El restabliment post-foc del pi roig és tan sols del 0.1% ja que no té mecanismes de regeneració. En tots els altres casos, s'espera que boscos d'alzines, roures, matollars i boscos mixtes de rebrotadors siguin la vegetació dominant 30 anys després del foc. (Ref. 29)

Els apartats de **DISTRIBUCIÓ** i **VULNERABILITAT** no estan representats al quadre resum dels impactes observats. Les cites de la bibliografia que hi fan referència es presenten a continuació.

DISTRIBUCIÓ

- En els darreres 31 anys, un 3.6 % dels boscos de pi roig de Catalunya han estat afectats per 32 focs, que van cremar un total de 67000 ha, situades principalment a les zones classificades com les més seques. (Ref. 29)
- El fet que el pi roig faci poques pinyes porta a què sigui més probable un canvi de comunitat després del foc, passant a boscos dominats per espècies de *Quercus* o a prats. (Ref. 22)
- Les poblacions de *Pinus sylvestris* de la Conca Mediterrània són sensibles a l'increment de ETP (evapotranspiració potencial, veure Glossari) estival i a la sequera i poden estar en perill i fins i tot ser substituïdes per altres espècies. Inclús les que es troben en zones humides i muntanyoses poden ser vulnerables a l'eixut i altres escenaris previstos pel canvi climàtic. (Ref. 4, 13, 25)
- Un 32% dels boscos de pi roig de la Península Ibèrica són vulnerables al foc. Aquesta proporció podria arribar al 66% sota un escenari conservador de canvi climàtic. Pot incrementar la freqüència de focs de capçada i posar-los en perill. (Ref. 29)
- Els canvis en el clima modificaran el règim de foc i conseqüentment la vulnerabilitat del pi roig de les zones del límit de la seva distribució. (Ref. 29)
- Un incendi en una zona ja cremada suposa unes conseqüències molt més serioses per aquests ecosistemes, que podrien reduir encara més el seu recobriment. (Ref. 15)
- Les muntanyes mediterrànies podrien perdre el seu paper de refugi per les espècies adaptades al fred que viuen al límit inferior de la seva distribució, suposant una pèrdua de l'herència genètica. (Ref. 13)
- Els boscos de pi s'estan convertint en boscos d'alzines. Això comporta conseqüències desconegudes pels béns i serveis d'aquests ecosistemes. (Ref. 21, 29)
- La millor protecció del pi roig davant la processonària és l'altitud i les baixes temperatures hivernals, però l'escalfament previst suposarà una greu amenaça per les poblacions aïllades del sud d'Europa. (Ref. 7)

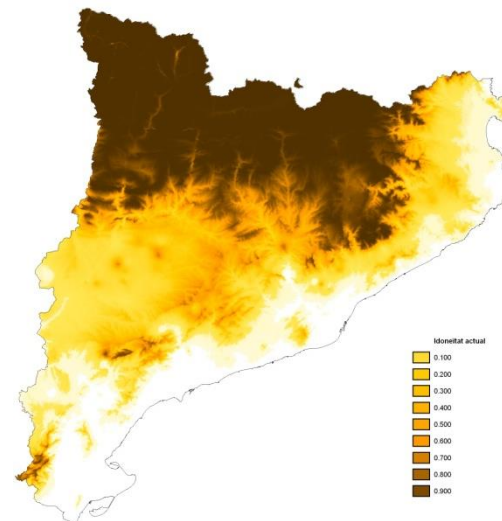
VULNERABILITAT

- Anàlisi d'indicadors (com ara la vegetació, les característiques geomorfològiques, etc.) 14 anys després d'un foc indiquen que el pi roig és poc resilient. (Ref. 15)

Impactes observats

ATLES DE IDONEÏTAT TOPO-CLIMÀTICA DEL PI ROIG:

IDONEÏTAT ACTUAL: 1950- 1998

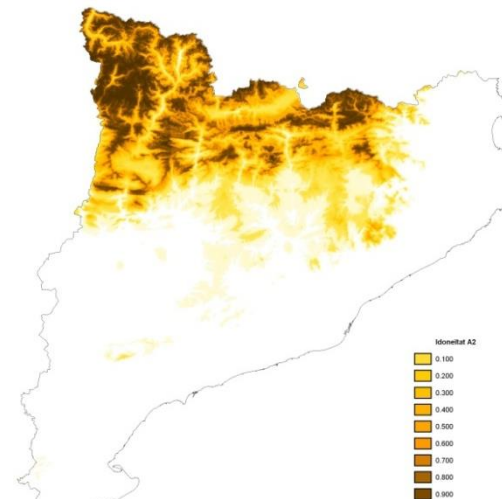


El grau d'adequació a les condicions climàtiques i topogràfiques del pi roig pel període 1950-1998 representa la seva idoneïtat actual. Els colors foscos indiquen més idoneïtat (conjunt de condicions topogràfiques i climàtiques en què una espècie viu actualment) i els clars menys o gens (blanc).

La superfície indicada a la taula són les hectàrees on el pi roig té una idoneïtat climàtica del 50% o superior i el % que representa respecte la superfície total de Catalunya tant en l'actualitat com en l'escenari futur A2.

Mapa de idoneïtat actual de pi roig.
Font: Ninyerola *et al.* 2009

IDONEÏTAT PROJECTADA (ESCENARI A2): 2050-2080



Grau d'adequació a les condicions climàtiques i topogràfiques del pi roig pel període 2050-2080, que representa la seva idoneïtat projectada per l'escenari A2.

Mapa de idoneïtat projectada (escenari A2) de pi roig. Font: Ninyerola *et al.* 2009

	Actual	A2
Sup. (ha)	1.345.220	459.824
%	41,7	14,2

Actualment podríem trobar pi roig en un 41,7% de la superfície de Catalunya segons les variables topo-climàtiques. Amb l'escenari futur A2 aquest percentatge baixaria fins el 14,2%.

ACCIONS PREVENTIVES:

- La silvicultura i la gestió forestal adaptativa poden ser unes eines essencials per l'adaptació dels boscos densos Mediterranis sota les condicions de sequera previstes per la majoria de models climàtics. (Ref. 28)
- Les diferents respostes entre espècies, suggereixen una major resistència natural al foc per part dels caducifolis respecte les coníferes: entre ells, el pi roig. (Ref. 17)
- L'estructura del bosc té importants implicacions per la gestió forestal com ara tractaments d'aclarida i taules sostenibles. Es poden fer servir com a eines per mitigar els efectes del canvi climàtic en zones amb altes densitats. (Ref. 4)

ACCIONS CORRECTIVES:

- Degut a la mala regeneració post-foc del pi roig, cal replantejar els plans de conservació i restauració per la conca Mediterrània. (Ref. 22)
- La migració assistida pot tenir un valor limitat com a eina de gestió per accelerar la migració de les espècies i per facilitar la persistència del bosc en zones temperades. (Ref. 20)
- Des del punt de vista de la restauració és important definir estratègies que disminueixin la combustibilitat dels matollars que succeeixen els pins després del foc. (Ref. 15)

