

CANVIBOSC: Vulnerabilidad de las especies forestales al cambio climático

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

Octubre de 2013

Impactos observados y previstos entre las especies arbóreas más abundantes en Cataluña

INTRODUCCIÓN:

1.- Objetivos

Las siguientes fichas constituyen un vaciado mediante el cual se pretende poner orden y sintetizar la información científica recientemente publicada sobre los impactos observados entre las principales especies arbóreas ante las amenazas más importantes que se prevén en el contexto del cambio climático: **la sequía, las plagas y los incendios forestales**.

El objetivo de estas fichas ha sido realizar un vaciado lo más exhaustivo posible de la bibliografía científica disponible hasta finales del 2012 o bien mediados del 2013 (según cada caso). Para cada especie se ha determinado cuál es la fecha de la búsqueda, ya que el ritmo de publicación de artículos en revistas científicas es vertiginoso y pueden darse novedades continuamente. Se ha llevado a cabo un proceso de *digestión* de la información científica y de *traducción* a un lenguaje no científico y comprensible en la medida de lo posible. Un segundo objetivo, no menos importante, ha sido la identificación de los vacíos de información, aquellos puntos sobre los que, hasta la fecha, se carece de información científica disponible.

Este acopio de información pretende ser útil para poder diseñar políticas y acciones preventivas y correctivas sobre la gestión forestal y encarar, así, las amenazas y la vulnerabilidad del cambio climático.

2.- Metodología

2.1.- Vaciado bibliográfico y oraciones

Para realizar el vaciado bibliográfico se han elegido unos artículos a partir del buscador de artículos científicos "Web of knowledge" (<http://wokinfo.com/>). Este buscador permite realizar búsquedas filtradas con palabras clave. Se eligieron tres parámetros para filtrar como palabras clave: la especie, el área geográfica de estudio de los artículos y el impacto previsto: sequía / incendios / plagas.

Tabla 1: Nombre común, nombre científico y superficie que ocupan las 9 especies elegidas.

Nombre común	Nombre científico	Superficie (ha)	% respecto al bosque total
Encina	<i>Quercus ilex</i>	226.461	17.22
Alcornoque mediterráneo	<i>Quercus suber</i>	66.542	5.06
Haya	<i>Fagus sylvatica</i>	33.514	2.55
Pino carrasco	<i>Pinus halepensis</i>	300.912	22.89
Pino laricio o salgareño	<i>Pinus nigra</i>	119.322	9.07
Pino negro	<i>Pinus uncinata</i>	65.404	4.97
Pino piñonero	<i>Pinus pinea</i>	34.750	2.64
Pino silvestre	<i>Pinus sylvestris</i>	212.227	16.14
Robles (*)	Roble pubescente	<i>Quercus humilis</i>	7.30
	Roble carrasqueño o quejigo	<i>Quercus faginea</i>	3.16
	Roble albar	<i>Quercus petraea</i>	0.39
	Roble común, carvallo o fresnal	<i>Quercus robur</i>	0.23

(*) Se han unido estas 4 especies de robles en un solo grupo.

El **área de estudio** se enmarca en España, siempre que exista una cantidad razonable de estudios realizados en este ámbito. Para el alcornoque mediterráneo, se ha abierto el campo a toda la Península Ibérica, dada la gran cantidad de estudios realizados en Portugal sobre esta especie. Y para las especies con poca presencia en Cataluña y España, se ha ampliado el área a toda la cuenca mediterránea.

Los impactos que se han introducido a modo de palabras clave son: *drought*, *fire* (emplear *wild fire* implicaba dejar fuera muchos artículos) y *pest* o *outbreak*.

Impactos observados y previstos entre las especies arbóreas más abundantes en Cataluña

INTRODUCCIÓN:

Con la combinación de estas palabras clave, se ha realizado una primera selección para cada una de las especies. Una vez practicada la primera búsqueda, se han eliminado los artículos que, atendiendo al título y al resumen, no tienen ninguna relación con la vulnerabilidad a la sequía, los incendios o las plagas. Tras esta selección se han obtenido los artículos que han sido vaciados. En la tabla 2 se especifica la fecha de cada una de las búsquedas, la cantidad de artículos tras la primera selección y las palabras clave que se han empleado.

Tabla 2: Nombre común, fecha de la búsqueda, número de artículos leídos y palabras clave empleadas en la búsqueda de las 9 especies elegidas.