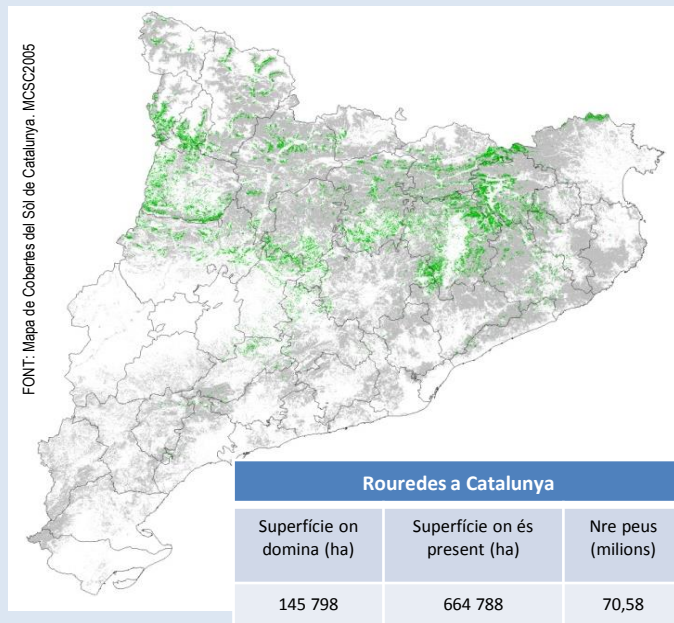
- (1) Alvarez R.; Valbuena L.; Calvo L. Effect of high temperatures on seed germination and seedling survival in three pine species (*Pinus pinaster*, *P. sylvestris* and *P. nigra*). INTERNATIONAL JOURNAL OF WILDLAND FIRE Volume: 16 Issue: 1 Pages: 63-70 DOI: 10.1071/WF06001 Published: 2007.
- (2) Bogino Stella; Fernandez Nieto Maria Jose; Bravo Felipe. Climate Effect on Radial Growth of *Pinus sylvestris* at Its Southern and Western Distribution Limits. SILVA FENNICA Volume: 43 Issue: 4 Pages: 609-623 Published: 2009
- (3) Galiano L.; Martinez-Vilalta J.; Lloret F. Carbon reserves and canopy defoliation determine the recovery of Scots pine 4 yr after a drought episode. NEW PHYTOLOGIST Volume: 190 Issue: 3 Pages: 750-759 DOI: 10.1111/j.1469-8137.2010.03628.x Published: 2011
- (4) Galiano L.; Martinez-Vilalta J.; Lloret F. Drought-Induced Multifactor Decline of Scots Pine in the Pyrenees and Potential Vegetation Change by the Expansion of Co-occurring Oak Species. ECOSYSTEMS Volume: 13 Issue: 7 Pages: 978-991 DOI: 10.1007/s10021-010-9368-8 Published: NOV 2010
- (5) Gonzalez-Olabarria Jose-Ramon; Pukkala Timo. Integrating fire risk considerations in landscape-level forest planning. FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT Volume: 261 Issue: 2 Pages: 278-287 DOI: 10.1016/j.foreco.2010.10.017 Published: JAN 15 2011
- (6) Gracia, M., Ordóñez, J.L. (eds.) (2009). *Els alzinars*. (2010). *Les pinedes de pi blanc* (2011). *Les pinedes de pinassa* (2011). *Les pinedes de pi roig*. Manuals de gestió d'hàbitats. Diputació de Barcelona.
- (7) Hodar JA; Castro J; Zamora R. Pine processionary caterpillar *Thaumetopoea pityocampa* as a new threat for relict Mediterranean Scots pine forests under climatic warming. BIOLOGICAL CONSERVATION Volume: 110 Issue: 1 Pages: 123-129 Article Number: PII S0006-3207(02)00183-0 DOI: 10.1016/S0006-3207(02)00183-0 Published: MAR 2003
- (8) Keenan Trevor; Maria Serra Josep; Lloret Francisco; et al. Predicting the future of forests in the Mediterranean under climate change, with niche- and process-based models: CO2 matters! GLOBAL CHANGE BIOLOGY Volume: 17 Issue: 1 Pages: 565-579 DOI: 10.1111/j.1365-2486.2010.02254.x Published: JAN 2011
- (9) Lindner Marcus; Maroschek Michael; Netherer Sigrid; et al. Climate change impacts, adaptive capacity, and vulnerability of European forest ecosystems. Conference: Conference on Adaptation of Forests and Forest Management to Changing Climate with Emphasis on Forest Health Location: Umea, SWEDEN Date: AUG 25-28, 2008
- (10) Llorens P.; Poyatos R.; Latron J.; et al. A multi-year study of rainfall and soil water controls on Scots pine transpiration under Mediterranean mountain conditions. HYDROLOGICAL PROCESSES Volume: 24 Issue: 21 Pages: 3053-3064 DOI: 10.1002/hyp.7720 Published: OCT 15 2010.
- (11) Martinez-Vilalta Jordi; Lopez Bernat C.; Loepfe Lasse; et al. Stand- and tree-level determinants of the drought response of Scots pine radial growth. OECOLOGIA Volume: 168 Issue: 3 Pages: 877-888 DOI: 10.1007/s00442-011-2132-8 Published: MAR 2012
- (12) Martinez-Vilalta J.; Pinol J. Drought-induced mortality and hydraulic architecture in pine populations of the NE Iberian Peninsula. FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT Volume: 161 Issue: 1-3 Pages: 247-256 Article Number: PII S0378-1127(01)00495-9 DOI: 10.1016/S0378-1127(01)00495-9 Published: MAY 15 2002
- (13) Nunez MR; Calvo L. Effect of high temperatures on seed germination of *Pinus sylvestris* and *Pinus halepensis*. FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT Volume: 131 Issue: 1-3 Pages: 183-190 DOI: 10.1016/S0378-1127(99)00211-X Published: JUN 1 2000
- (14) Pasho Edmond; Julio Camarero J.; de Luis Martin; et al. Impacts of drought at different time scales on forest growth across a wide climatic gradient in north-eastern Spain. AGRICULTURAL AND FOREST METEOROLOGY Volume: 151 Issue: 12 Pages: 1800-1811 DOI: 10.1016/j.agrformet.2011.07.018 Published: DEC 15 2011.
- (15) Perez-Cabello F.; Ibarra P.; Echeverria M. T.; et al. POST-FIRE LAND DEGRADATION OF PINUS SYLVESTRIS L. WOODLANDS AFTER 14 YEARS. LAND DEGRADATION & DEVELOPMENT Volume: 21 Issue: 2 Special Issue: SI Pages: 145-160 DOI: 10.1002/ldr.925 Published: MAR-APR 2010
- (16) Poyatos Rafael; Llorens Pilar; Pinol Josep; et al. Response of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and pubescent oak (*Quercus pubescens* Willd.) to soil atmospheric water deficits under Mediterranean mountain climate. ANNALS OF FOREST SCIENCE Volume: 65 Issue: 3 Article Number: 306 DOI: 10.1051/forest:2008003 Published: MAY 2008
- (17) Proenca Vania; Pereira Henrique M.; Vicente Luis. Resistance to wildfire and early regeneration in natural broadleaved forest and pine plantation. ACTA OECOLOGICA-INTERNATIONAL JOURNAL OF ECOLOGY Volume: 36 Issue: 6 Pages: 626- 633 DOI: 10.1016/j.actao.2010.09.008 Published: NOV-DEC 2010
- (18) Retana Javier; Aman Xavier; Arianoutsou Margarita; et al. Post-Fire Management of Non-Serotinous Pine Forests. Moreira F; Arianoutsou M; Corona P; et al. Post-Fire Management and Restoration of Southern European Forests Book Series: Managing Forest Ecosystems Volume: 24 Pages: 151-170 DOI: 10.1007/978-94-007-2208-8_7 Published: 2012 .
- (19) Retana J; Espelta JM; Habrouk A; et al. Regeneration patterns of three Mediterranean pines and forest changes after a large wildfire in northeastern Spain. ECOSCIENCE Volume: 9 Issue: 1 Pages: 89-97 Published: 2002.
- (20) Richter Sarah; Kipfer Tabea; Wohlgemuth Thomas; et al. Phenotypic plasticity facilitates resistance to climate change in a highly variable environment. OECOLOGIA Volume: 169 Issue: 1 Pages: 269-279 DOI: 10.1007/s00442-011-2191-x Published: MAY 2012
- (21) Rigling A; Biblger C; Eilmann B; Feldmeyer-Christie E; et al. Driving factors of a vegetation shift from Scots pine to pubescent oak in dry Alpine forests. GLOBAL CHANGE ECOLOGY Volume: 169 Issue: 1 Pages: 269-279 DOI: 10.1007/s00442-011-2191-x Published: SEPT 2012
- (22) Rodrigo A; Retana J; Pico FX. Direct regeneration is not the only response of Mediterranean forests to large fires. ECOLOGY Volume: 85 Issue: 3 Pages: 716-729 DOI: 10.1890/02-0492 Published: MAR 2004
- (23) Rouget M; Richardson DM; Lavorel S; et al. Determinants of distribution of six *Pinus* species in Catalonia, Spain. JOURNAL OF VEGETATION SCIENCE Volume: 12 Issue: 4 Pages: 491-502 DOI: 10.2307/3237001 Published: AUG 2001.
- (24) Ruiz-Labourdette Diego; Nogues-Bravo David; Sainz Ollero Helios; et al. Forest composition in Mediterranean mountains is projected to shift along the entire elevational gradient under climate change. JOURNAL OF BIOGEOGRAPHY Volume: 39 Issue: 1 Pages: 162-176 DOI: 10.1111/j.1365-2699.2011.02592.x Published: JAN 2012.
- (25) Sabate S; Gracia CA; Sanchez A. Likely effects of climate change on growth of *Quercus ilex*, *Pinus halepensis*, *Pinus pinaster*, *Pinus sylvestris* and *Fagus sylvatica* forests in the Mediterranean region. Conference: International Workshop on National and Regional Climate Change Impact Assessments in the Forestry Sector Location: WENDDOCHE, GERMANY Date: NOV 10-13, 1999

- (26) Sanchez-Salguero Raul; Navarro-Cerrillo Rafael M.; Swetnam Thomas W.; et al. 2012. Is drought the main decline factor at the rear edge of Europe? The case of southern Iberian pine plantations. FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT Volume: 271 Pages: 158-169 DOI: 10.1016/j.foreco.2012.01.040
- (27) Thabeet Ali; Vennetier Michel; Gadbin-Henry Claude; et al. Response of *Pinus sylvestris* L. to recent climatic events in the French Mediterranean region. TREES-STRUCTURE AND FUNCTION Volume: 23 Issue: 4 Pages: 843-853 DOI: 10.1007/s00468-009-0326-z Published: AUG 2009.
- (28) Vila-Cabrera Albert; Martinez-Vilalta Jordi; Vayreda Jordi; et al. Structural and climatic determinants of demographic rates of Scots pine forests across the Iberian Peninsula. ECOLOGICAL APPLICATIONS Volume: 21 Issue: 4 Pages: 1162-1172 DOI: 10.1890/10-0647.1 Published: JUN 2011.
- (29) Vila-Cabrera Albert; Rodrigo Anselm; Martinez-Vilalta Jordi; et al. Lack of regeneration and climatic vulnerability to fire of Scots pine may induce vegetation shifts at the southern edge of its distribution. JOURNAL OF BIOGEOGRAPHY Volume: 39 Issue: 3 Pages: 488-496 DOI: 10.1111/j.1365-2699.2011.02615.x Published: MAR 2012

Roures (*Q. humilis*, *Q. faginea*, *Q. petraea*, *Q. robur*)

Distribució de les rouredes a Catalunya

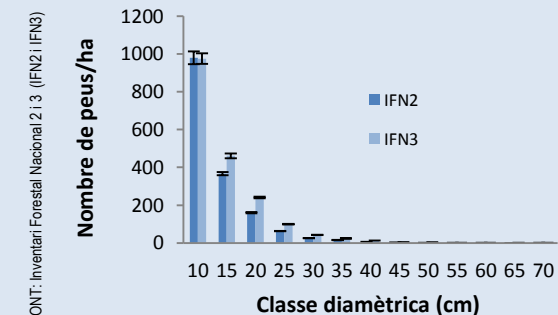
A Catalunya trobem rouredes principalment a les parts baixes de les muntanyes del pre-Pirineu.



La superfície on l'espècie és present ha estat corregida pel factor resultant de dividir MCSC dominant/IFN3 dominant per tal d'homogeneïtzar les dues fonts. FONTS: IFN3 i MCSC2005

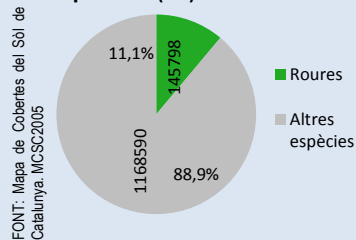
Estructura de la població dels roures

Les rouredes són boscos molt joves, amb altes densitats de peus de 10 cm de classe diamètrica, però que queden en una tercera part en passar a la classe diamètrica de 15 cm. Quasi no hi ha peus més enllà dels 30cm.

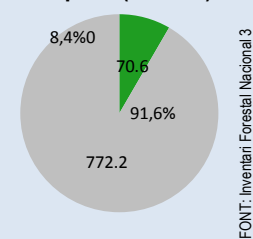


Distribució i estructura

Superfície (ha)



Nre. peus (milions)

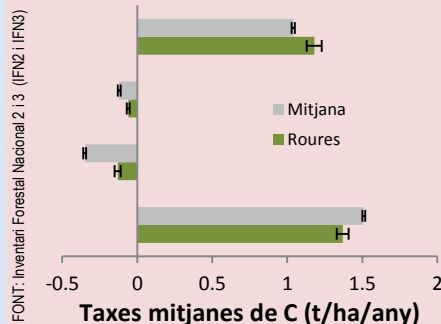


El conjunt de rouredes representa un 11,1% de la superfície total dels boscos de Catalunya i un 8,4% del nombre de peus total.

Es comptabilitzen els peus de més de 7,5 cm de diàmetre normal.

Taxes mitjanes de carboni (C)

La capacitat d'embornal mitjana de les rouredes entre 1990 i 2000 és de **1.18 t C/ha/any**.

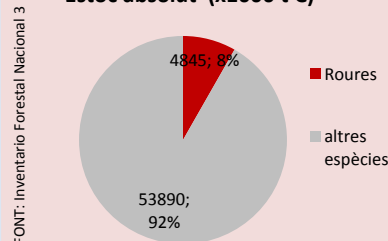


(*) La capacitat d'embornal anual de C és la resta entre la taxa de creixement menys la taxa de mortalitat i la d'aprofitaments (en tones de C/ha/any).

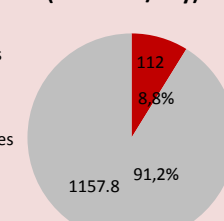
Estocs i embornals de carboni (C) absoluts

L'estoc absolut de C de les rouredes suma uns **4,8 milions t C** (tones de carboni). La capacitat d'embornal d'aquests boscos és de **112 milers t C/any**.

Estoc absolut (x1000 t C)



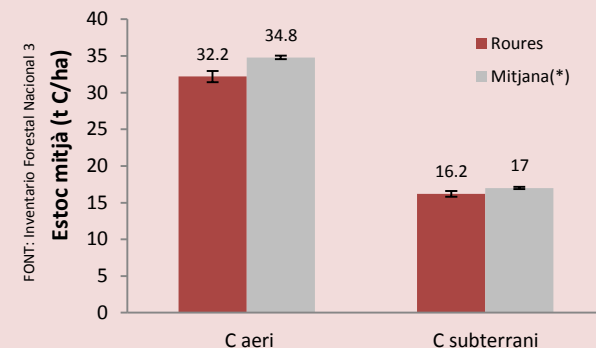
Capacitat d'embornal (x1000 t C/any)



Estoc i embornal de carboni

Estocs de carboni (C) mitjà

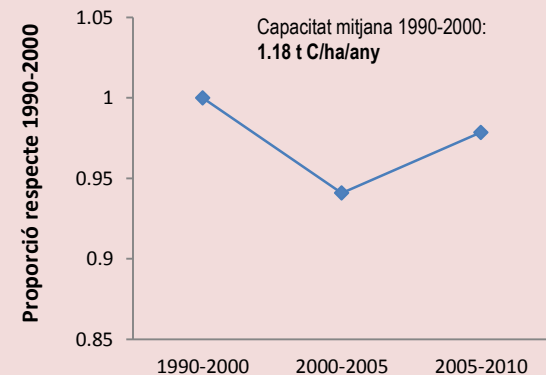
Les rouredes emmagatzemen una mica menys de carboni per hectàrea que la mitjana, tant a la fracció aèria com a la subterrània.



(*) La mitjana està calculada amb dades de totes les espècies de Catalunya.

Canvi en la capacitat d'embornal

Respecte l'interval de referència (1990-2000) les rouredes han patit una disminució al 2000-2005 de la que després s'han recuperat al 2005-2010.



Proporció de la capacitat d'embornal respecte el període de referència (1990-2000)

Els valors s'han obtingut ajustant un model estadístic amb la informació de les parcel·les de mostreig dels dos IFN pel conjunt de coníferes i dels planifolis tenint en compte l'efecte de l'estructura del bosc, dades climàtiques i la tendència de la temperatura entre IFNs.

(**) 8,9,11,13,16,7,18

Sense factors addicionals
Amb FACTORS ADDICIONALS
Més altitud
Menys precipitació
Més temperatura
Més competència
Arbres de mida gran
Més reserva de carboni als arbres
Més erosió
Sòls més prims i compactes
Topografia adversa (*)

Efecte de la **SEQUERA** sobre:

Creixement	Mortalitat	Regeneració
Fp 6 P 11 Fg 11	Fg 26 P 26	
Modificació de l'efecte:		
Fp 2 Fg 12		
Fp 1,3,4,5,6,7,20,22	Fp 22, 23	Fg 31,32 Fp 22
Fg (**)	Fg 26	M 29
Fg 10,14	P 24,26	
P 11, 21 14		
Fp 1 Fg 8 11		
P 11		
		M 29 28 Fg 31,33
Fp 3 5		
		Fg 30

Llegenda

Sense factors addicionals	Amb factors addicionals
Efecte lleu	Alleugereix l'efecte
Efecte moderat	No canvia l'efecte
Efecte greu	Agreuja l'efecte
Efecte molt greu	Agreuja molt l'efecte

Fg	Roure de fulla gran (<i>Quercus petraea</i>)
Fp	Roure de fulla petita (<i>Quercus faginea</i>)
P	Roure pèrol (<i>Quercus robur</i>)
M	Roure martinenc (<i>Quercus humilis</i>)

Efecte de cada pertorbació (sequera, incendis, plagues) sobre cada variable (creixement, mortalitat, regeneració), com a resultat directe, o de la interacció de dues pertorbacions, o de l'addició d'altres factors (més altitud, més precipitació, ...).