Especie	Fecha de la búsqueda	N.º de artículos	Palabras clave de la búsqueda
Encina	2-12-12	77	<i>Quercus ilex</i> , Spain, drought / fire / pest/ outbreak
Alcornoque mediterráneo	14-1-13	81	<i>Quercus suber</i> , Mediterranean, drought / fire / pest/ outbreak
Haya	6-2-13	43	<i>Fagus sylvatica</i> , Mediterranean, drought / fire / pest/ outbreak
Pino carrasco	25-1-13	89	<i>Pinus halepensis</i> , Spain, drought / fire / pest/ outbreak
Pino salgareño	29-1-13	58	<i>Pinus nigra</i> , Mediterranean, drought / fire / pest/ outbreak
Pino negro	7-2-13	30	<i>Pinus uncinata</i> / <i>Pinus mugo</i> , Mediterranean, drought / fire / pest/ outbreak
Pino piñonero	28-1-13	31	<i>Pinus pinea</i> , Spain, drought / fire / pest/ outbreak
Pino silvestre	14-10-12	35	<i>Pinus sylvestris</i> , Mediterranean/ Spain, drought / fire / pest/ outbreak
Robles	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

Algunos de estos artículos, tras haber sido leídos, han sido descartados, ya que no aportaban información útil y relevante para nuestro objetivo. Se han extraído las ideas y los resultados principales de los artículos, clasificándolos según si los efectos del impacto se daban

sobre el crecimiento, la mortalidad o la regeneración de los árboles. A partir de dicha información, se han ido redactando las oraciones, manteniendo el sentido del artículo con la máxima fidelidad posible, pero con un lenguaje no científico y asequible que no siempre ha permitido conservar la precisión y los detalles de los resultados. Así pues, este redactado adaptado de la información ha implicado ciertas simplificaciones que han conllevado una pérdida de precisión.

Por todo ello, la bibliografía que se ha utilizado finalmente para cada una de las especies es la que se especifica en "artículos elegidos" de la tabla 3. Asimismo, corresponde a la que se detalla por separado al final de cada una de las fichas.

Tabla 3: Nombre común, número de artículos leídos y número de artículos elegidos para las 9 especies.

Especie	Artículos leídos	Artículos elegidos
Encina	77	70
Alcornoque mediterráneo	81	69
Haya	43	28
Pino carrasco	89	61
Pino laricio	58	46
Pino negro	30	28
Pino piñonero	31	27
Pino silvestre	35	29
Robles	84	50
Totales	528	408

Para los artículos que trataban temas muy similares se ha intentado unificar las oraciones, de modo que una sola frase puede proceder de varios artículos. La información contenida en estas frases es la que ha quedado plasmada y resumida en las infografías.

Impactos observados y previstos entre las especies arbóreas más abundantes en Cataluña

INTRODUCCIÓN:

2.2.- Infografías

Las infografías son representaciones gráficas que pretenden resumir y facilitar la comprensión de la información (véase figura 1). La infografía tiene tres áreas diferenciadas (globos), que, a su vez, se intersectan entre ellas: una para la sequía, otra para los incendios forestales y una tercera para las plagas. Cada una de ellas incluye una tabla para mostrar los efectos sobre el **crecimiento**, la **mortalidad** y la **regeneración** de los árboles. Los números de cada celda corresponden a las frases que hacen referencia al efecto de la sequía, los incendios y las plagas, procedentes del vaciado bibliográfico. Las filas corresponden a factores adicionales que pueden agravar (color más oscuro) o aligerar (color más claro) el efecto negativo del impacto. Algunos de estos factores hacen referencia a aspectos climáticos, como la precipitación y la temperatura. Otros se refieren a las características del lugar donde habitan los árboles: la altitud, la profundidad del suelo, la erosión y la topografía adversa, que recoge todas las variables que determinan la disponibilidad hídrica. Y otros tienen que ver con la estructura del bosque y las características de los árboles: la competencia, el tamaño y la cantidad de reservas que tienen. La primera fila está reservada a las oraciones que hacen referencia al impacto sin ningún otro factor adicional.

Todo ello configura la compleja tabla incluida dentro de cada globo. (Véase figura 1)

El color general de la infografía es el rosado o rojizo, ya que tanto la sequía, como los incendios y las plagas tienen, por su propia entidad de impacto, un efecto negativo sobre el crecimiento, la mortalidad y la regeneración. Así pues, la base ya es un efecto negativo y el color así lo denota. El efecto de dos de los impactos juntos, por ejemplo incendios y plagas, empeora mucho la situación en los bosques, por lo tanto el color de la parte de la intersección entre los dos globos es más oscuro.