Els números fan referència a les cites procedents de la bibliografia científica. Si no hi ha cap número, vol dir que no hi ha informació al respecte.

Sense factors addicionals
FACTORS ADDICIONALS
Més altitud
Menys precipitació
Més temperatura
Més competència
Arbres de mida gran
Més reserva de carboni als arbres
Més erosió
Sòls més prims i compactes
Topografia adversa (*)

Efecte de les **PLAGUES** sobre:

Creixement	Mortalitat	Regeneració
P 19	P 27	
Modificació de l'efecte:		
	P 27	

Efecte dels **INCENDIS** sobre:

Creixement	Mortalitat	Regeneració
	P 37	Fp 35 P 38
Modificació de l'efecte:		

Sense factors addicionals
FACTORS ADDICIONALS
Més altitud
Menys precipitació
Més temperatura
Més competència
Arbres de mida gran
Més reserva de carboni als arbres
Més erosió
Sòls més prims i compactes
Topografia adversa (*)

(*) Topografia adversa fa referència a: pendents pronunciats, orientació sud, posició alta al vessant, carenes, etc. que disminueixen la disponibilitat d'aigua.

CREIXEMENT

1. L'amplada dels anells de creixement del roure de fulla petita correlaciona positivament amb la precipitació de la primavera i negativament amb la temperatura de l'hivern. (Ref. 1)
2. Els roures de fulla petita situats a elevacions mitjanes produeixen brots més grans que en d'altres llocs i mostren un major creixement de la gemma apical (*veure Glossari*). (Ref. 2)
3. La sequera redueix el creixement del roure de fulla petita, però no les seves reserves de C, fet que suggereix que en condicions d'estrès per aigua, el creixement no està limitat per la manca de reserves. (Ref. 45)
4. El creixement vegetatiu i reproductiu del roure de fulla petita es veu més afectat per la sequera de l'estiu que l'alzina. (Ref. 27)
5. El roure de fulla petita requereix una major disponibilitat d'aigua per poder augmentar el creixement i simultàniament emmagatzemar midó i nitrogen. (Ref. 47)
6. Degut a la sequera dels anys 1993 i 1994 es va donar una forta defoliació en el roure de fulla petita que durant aquests anys va mostrar un menor creixement radial i longitudinal. (Ref. 10)
7. La disminució del creixement del roure de fulla petita que es dona en anys secs és oposada a l'augment en els anys d'elevades precipitacions. (Ref. 10)
8. El creixement del roure de fulla gran és superior si les precipitacions entre maig i juliol són elevades. En canvi, tardors càlides i seques condueixen a una disminució del seu creixement. (Ref. 26)
9. Un increment en la freqüència i en la intensitat de les sequeres podria afectar al creixement del faig, el pi roig i el roure de fulla gran. (Ref. 26)
10. El roure de fulla gran en condicions experimentals d'exclusió de pluja no ha experimentat una disminució en el flux de saba tan marcada, probablement perquè té unes arrels més profundes que el faig. (Ref. 50)
11. Amb la sequera es redueix el creixement en alçada dels brots i el creixement del diàmetre de la tija del roure pèrol i del roure de fulla gran; mentre que l'augment de la temperatura n'estimula el creixement del diàmetre de la tija i el creixement de la longitud de l'arrel. (Ref. 3)
12. En altituds mitjanes i altes el faig i el roure de fulla gran poden experimentar una temporada més llarga de creixement, de manera que el canvi global podria allargar el període de creixement d'aquestes poblacions al llarg d'un gradient altitudinal. Per contra, les poblacions a menys alçada podrien accelerar la pèrdua de fulles i tenir un període de creixement més curt. (Ref. 49)
13. Després de la sequera del 2003, el roure de fulla gran va presentar una reducció significativa de la biomassa foliar respecte la del 2004. (Ref. 25)
14. En un experiment es va defoliar manualment durant dos anys roures de fulla gran i roures pèrol, sotmesos a estrès hídric. Aquesta defoliació no va fer minvar l'amplada dels anells de les branques; però es va reduir la conductància amb la sequera. (Ref. 48)

15. A ple sol, l'eficiència en l'ús de l'aigua dels plançons de roure de fulla gran va ser 10-15% més gran que en roure pèrol. La diferència entre les dues espècies es manté durant la sequera, malgrat que disminueix el creixement. (Ref. 38)
16. El roure de fulla gran va ser menys sensible a la sequera que el faig. (Ref. 20)
17. En un experiment amb roure de fulla gran i pi roig, el roure és més sensible als tractaments (increment de CO₂ i de O₃ en diferents concentracions i reg) d'elevats nivells de CO₂ i reg, que li fan incrementar la biomassa. (Ref. 5)
18. Un augment de la concentració de CO₂ i una major disponibilitat d'aigua fan augmentar el creixement del roure de fulla gran; mentre que si només augmenta el CO₂ però no hi ha aigua, el creixement és menor. (Ref. 5)
19. Els arbres de roure pèrol infectats per *fusarium eumartii* van tenir un creixement radial de 2,24 mm entre 1961-1994; mentre que els dels arbres sans va ser de 3,57mm. (Ref. 39)
20. La mida de les gemmes es redueix severament tant en el roure de fulla petita com en alzines durant els anys extremadament secs. (Ref. 27)
21. Els períodes de sequera poden produir un decaïment de la població de roure pèrol, ja que actua com a factor de reducció del creixement. (Ref. 39)

MORTALITAT

22. La sequera de l'estiu afecta l'àrea foliar, la biomassa foliar per unitat d'àrea i la senescència de les fulles, però no el rendiment del gla del roure de fulla petita. (Ref. 27)
23. Si les sequeres són més severes i freqüents, degut a una major variabilitat climàtica, s'espera una mort massiva de les poblacions marginals de roure de fulla petita. (Ref. 10)
24. Alguns resultats apunten que el roure pèrol és menys resistent a la sequera que el roure de fulla gran. (Ref. 38)
25. La defoliació provoca una reducció de la biomassa de les arrels fines en plançons de roure pèrol i de roure de fulla gran. (Ref. 16)
26. El factors naturals responsable dels danys més importants de roure pèrol i de roure de fulla gran a l'Europa central és la sequera i la conseqüent defoliació. (Ref. 48)
27. El fong *Phytophthora cinnamomi* és causant de la mort sobtada d'espècies de roures i es reconeix pel pansiment dels nous brots. El seu abast està limitat probablement per la seva susceptibilitat a les gelades. (Ref. 22, 30)

REGENERACIÓ

28. Després d'un episodi de sequera l'any 2005 en un bosc mixt de pi roig i roure martinenc, la incorporació de plançons de roure va ser abundant, sobretot a les parcel·les on el pi havia patit més defoliació i mortalitat. (Ref. 15)

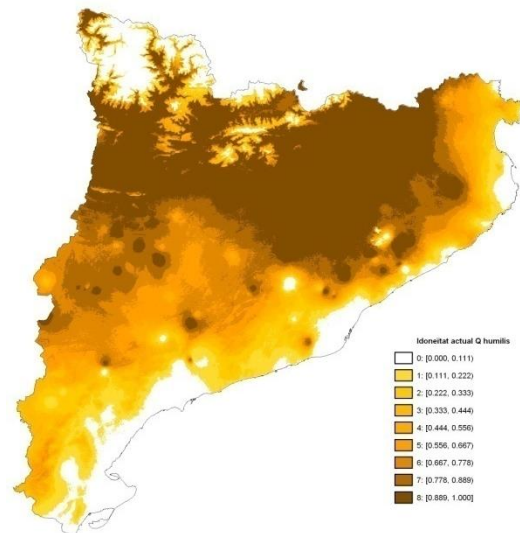
ATLES DE IDONEÏTAT TOPO-CLIMÀTICA DEL ROURE MARTINENC:

29. El percentatge de germinació del roure martinenc va ser més gran sota els arbusts *Buxus sempervirens* i *Juniperus communis* que ofereixen ombra i protecció a les plàntules i en milloren la supervivència ja que els protegeixen del pasturatge i de la sequera estival. (Ref. 43)
30. L'establiment de les plàntules de roure de fulla gran depèn de les condicions del lloc, disponibilitat de llum, d'aigua, així com de la procedència de les llavors. (Ref. 17, 34)
31. El dèficit hídric podria ser el principal contribuent de la mort de les plàntules de roure de fulla gran als micro-hàbitats més oberts; mentre que als boscos més tancats, el nivell de llum era insuficient. (Ref. 34)
32. La capacitat d'establiment de plàntules és un factor limitant pel reboll i pel roure de fulla gran, dues espècies especialment sensibles a la sequera. (Ref. 34)
33. Les plàntules de roure de fulla gran i de roure reboll plantats sota d'una coberta densa de pins són més susceptibles a la sequera estival i a presentar un retard en el creixement que els plançons plantats en densitats mitjanes. (Ref. 37)
34. La regeneració de roure pèrol és més ràpida que la del roure de fulla gran durant les primeres etapes de la regeneració. (Ref. 38)
35. Els roures de fulla petita rebroten immediatament després dels incendis i dominen durant els primers anys. (Ref. 18)
36. Els patrons de recuperació post-incendi de boscos mixtos de pi roig i roure de fulla petita han conduït a la dominància de pi roig als llocs més temperats i a la codominància de pins i roures en els més secs. (Ref. 18)
37. Després d'un foc a Portugal que va cremar 6.000 ha de bosc mixt, l'abundància de plàntules de pinastre i de roure pèrol va ser similar a les parcel·les cremades i a les no cremades. (Ref. 32)
38. Les rouredes de roure pèrol mostren una major resistència i capacitat de recuperació després d'un incendi que els pins, que implica una estabilitat més gran en el manteniment dels bens i els serveis ecosistèmics. (Ref. 59)

ATLES DE IDONEÏTAT TOPO-CLIMÀTICA DEL ROURE PÈROL:

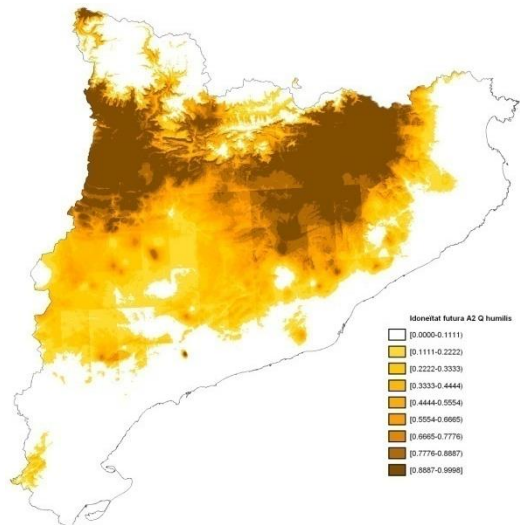
No es disposa de la informació dels atles de idoneïtat topo-climàtica pel roure pèrol. És un roure molt poc present a Catalunya.

IDONEÏTAT ACTUAL:



Mapa de idoneïtat actual del roure martinenc.
Font: Ninyerola *et al.* 2009

IDONEÏTAT PROJECTADA (ESCENARI A2):



Mapa de idoneïtat projectada (escenari A2) del roure martinenc. Font: Ninyerola *et al.* 2009

El grau d'adequació a les condicions climàtiques i topogràfiques del roure martinenc pel període 1950-1998 representa la seva idoneïtat actual. Els colors foscos indiquen més idoneïtat (conjunt de condicions topogràfiques i climàtiques en què una espècie viu actualment) i els clars menys o gens (blanc).

La superfície indicada a la taula són les hectàrees on el roure martinenc té una idoneïtat climàtica del 50% o superior i el % que representa respecte la superfície total de Catalunya tant en l'actualitat com en l'escenari futur A2.

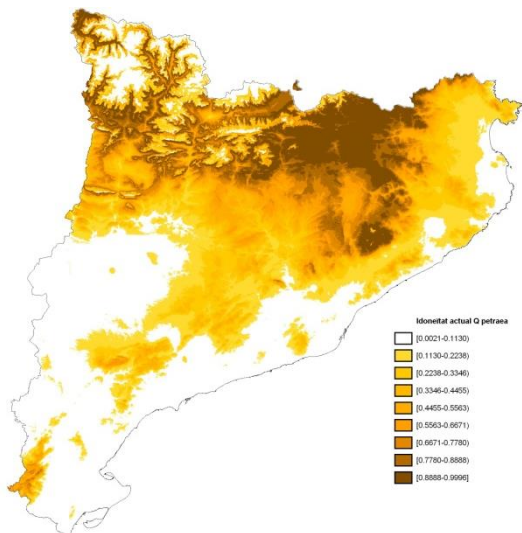
	Actual	A2
Sup. (ha)	2.113.468	1.028.976
%	65,6	32

Actualment podríem trobar rouredes de roure martinenc en un 65,6% de la superfície de Catalunya segons les variables topo-climàtiques. Amb l'escenari A2 aquest percentatge baixaria fins un 32%.

Grau d'adequació a les condicions climàtiques i topogràfiques del roure martinenc pel període 2050-2080, que representa la seva idoneïtat projectada per l'escenari A2.

ATLES DE IDONEÏTAT TOPO-CLIMÀTICA DEL ROURE DE FULLA GRAN:

ATLES DE IDONEÏTAT TOPO-CLIMÀTICA DEL ROURE DE FULLA PETITA:



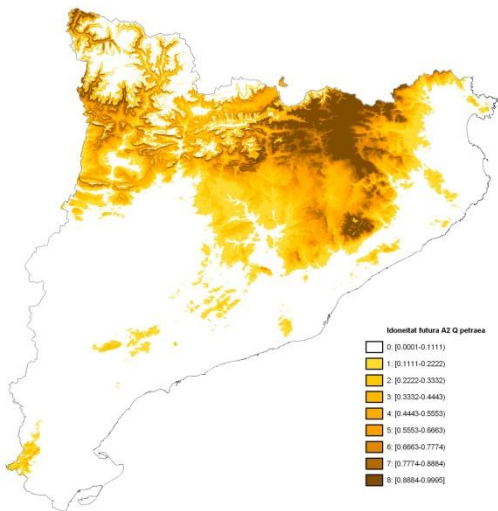
El grau d'adequació a les condicions climàtiques i topogràfiques del roure de fulla gran pel període 1950-1998 representa la seva idoneïtat actual. Els colors foscos indiquen més idoneïtat (conjunt de condicions topogràfiques i climàtiques en què una espècie viu actualment) i els clars menys o gens (blanc).

La superfície indicada a la taula són les hectàrees on el roure de fulla gran té una idoneïtat climàtica del 50% o superior i el % que representa respecte la superfície total de Catalunya tant en l'actualitat com en l'escenari futur A2.

	Actual	A2
Sup. (ha)	932.008	549.280
%	29	17

Mapa de idoneïtat actual del roure de fulla gran. Font: Ninyerola *et al.* 2009

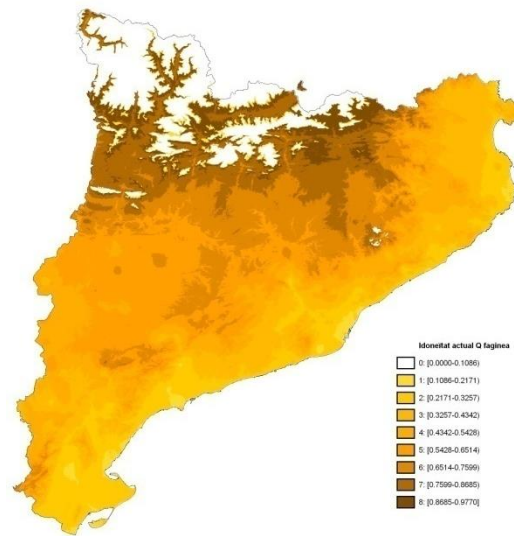
IDONEÏTAT PROJECTADA (ESCENARI A2):



Actualment podríem trobar rouredes de roure de fulla gran en un 29% de la superfície de Catalunya segons les variables topo-climàtiques. Amb l'escenari A2 aquest percentatge seria tan sols d'un 17%.

Grau d'adequació a les condicions climàtiques i topogràfiques del roure de fulla gran pel període 2050-2080, que representa la seva idoneïtat projectada per l'escenari A2.

Mapa de idoneïtat projectada (escenari A2) del roure de fulla gran. Font: Ninyerola *et al.* 2009



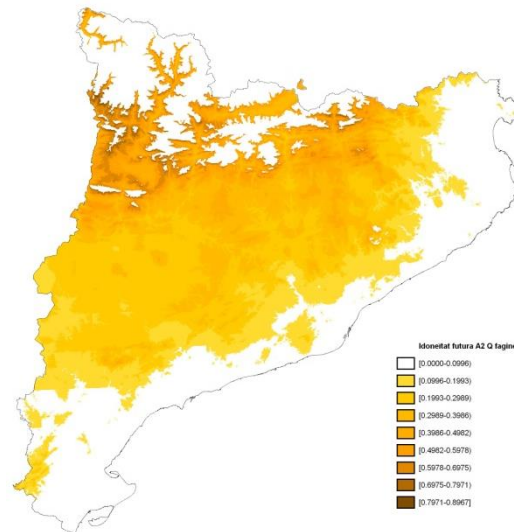
El grau d'adequació a les condicions climàtiques i topogràfiques del roure de fulla petita pel període 1950-1998 representa la seva idoneïtat actual. Els colors foscos indiquen més idoneïtat (conjunt de condicions topogràfiques i climàtiques en què una espècie viu actualment) i els clars menys o gens (blanc).