En la fila donde no hay factores adicionales, los colores indican si el impacto es leve (color más claro que el del fondo del globo), moderado (mismo color que el de fondo), grave (color más oscuro que el de la base) o muy grave (color mucho más oscuro). En este caso los colores vienen determinados por las particularidades de cada especie con respecto al crecimiento, mortalidad y regeneración. Por ejemplo, una especie muy resistente a la sequía tendrá un color más claro o igual que el fondo del globo, ya que, aunque la sequía la afecte, dispone de recursos que la dotan de cierta resistencia o resiliencia. Una especie con dificultades para regenerarse después de una perturbación tendrá un color más oscuro que la base, ya que las particularidades de la especie la hacen más vulnerable frente a aquel posible impacto.

En las filas con factores adicionales, los colores determinan si el efecto negativo del impacto se reduce o si empeora debido a cada uno de los factores. El color más claro indica que el factor reduce el efecto de la sequía, los incendios o las plagas sobre el crecimiento, la mortalidad o la regeneración. Si el color es el mismo que el del fondo, el factor no modifica el efecto del impacto. Y si el color es más oscuro, el factor empeora el efecto. Cuando el efecto adicional es muy negativo el color es todavía más oscuro.

En algunos casos en un mismo globo puede haber colores diferentes. Se trata de casos en los que la ciencia no se pone de acuerdo. Fuentes diferentes, diseños experimentales diferentes, contextos diferentes y áreas de estudio diferentes pueden dar lugar a resultados opuestos.

Algunas particularidades de las oraciones:

Cada número de la infografía corresponde a una sentencia del vaciado bibliográfico. Con todo, no ha sido posible colocar algunas de las oraciones en la infografía, aunque se han querido mantener igualmente porque se ha considerado que la información que incluyen es relevante. Estas frases, que no tienen correspondencia con la infografía, se han escrito en cursiva con el fin de señalar este hecho.

Hay oraciones representadas en la infografía que requieren una lectura indirecta o interpretación para entender el lugar donde se han colocado. La frase no habla directamente de uno de los factores de la infografía, sino que se refiere a algún otro factor relacionado.

Impactos observados y previstos entre las especies arbóreas más abundantes en Cataluña

INTRODUCCIÓN:

Por ejemplo, la oración 5 de la ficha del pino carrasco dice "*La humedad del suelo se relaciona positivamente con las tasas de fotosíntesis*". Esta oración no hace referencia directa a ninguno de los factores adicionales de la infografía. Por el contrario, se ha interpretado que la humedad del suelo tiene que ver con los factores: menos precipitación, suelos delgados y compactos (tendrán menos capacidad de retener agua) y topografía adversa (es el conjunto de factores que hacen disminuir la disponibilidad de agua).

Algunas frases han sido colocadas dentro del globo de sequía (o de incendios o plagas) y, por lo contrario, el texto no habla de sequía ni de ningún factor adicional. Ello se explica porque el contexto del artículo original sitúa los resultados en un marco de sequía (o de incendios o plagas). El artículo habla de sequía, aunque la frase en concreto no lo haga o incluso dé un resultado en condiciones sin sequía.

La sequía puede ser el resultado directo de una menor precipitación que hace que los árboles sufran más estrés hídrico, pero también puede ser el efecto directo de un aumento de la temperatura, ya que, si hace más calor, la evapotranspiración de las hojas es mayor y por lo tanto la demanda de agua también aumenta. Lógicamente la interacción de las dos variables "menor precipitación" y "mayor temperatura" hace que los árboles sufran todavía más estrés hídrico.

2.3.- Atlas de idoneidad topoclimática

Este atlas (Ninyerola *et al.*, 2009) se define como un conjunto de mapas que permiten determinar el grado de adecuación a las condiciones climáticas y topográficas de las principales especies arbóreas que conforman los bosques. Con estos mapas se puede saber, para cualquier punto de la Península Ibérica, cuál es su idoneidad definida entre cero (baja idoneidad) y 1 (máxima idoneidad). Además, estos valores se pueden consultar para el escenario climático actual (periodo 1950-1998), así como para las proyecciones de futuro, utilizando los escenarios propuestos por el Hadley Center (proyecciones socioeconómicas A1FI y A2).

En el informe se presenta la idoneidad topoclimática prevista en un escenario A2. El A2 es uno de los escenarios estándares del IPCC (Intergovernmental Panel of Climate Change) que representa los efectos sobre el clima de un crecimiento económico y demográfico elevado, con un calentamiento global medio a final de siglo de 3,5 °C con respecto al periodo de referencia. El Atlas entiende por idoneidad el conjunto de condiciones topográficas y climáticas en que una especie vive actualmente, que sería similar al nicho observado.