La superfície indicada a la taula són les hectàrees on el roure de fulla petita té una idoneïtat climàtica del 50% o superior i el % que representa respecte la superfície total de Catalunya tant en l'actualitat com en l'escenari futur A2.

	Actual	A2
Sup. (ha)	1.780.436	285.380
%	55,2	8,8

Mapa de idoneïtat actual del roure de fulla petita. Font: Ninyerola *et al.* 2009

IDONEÏTAT PROJECTADA (ESCENARI A2):



Grau d'adequació a les condicions climàtiques i topogràfiques del roure de fulla petita pel període 2050-2080, que representa la seva idoneïtat projectada per l'escenari A2.

Mapa de idoneïtat projectada (escenari A2) del roure de fulla petita. Font: Ninyerola *et al.* 2009

ACCIONS PREVENTIVES:

- El roure de fulla gran no pateix una disminució del flux de saba tan marcada com el faig , de manera que podria tenir una contribució positiva cap al manteniment de la diversitat d'espècies en els ecosistemes forestals mixtos sotmesos a sequeres severes. (Ref. 25)
- L'obertura de clarianes de pi roig pot representar una millora en la tolerància a la sequera dels plançons de roure de fulla gran. (Ref. 29)
- Les reduccions moderades de la cobertura dels arbres pot millorar l'establiment de les plàntules de roure reboll i de roure de fulla gran; però les sequeres extremes poden impedir l'èxit de qualsevol actuació silvícola. (Ref. 31)

ACCIONS CORRECTIVES:

- Després d'un incendi el setembre del 2003 a la part central del Portugal s'hi va dur a terme una replantació. Durant 21 mesos es va mesurar la supervivència i l'altura. Es va concloure que l'ús de la regeneració natural per rebrot pot ser una tècnica més barata i més eficaç que la plantació per restaurar els boscos cremats. (Ref. 53)

- (1) Alla, Arben Q.; Julio Camarero, J. Contrasting responses of radial growth and wood anatomy to climate in a Mediterranean ring-porous oak: implications for its future persistence or why the variance matters more than the mean. EUROPEAN JOURNAL OF FOREST RESEARCH Volume: 131 Issue: 5 Pages: 1537-1550 DOI: 10.1007/s10342-012-0621-x Published: SEP 2012
- (2) Alla, Arben Q.; Julio Camarero, J.; Rivera, Pilar; et al. Variant allometric scaling relationships between bud size and secondary shoot growth in *Quercus faginea*: implications for the climatic modulation of canopy growth. ANNALS OF FOREST SCIENCE Volume: 68 Issue: 7 Pages: 1245-1254 DOI: 10.1007/s13595-011-0093-z Published: OCT 2011
- (3) Arend, Matthias; Kuster, Thomas; Guenthardt-Goerg, Madeleine S.; et al. Provenance-specific growth responses to drought and air warming in three European oak species (*Quercus robur*, *Q. petraea* and *Q. pubescens*). TREE PHYSIOLOGY Volume: 31 Issue: 3 Pages: 287-297 DOI: 10.1093/treephys/tp004 Published: MAR 2011
- (4) Breda, Nathalie; Badeau, Vincent. Forest tree responses to extreme drought and some biotic events: Towards a selection according to hazard tolerance? COMPTES RENDUS GEOSCIENCE Volume: 340 Issue: 9-10 Pages: 651-662 DOI: 10.1016/j.crte.2008.08.003 Published: SEP-OCT 2008
- (5) Broadmeadow, MSJ; Jackson, SB. Growth responses of *Quercus petraea*, *Fraxinus excelsior* and *Pinus sylvestris* to elevated carbon dioxide, ozone and water supply. NEW PHYTOLOGIST Volume: 146 Issue: 3 Pages: 437-451 DOI: 10.1046/j.1469-8137.2000.00665.x Published: JUN 2000
- (6) Buhk, C; Hensen, I. "Fire seeders" during early post-fire succession and their quantitative importance in south-eastern Spain. JOURNAL OF ARID ENVIRONMENTS Volume: 66 Issue: 2 Pages: 193-209 DOI: 10.1016/j.jaridenv.2005.11.007 Published: JUL 2006
- (7) Castro-Diez, Pilar; Navarro, Javier. Water relations of seedlings of three *Quercus* species: variations across and within species grown in contrasting light and water regimes. TREE PHYSIOLOGY Volume: 27 Issue: 7 Pages: 1011-1018 Published: JUL 2007
- (8) Caverro, RY. Post-fire regeneration strategies and cover dynamics of the understorey flora in a *Quercus robur* forest in Navarra (N Spain). 3rd International Workshop on Fire Ecology Location: BANYULS-SUR-MER, FRANCE Date: OCT 22-26, 2001 FIRE AND BIOLOGICAL PROCESSES Pages: 69-82 Published: 2002
- (9) ollet, C; Guehl, JM. Osmotic adjustment in sessile oak seedlings in response to drought. ANNALES DES SCIENCES FORESTIERES Volume: 54 Issue: 4 Pages: 389-394 DOI: 10.1051/forest:19970406 Published: MAY 1997
- (10) Corcuera, L; Camarero, JJ; Gil-Pelegrin, E. Effects of a severe drought on growth and wood anatomical properties of *Quercus faginea*. IAWA JOURNAL Volume: 25 Issue: 2 Pages: 185-204 Published: 2004
- (11) Epron, D; Dreyer, E. Long-term effects of drought on photosynthesis of adult oak trees (*Quercus petraea* Matt.) Liebl and *Quercus robur* L. in a natural stand. NEW PHYTOLOGIST Volume: 125 Issue: 2 Pages: 381-389 DOI: 10.1111/j.1469-8137.1993.tb03890.x Published: OCT 1993
- (12) Espelta, Josep M.; Bonal, Raul; Sanchez-Humanes, Belen. Pre-dispersal acorn predation in mixed oak forests: interspecific differences are driven by the interplay among seed phenology, seed size and predator size. JOURNAL OF ECOLOGY Volume: 97 Issue: 6 Pages: 1416-1423 DOI: 10.1111/j.1365-2745.2009.01564.x Published: NOV 2009
- (13) Espelta, Josep M; Cortes, P.; Molowny-Horas, R.; et al. Acorn crop size and pre-dispersal predation determine inter-specific differences in the recruitment of co-occurring oaks. OECOLOGIA Volume: 161 Issue: 3 Pages: 559-568 DOI: 10.1007/s00442-009-1394-x Published: SEP 2009

- (14) Espelta, Josep Maria; Cortes, Pilar; Molowny-Horas, Roberto; et al. Masting mediated by summer drought reduces acorn predation in mediterranean oak forests. ECOLOGY Volume: 89 Issue: 3 Pages: 805-817 DOI: 10.1890/07-0217.1 Published: MAR 2008
- (15) Galiano, L.; Martinez-Vilalta, J.; Lloret, F. Drought-Induced Multifactor Decline of Scots Pine in the Pyrenees and Potential Vegetation Change by the Expansion of Co-occurring Oak Species. ECOSYSTEMS Volume: 13 Issue: 7 Pages: 978-991 DOI: 10.1007/s10021-010-9368-8 Published: NOV 2010
- (16) Gieger, T; Thomas, FM. Effects of defoliation and drought stress on biomass partitioning and water relations of *Quercus robur* and *Quercus petraea*. BASIC AND APPLIED ECOLOGY Volume: 3 Issue: 2 Pages: 171-181 DOI: 10.1078/1439-1791-00091 Published: 2002
- (17) Gonzalez-Rodriguez, Victoria; Barrio, Isabel C.; Villar, Rafael. Within-population variability influences early seedling establishment in four Mediterranean oaks. ACTA OECOLOGICA-INTERNATIONAL JOURNAL OF ECOLOGY Volume: 41 Pages: 82-89 DOI: 10.1016/j.actao.2012.04.008 Published: MAY 2012
- (18) Gracia, M; Retana, J; Roig, P. Mid-term successional patterns after fire of mixed pine-oak forests in NE Spain. ACTA OECOLOGICA-INTERNATIONAL JOURNAL OF ECOLOGY Volume: 23 Issue: 6 Pages: 405-411 Article Number: PII S1146-609X(02)01169-4 DOI: 10.1016/S1146-609X(02)01169-4 Published: DEC 2002
- (19) Ksontini, M; Louguet, P; Laffray, D; et al. Comparison of the water stress effects on stomatal conductance, photosynthesis and growth of Mediterranean oak seedlings (*Quercus suber* L., *Q. faginea*, *Q. coccifera*) in Tunisia. ANNALES DES SCIENCES FORESTIERES Volume: 55 Issue: 4 Pages: 477-495 DOI: 10.1051/forest:19980407 Published: MAY 1998
- (20) Leuschner, C; Backes, K; Hertel, D; et al. Drought responses at leaf, stem and fine root levels of competitive *Fagus sylvatica* L. and *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. trees in dry and wet years. FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT Volume: 149 Issue: 1-3 Pages: 33-46 DOI: 10.1016/S0378-1127(00)00543-0 Published: AUG 1 2001
- (21) Maltez-Mouro, Sara; Garcia, Luis V.; Freitas, Helena. Influence of forest structure and environmental variables on recruit survival and performance of two Mediterranean tree species (*Quercus faginea* L. and *Q. suber* Lam.) EUROPEAN JOURNAL OF FOREST RESEARCH Volume: 128 Issue: 1 Pages: 27-36 DOI: 10.1007/s10342-008-0236-4 Published: JAN 2009
- (22) Marçais, B; Bergot, M; Perarnaud, V; et al. Prediction and mapping of the impact of winter temperature on the development of *Phytophthora cinnamomi*-induced cankers on red and pedunculate oak in France. PHYTOPATHOLOGY Volume: 94 Issue: 8 Pages: 826-831 DOI: 10.1094/PHYTO.2004.94.8.826 Published: AUG 2004
- (23) Mediavilla, Sonia; Escudero, Alfonso. Differences in biomass allocation patterns between saplings of two co-occurring Mediterranean oaks as reflecting different strategies in the use of light and water. EUROPEAN JOURNAL OF FOREST RESEARCH Volume: 129 Issue: 4 Pages: 697-706 DOI: 10.1007/s10342-010-0375-2 Published: JUL 2010
- (24) Mediavilla, S; Escudero, A. Stomatal responses to drought of mature trees and seedlings of two co-occurring Mediterranean oaks. FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT Volume: 187 Issue: 2-3 Pages: 281-294 DOI: 10.1016/j.foreco.2003.07.006 Published: JAN 23 2004
- (25) Meszaros, Ilona; Veres, Szilvia; Szollosi, Erzsebet; et al. Responses of some ecophysiological traits of sessile oak (*Quercus petraea*) to drought stress and heat wave in growing season of 2003. Acta Biologica Szegediensis Volume: 52 Issue: 1 Pages: 107-109 Published: 2008

- (26) Michelot, Alice; Breda, Nathalie; Damesin, Claire; et al. Differing growth responses to climatic variations and soil water deficits of *Fagus sylvatica*, *Quercus petraea* and *Pinus sylvestris* in a temperate forest. *FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT* Volume: 265 Pages: 161-171 DOI: 10.1016/j.foreco.2011.10.024 Published: FEB 1 2012
- (27) Montserrat-Martí, Gabriel; Julio Camarero, Jesus; Palacio, Sara; et al. Summer-drought constrains the phenology and growth of two coexisting Mediterranean oaks with contrasting leaf habit: implications for their persistence and reproduction. *TREES-STRUCTURE AND FUNCTION* Volume: 23 Issue: 4 Pages: 787-799 DOI: 10.1007/s00468-009-0320-5 Published: AUG 2009
- (28) Moralejo, E.; Garcia-Munoz, J. A.; Descals, E. Susceptibility of Iberian trees to *Phytophthora ramorum* and *P. cinnamomi*. *PLANT PATHOLOGY* Volume: 58 Issue: 2 Pages: 271-283 DOI: 10.1111/j.1365-3059.2008.01956.x Published: APR 2009
- (29) Moreira, Francisco; Catry, Filipe; Lopes, Tito; et al. Comparing survival and size of resprouts and planted trees for post-fire forest restoration in central Portugal. *ECOLOGICAL ENGINEERING* Volume: 35 Issue: 5 Pages: 870-873 DOI: 10.1016/j.ecoleng.2008.12.017 Published: MAY 2009
- (30) Muñoz, Carmen; Pérez, Víctor; Cobos, Pablo; Hernández, Rodolfo; Sánchez, Gerardo. *Sanidad Forestal. Guía en imágenes de plagas, enfermedades y otros agentes presentes en los bosques*. Ediciones Mundi-Prensa, 2011.
- (31) Niinemets, U; Tenhunen, JD; Beyschlag, W. Spatial and age-dependent modifications of photosynthetic capacity in four Mediterranean oak species. *FUNCTIONAL PLANT BIOLOGY* Volume: 31 Issue: 12 Pages: 1179-1193 DOI: 10.1071/FP04128 Published: 2004
- (32) Proenca, Vania; Pereira, Henrique M.; Vicente, Luis. Resistance to wildfire and early regeneration in natural broadleaved forest and pine plantation. *ACTA OECOLOGICA-INTERNATIONAL JOURNAL OF ECOLOGY* Volume: 36 Issue: 6 Pages: 626-633 DOI: 10.1016/j.actao.2010.09.008 Published: NOV-DEC 2010
- (33) Rathgeber, C; Guiot, J; Roche, P; et al. *Quercus humilis* increase of productivity in the Mediterranean area. *ANNALS OF FOREST SCIENCE* Volume: 56 Issue: 3 Pages: 211-219 DOI: 10.1051/forest:19990303 Published: MAR-APR 1999
- (34) Rodríguez-Calcerrada, J.; Cano, F. J.; Valbuena-Carabana, M.; et al. Functional performance of oak seedlings naturally regenerated across microhabitats of distinct overstorey canopy closure. *NEW FORESTS* Volume: 39 Issue: 2 Pages: 245-259 DOI: 10.1007/s11056-009-9168-1 Published: MAR 2010
- (35) Rodríguez-Calcerrada, Jesus; Nanos, Nikos; Aranda, Ismael. The relevance of seed size in modulating leaf physiology and early plant performance in two tree species. *TREES-STRUCTURE AND FUNCTION* Volume: 25 Issue: 5 Pages: 873-884 DOI: 10.1007/s00468-011-0562-x Published: OCT 2011
- (36) Rodríguez-Calcerrada, J.; Mutke, S.; Alonso, J.; et al. Influence of overstorey density on understorey light, soil moisture, and survival of two underplanted oak species in a Mediterranean montane Scots pine forest. *INVESTIGACION AGRARIA-SISTEMAS Y RECURSOS FORESTALES* Volume: 17 Issue: 1 Pages: 31-38 Published: APR 2008
- (37) Rodríguez-Calcerrada, J.; Pardos, J. A.; Gil, L.; et al. Ability to avoid water stress in seedlings of two oak species is lower in a dense forest understorey than in a medium canopy gap. *FOREST ECOLOGY AND MANAGEMENT* Volume: 255 Issue: 3-4 Pages: 421-430 DOI: 10.1016/j.foreco.2007.09.009 Published: MAR 20 2008
- (38) Ponton, S; Dupouey, JL; Breda, N; et al. Comparison of water-use efficiency of seedlings from two sympatric oak species: genotype x environment interactions. *TREE PHYSIOLOGY* Volume: 22 Issue: 6 Pages: 413-422 Published: APR 2002
- (39) Ragazzi, Alessandro; Moricca, Salvatore; Turco, Elena; et al. Dendroclimatic analysis of *Quercus robur* infected with *Fusarium eumartii*. *Phytopathologia Mediterranea* Volume: 41 Issue: 2 Pages: 131-137 Published: August, 2002
- (40) Rodríguez-Calcerrada, J.; Pardos, J. A.; Aranda, I. Contrasting responses facing peak drought in seedlings of two co-occurring oak species. *FORESTRY* Volume: 83 Issue: 4 Pages: 369-378 DOI: 10.1093/forestry/cpq019 Published: OCT 2010
- (41) Rodríguez-Calcerrada, J.; Pardos, J. A.; Gil, L.; et al. Summer field performance of *Quercus petraea* (Matt.) Liebl and *Quercus pyrenaica* Willd seedlings, planted in three sites with contrasting canopy cover. *NEW FORESTS* Volume: 33 Issue: 1 Pages: 67-80 DOI: 10.1007/s11056-006-9014-7 Published: JAN 2007
- (42) Rougon, C; Rogues, A; Rougon, D; et al. Impact of insects on the regeneration potential of oaks in France. 1. ACTION OF PHYLLOPHAGUS CURCULIONIDAE (COLEOPTERA) ON FEMALE FLOWERS PRIOR TO FECUNDATION. *JOURNAL OF APPLIED ENTOMOLOGY-ZEITSCHRIFT FUR ANGEWANDTE ENTOMOLOGIE* Volume: 119 Issue: 7 Pages: 455-463 Published: SEP 1995
- (43) Rousset, O; Lepar, J. Positive and negative interactions at different life stages of a colonizing species (*Quercus humilis*). *JOURNAL OF ECOLOGY* Volume: 88 Issue: 3 Pages: 401-412 DOI: 10.1046/j.1365-2745.2000.00457.x Published: JUN 2000
- (44) Sanz-Perez, Virginia; Castro-Diez, Pilar. Summer water stress and shade alter bud size and budburst date in three mediterranean *Quercus* species. *TREES-STRUCTURE AND FUNCTION* Volume: 24 Issue: 1 Pages: 89-97 DOI: 10.1007/s00468-009-0381-5 Published: FEB 2010
- (45) Sanz-Perez, Virginia; Castro-Diez, Pilar; Joffre, Richard. Seasonal carbon storage and growth in Mediterranean tree seedlings under different water conditions. *TREE PHYSIOLOGY* Volume: 29 Issue: 9 Pages: 1105-1116 DOI: 10.1093/treephys/tp045 Published: SEP 2009
- (46) Sanz-Perez, Virginia; Castro-Diez, Pilar; Millard, Peter. Effects of drought and shade on nitrogen cycling in the leaves and canopy of Mediterranean *Quercus* seedlings. *PLANT AND SOIL* Volume: 316 Issue: 1-2 Pages: 45-56 DOI: 10.1007/s11104-008-9757-3 Published: MAR 2009
- (47) Sanz Perez, Virginia; Castro Diez, Pilar; Valladares, Fernando. Growth versus storage: responses of Mediterranean oak seedlings to changes in nutrient and water availabilities. *ANNALS OF FOREST SCIENCE* Volume: 64 Issue: 2 Pages: 201-210 DOI: 10.1051/forest:2006104 Published: MAR 2007
- (48) Thomas, Frank M.; Bartels, Christiane; Gieger, Thomas. Alterations in vessel size in twigs of *Quercus robur* and *Q. petraea* upon defoliation and consequences for water transport under drought. *IAWA JOURNAL* Volume: 27 Issue: 4 Pages: 395-407 Published: 2006
- (49) Vitasse, Yann; Bresson, Caroline C.; Kremer, Antoine; et al. Quantifying phenological plasticity to temperature in two temperate tree species. *FUNCTIONAL ECOLOGY* Volume: 24 Issue: 6 Pages: 1211-1218 DOI: 10.1111/j.1365-2435.2010.01748.x Published: DEC 2010
- (50) Zapater, Marion; Hossann, Christian; Breda, Nathalie; et al. Evidence of hydraulic lift in a young beech and oak mixed forest using O-18 soil water labeling. *TREES-STRUCTURE AND FUNCTION* Volume: 25 Issue: 5 Pages: 885-894 DOI: 10.1007/s00468-011-0563-9 Published: OCT 2011