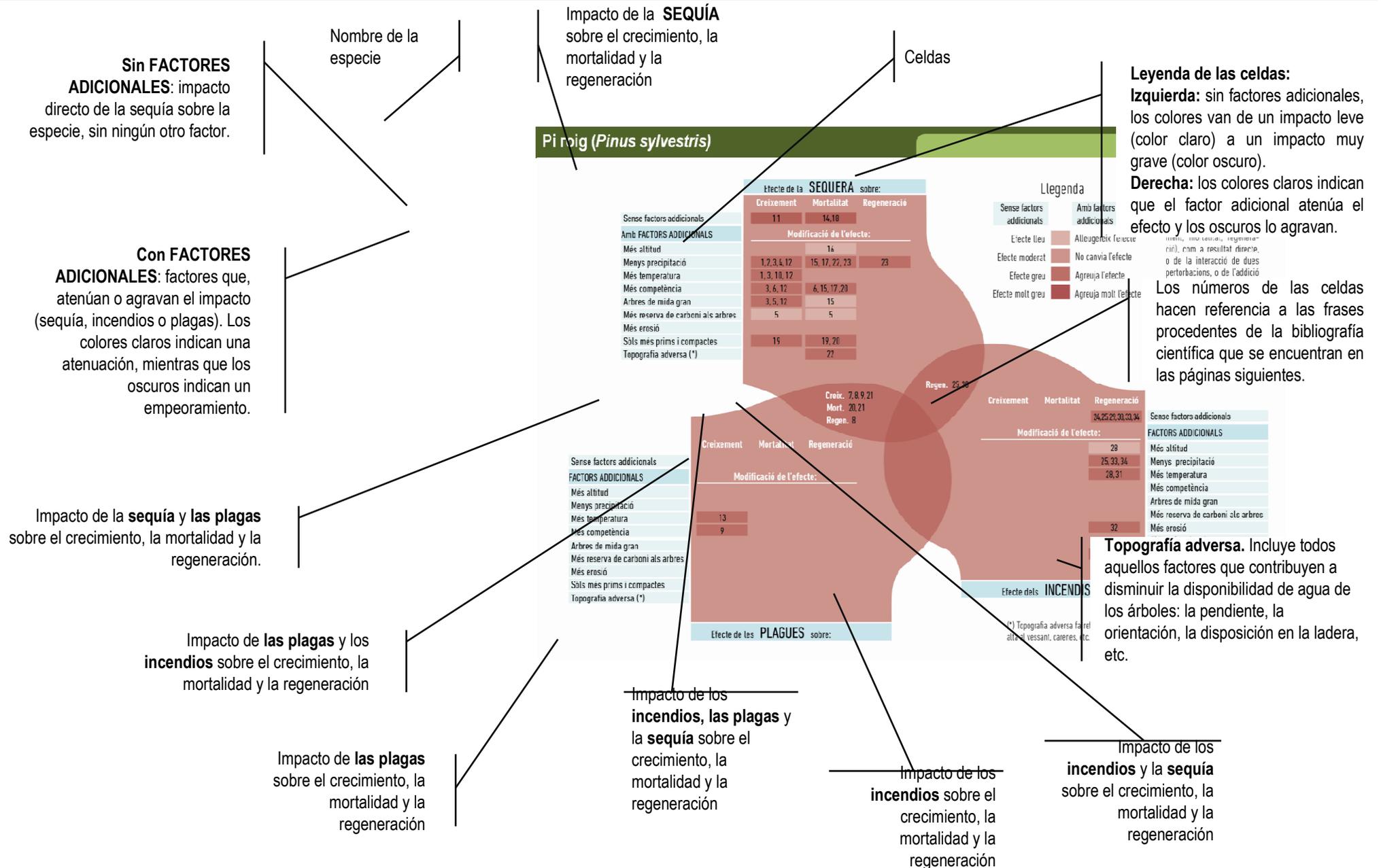
En las fichas se presenta la idoneidad actual (del 1950-1998) y la proyectada, en un escenario A2 para el periodo 2050-2080, reclasificadas en 9 categorías, que va de 0 (muy poca idoneidad) a 1 (máxima idoneidad).

Para más detalle sobre los atlas de idoneidad topoclimática puede consultarse:

Ninyerola, M., Serra-Díaz, J., Lloret, F. 2009. *Atlas de idoneidad topo-climática de leñosas*. <http://www.opengis.uab.cat/IdoneitatPI/> Consultado en mayo del 2013.

Impactos observados y previstos entre las especies arbóreas más abundantes en Cataluña

Figura 1: ¿CÓMO SE INTERPRETAN LAS INFOGRAFÍAS?

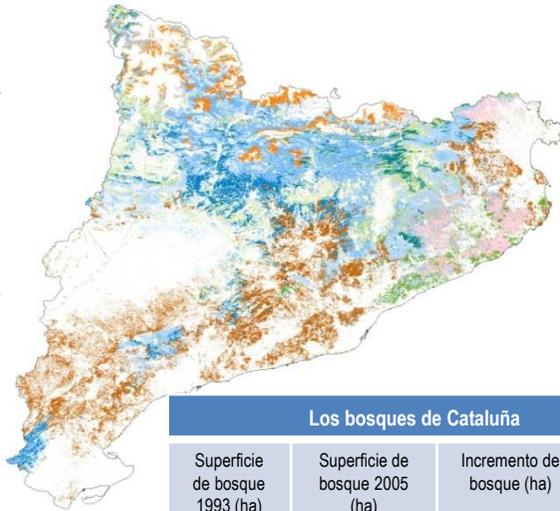


Bosques de Cataluña

Distribución de los bosques en Cataluña

Distribución de las 9 especies que quedan recogidas en las fichas: pino carrasco, pino laricio, pino silvestre, pino piñonero, pino negro, haya, robles, encina y alcornoque mediterráneo. El color gris corresponde al resto de especies. (*)

FUENTE: Mapa de Cobertes del Sol de Catalunya. MCS2005



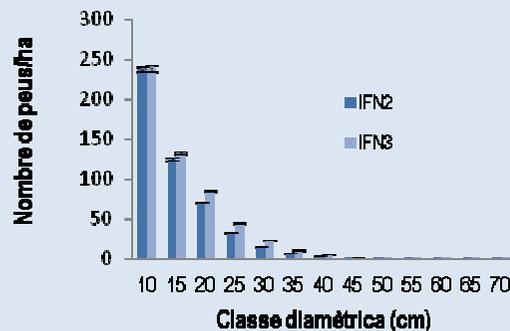
Los bosques de Cataluña			
Superficie de bosque 1993 (ha)	Superficie de bosque 2005 (ha)	Incremento de bosque (ha)	%
1 189 508	1 347 278	157 768	13.2

Los datos provienen de las ediciones del Mapa de Cobertes del Sol de Catalunya: 1993 i 2005. (*) La leyenda del mapa es la misma que en los apartados "Distribución y estructura" y "Almacenaje y sumidero de carbono".

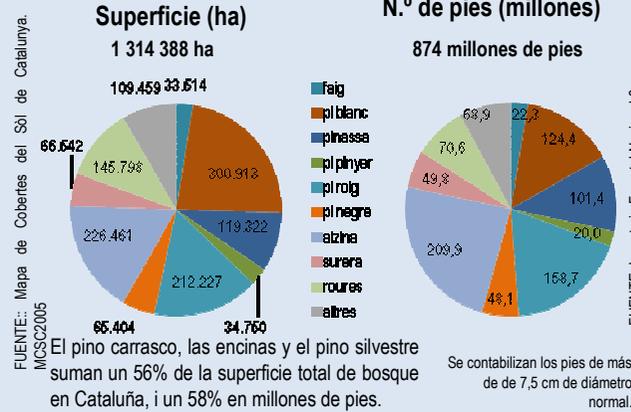
Estructura de la población de los bosques de Cataluña

que son jóvenes, con muchos pies pequeños y muy pocos de más de 30 cm. En el año 2000 (IFN3), empero, se aprecia un ligero aumento del número de pies por hectárea de las clases diamétricas más grandes con respecto al año 1990 (IFN2).

FUENTE: Inventario Forestal Nacional 2 i 3 (IFN2 i IFN3)

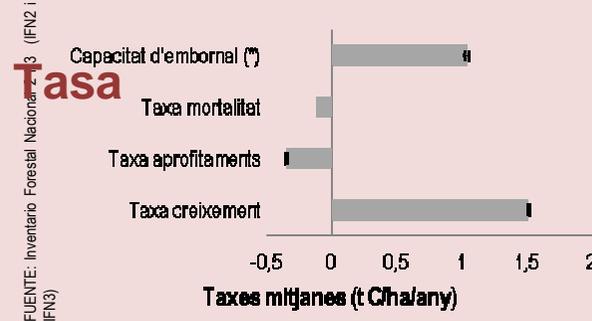


Distribución y estructura



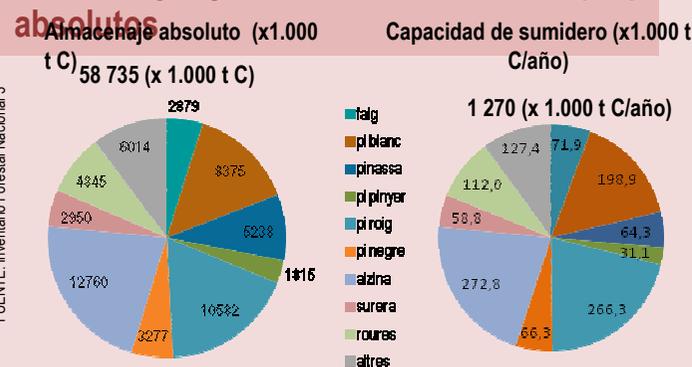
Tasas medias de carbono (C)

La capacidad media de sumidero de los bosques de Cataluña entre 1990 i 2000 es de **1.04 t C/ha/año**.