- **Fongs micorizítics arbusculars:** les micorizes són la relació simbiòtica que s'estableix entre un fong i les arrels d'alguns arbres. En el cas dels fongs micorizítics arbusculars la colonització de les arrels es dona de forma intracel·lular. Les micorizes són un component important en la vida i la química del sòl. (*Viquipèdia*)
- **Gemma apical** : Proporció terminal de la tija, part terminal o extrem. (*Diccionario forestal , Sociedad Española de Ciencias Forestales*)
- **Índex NAO:** De les sigles angleses *North Atlantic Oscillations*). És un fenomen climàtic del nord de l'oceà Atlàntic de fluctuacions en la diferència de la pressió atmosfèrica a nivell del mar entre la depressió d'Islàndia i l'Anticicló de les Açores. A través dels moviments oscil·lants est-oest d'aquesta depressió i anticicló, es determina la força i direcció dels vents. Una situació de **NAO+** dona lloc a poca precipitació al Sud d'Europa i la Conca Mediterrània; mentre que un **NAO-** comporta temperatures lleus i condicions humides en aquestes regions.
- **NDVI:** De les sigles ingleses: *Normalized Difference Vegetation index*. És un índex que estima la quantitat, qualitat i desenvolupament de la vegetació.
- Plàntula:** Planta en l'inici del seu desenvolupament com a conseqüència de la germinació de la llavor; planta molt jove. (*Diccionari de la llengua Catalana, IEC*)
- Plançó:** Arbre jove, encara amb aspecte d'arbust. (*Diccionari de la llengua Catalana, IEC*)
- Seròtina / pinyes seròtines:** És una estratègia que augmenta la resistència al foc mitjançant l'emmagatzematge de llavors a les pinyes de la capçada, protegint-les de el calor i retardant-ne la seva dispersió. (35)
- **ETP, Evapotranspiració potencial:** Quantitat màxima d'aigua capaç de ser evaporada en un clima determinat, per una coberta de vegetació contínua i sense escassetat d'aigua. Per tant inclou l'evaporació del sòl i la transpiració vegetal en una regió específica i en un interval de temps donat. (*Diccionario forestal , Sociedad Española de Ciencias Forestales*)

Impactes observats i previstos de les espècies arbòries més abundants a Catalunya

CONCLUSIONS:

Buits d'informació

En totes les espècies hi ha una part de les tessel·les queden buides. En molts casos, la tessel·la referent a les plagues és la que conté menys informació. Probablement la informació referent a les plagues es troba a altres tipus de bibliografia no-científica: manuals de gestió, guies de sanitat forestal, etc, que no han estat consultades en aquest buidatge, centrat únicament en articles científics.

En altres casos les caselles en blanc assenyalen buits reals d'informació, punts dels que no es tenen dades. Un exemple molt clar és el cas del pi negre. La infografia del pi negre queda molt buida degut a què hi ha molt poca bibliografia sobre aquesta espècie: només s'han fet servir 28 articles per omplir-la mentre que per la surera o l'alzina se n'han consultat al voltant de 70. Això fa que, a cop d'ull, una conclusió superficial sobre els impactes observats en pi negre pel que fa a sequera i incendis pot semblar tenir poc efecte. En canvi, malgrat l'escassa informació que es té sobre aquesta espècie, la seva àrea de distribució i les seves característiques fan pensar que hauria de ser molt vulnerable a la sequera i als incendis. Fins ara a Catalunya no hi ha hagut gairebé incendis de pi negre de manera que es fa difícil saber què els passarà a aquests boscos a curt, mitjà i llarg termini.

Alguns d'aquests buits d'informació poden servir per assenyalar on seria convenient dedicar esforços tant econòmics com de recerca per mirar de completar-la, ja que és l'eina essencial per a la presa de decisions.

Una gran absència al buidatge d'informació que s'ha fet és la referent a les "Recomanacions per una gestió forestal adaptativa". En la major part dels casos s'ha trobat molt poca informació als articles i en alguns casos no se n'ha trobat gens. Aquesta informació es podria trobar en part en manuals de gestió forestal com els ORGEST (Orientacions de Gestió

Forestal Sostenible), però aquest manuals no donen orientacions de gestió adaptativa al canvi climàtic. De forma anàloga, no sempre s'ha trobat bibliografia que parlés explícitament sobre la distribució i la vulnerabilitat de l'espècie, per això en algunes fitxes aquests apartats no hi són o només n'hi ha un dels dos.

Vulnerabilitat

Atenent a tota la informació recopilada en aquest buidatge bibliogràfic dels impactes observats de les nou espècies arbòries tractades, així com de consultes a alguns experts, s'ha fet una classificació de la seva vulnerabilitat per la sequera i pels incendis de forma qualitativa. La informació referent a les plagues ha estat tan escassa que no ha estat suficient per establir aquest rànquing.

El salt d'una espècie a l'altra no és proporcional, sinó que es tracta únicament d'un ordre qualitatiu. Fins i tot, en alguns casos es fa molt difícil ordenar les espècies, de manera que s'han fet tres grans grups, dins dels quals l'ordre és incert. En el cas del pi negre hi ha tan poca informació referent a la sequera i als incendis que s'hi ha afegit un interrogant, ja que no està gens clar on caldria col·locar-lo. I la vulnerabilitat del faig als incendis també s'ha escrit amb un interrogant.

Alguns aclariments sobre la vulnerabilitat a la sequera:

-En general els pins són més resistents a l'estrés hídric. Ara bé, si arriben a quedar afectats, és difícil que es recuperin. En canvi, roures i alzines i, en general les planifòlies, tenen una major capacitat de recuperació (poden rebrotar) i sovint també de regeneració després d'episodis de sequera.

Impactes observats i previstos de les espècies arbòries més abundants a Catalunya

CONCLUSIONS:

Alguns aclariments sobre la vulnerabilitat als incendis:

- La vulnerabilitat del pi blanc pel que fa a incendis és relativament baixa sempre que el temps transcorregut entre incendis sigui d'entre 15-20 anys com a mínim. Si la recurrència de focs és major, el pi no té temps d'arribar a fer llavors viables.
- El pi pinyer té molt poc establiment després d'un foc i una baixa capacitat de dispersió de llavors.