(*) La capacidad de sumidero anual de C es el resultado de la resta entre la tasa de crecimiento menos la tasa de mortalidad y la de aprovechamientos (en t de C/ha/año).

Almacenajes y sumideros de carbono (C)

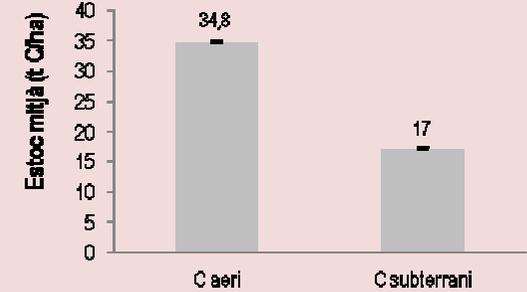


Almacenaje y sumidero de carbono

Almacenaje de carbono (C) medio

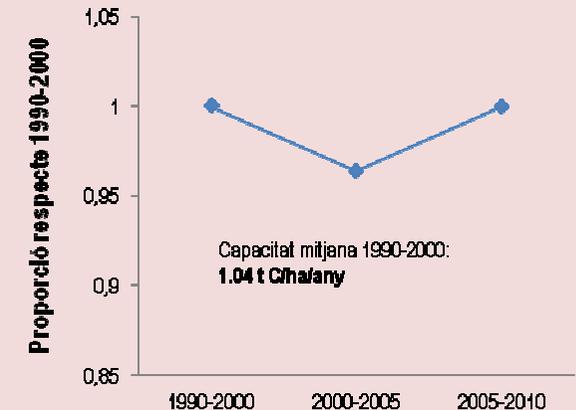
Los bosques de Cataluña almacenan, de media, 34,8 t de C/ha en la fracción aérea y 17 t de C/ha en la fracción subterránea, la mitad de la aérea.

FUENTE: Inventario Forestal Nacional 3



Cambio en la capacidad de sumidero

Con respecto al intervalo de referencia (1990-2000), la capacidad de sumidero de los bosques se ha mantenido bastante estable a lo largo de la década 2000-2010.



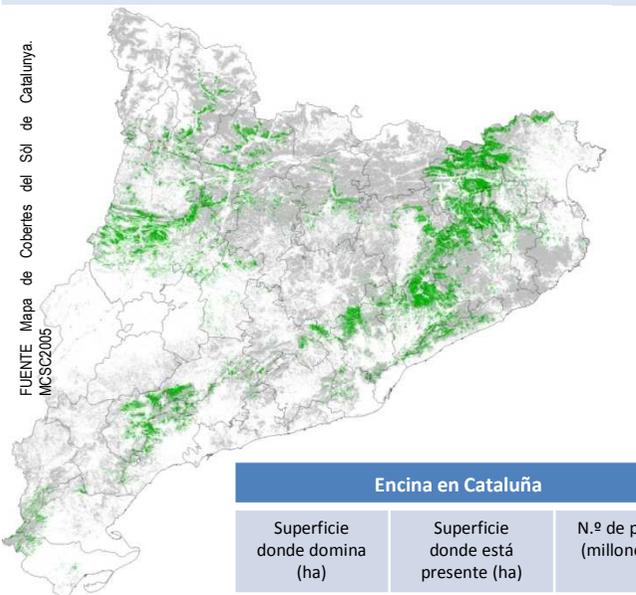
Proporción de la capacidad de sumidero con respecto al periodo de referencia (1990-2000)

Los valores se han obtenido ajustando un modelo estadístico a la información de las parcelas de muestreo de los dos IFN para el conjunto de coníferas y de latifolios, teniendo en cuenta el efecto de la estructura del bosque, datos climáticos y la tendencia de la temperatura entre IFN

Encina (*Quercus ilex*)

Distribución de la encina en Cataluña

En Cataluña la encina se esparce por todos los rincones del territorio más cercano al mar, así como por las tierras más interiores y continentales.

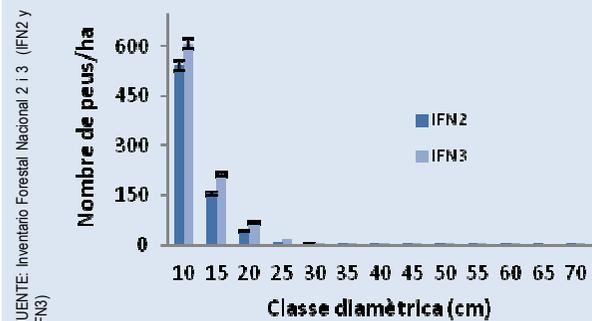


Encina en Catalunya		
Superficie donde domina (ha)	Superficie donde está presente (ha)	N.º de pies (millones)
226 461	550 956	210

La superficie donde le especie está presente ha sido corregida por el factor resultante de dividir MCSC dominante/IFN3 dominante para homogeneizar las dos fuentes. FUENTES: IFN3 y MCSC2005

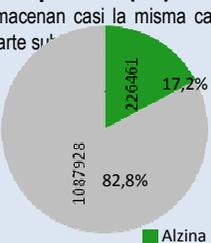
Estructura de la población de la encina

Las encinas de Cataluña son, principalmente, árboles de talla pequeña. Casi no hay árboles de más de 20 cm de diámetro.

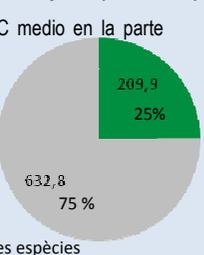


Distribución y estructura

Superficie (ha)



N.º pies (millones)



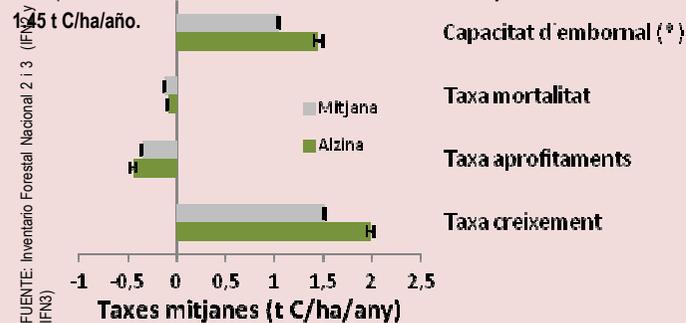
Los encinares almacenan casi la misma cantidad de C medio en la parte aérea que en la parte subterránea.

Los encinares ocupan un 17% de la superficie total de los bosques de Cataluña, mientras que en número de pies representan un 25%.

Se contabilizan los pies de más de 7,5 cm de diámetro normal.

Tasas medias de carbono (C)

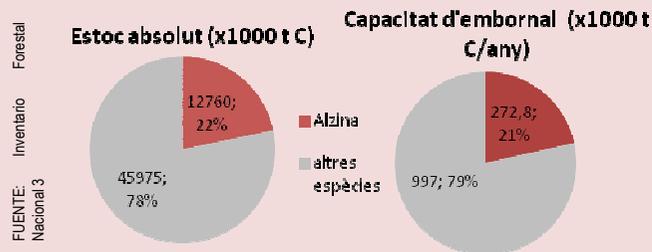
La capacidad de sumidero media de la encina entre 1990 y 2000 es de 1,45 t C/ha/año.



(*) La capacidad de sumidero anual de C resulta de la resta entre la tasa de crecimiento menos la tasa de mortalidad y la de aprovechamientos (en t de C/ha/año).

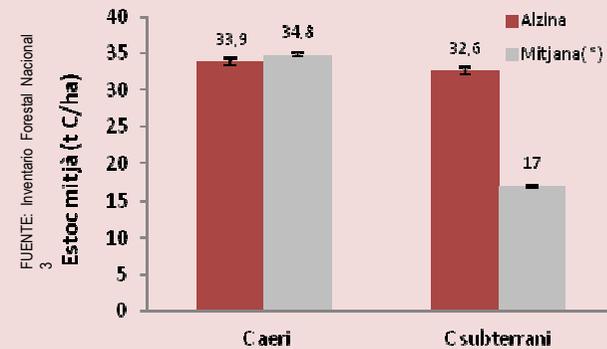
Almacenajes y sumideros de carbono (C) absolutos

El almacenaje absoluto de C de los encinares es de 12,7 millones t C (toneladas de carbono). Su capacidad de sumidero es de 272,8 millares de t C/ha.



Almacenaje y sumidero de carbono

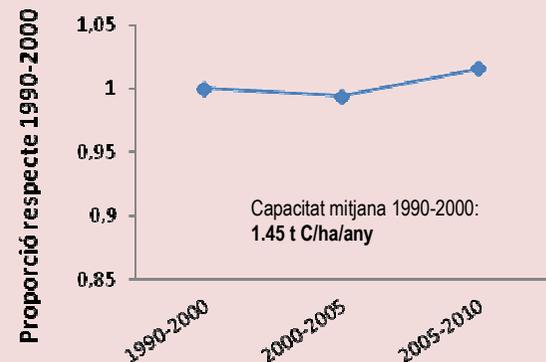
Almacenaje de carbono (C) medio



(*) La media está calculada con datos de todas las especies de Cataluña.

Cambio en la capacidad de sumidero

La capacidad de sumidero en tanto por uno de los bosques de encinas se ha mantenido muy estable desde 1990 hasta 2010.



Proporció de la capacitat de sumidero con respecto al periodo de referencia (1990-2000)

Los valores se han obtenido ajustando un modelo estadístico a la información de las parcelas de muestreo de los dos IFN para el conjunto de coníferas y de los latifolios teniendo en cuenta el efecto de la estructura del bosque, datos climáticos y la tendencia de la temperatura entre IFN.

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.

Sense factors addicionals	Creixement	Mortalitat	Regeneració
FACTORS ADDICIONALS	Modificació de l'efecte:		
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
Sense factors addicionals	12, 13	23	23, 32
FACTORS ADDICIONALS	Modificació de l'efecte:		
Més altitud			
Menys precipitació			11, 33
Més temperatura			33
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.

CRECIMIENTO

1. La sequía hizo disminuir el tamaño de los brotes, el tamaño de las hojas (biomasa y área foliar), la tasa de renovación de las hojas y la producción, con el fin de poder limitar la pérdida de agua. Ahora bien, la falta de agua no afecta al rendimiento de la bellota. (Ref. 31, 11, 43)
2. El patrón de crecimiento coincide con épocas cálidas y húmedas (primavera y otoño), así evitan las bajas temperaturas del invierno y la sequía del verano. (Ref. 52)
3. El crecimiento está muy ligado a la precipitación entre finales de primavera y principios de verano y a la temperatura del verano anterior (que si fue muy alta lo perjudica), pero varía en función de la zona. Puede disminuir o detenerse en invierno y en verano si hay sequía. (Ref. 22, 23, 43, 52)
4. Los árboles en ubicaciones más cálidas muestran una disminución del crecimiento derivado del incremento del estrés hídrico. (Ref. 22)
5. Los árboles orientados al sur tienen una mayor evapotranspiración y por lo tanto más estrés hídrico estival. (Ref. 22)
6. La precipitación acumulada afecta positivamente al crecimiento radial de la encina a largo plazo. (Ref. 22)
7. La tala selectiva incrementa la tasa de crecimiento cuando no hay reducción de la precipitación. Este efecto positivo disminuye unos años después, debido al vigoroso rebrote de las cepas. (Ref. 11)
8. Una mayor disponibilidad de agua en el suelo favorece el desarrollo del bellota durante el verano. (Ref. 9)
9. Las zonas con mayor densidad tienen más competencia por el agua, por lo tanto pueden crecer menos. (Ref. 44)
10. Una reducción en la disponibilidad del agua reduce el crecimiento en diámetro y la biomasa. (Ref. 50)
11. El crecimiento posterior a un incendio está relacionado con el tamaño de los árboles antes del fuego y con la pérdida total o parcial de su parte aérea durante el fuego. (Ref. 6)
12. La recurrencia de fuegos y la intensidad reducen la capacidad de crecimiento de las encinas así como su vitalidad. (Ref. 6, 33)
13. La capacidad de sumidero se ve negativamente afectada por incendios con elevada recurrencia. (Ref. 33)
14. Se prevé un desplazamiento de la encina montaña arriba, en zonas más frías, y un decaimiento de las zonas templadas situadas a elevaciones medias debido a un incremento en el déficit de agua. (Ref. 20, 68)

MORTALIDAD

15. La supervivencia de plántulas de encina aumenta allí donde la radiación y la temperatura del suelo son menores. (Ref. 69)
16. La mortalidad está relacionada con la profundidad del suelo, el número de pies por cepa y el agotamiento de las reservas de C y el decaimiento de las copas. (Ref. 20)
17. El cambio climático probablemente aumentará la mortalidad y reducirá el crecimiento de la encina debido al aumento de la frecuencia y la intensidad de las sequías. (Ref. 52, 32)
18. Las tasas de mortalidad están muy correlacionadas con la densidad de pies por cepa y la sequía las puede llegar a duplicar. (Ref. 50)

19. En algunas zonas donde la sequía de 1994 fue muy intensa, hasta un 76% de las encinas sufrieron una mortalidad total de la copa. (Ref. 38)
20. En respuesta a la sequía, los sustratos litológicos más compactos llevan a una mayor mortalidad que los sustratos fisurados, debido a la mayor penetración de las raíces y al uso del agua a niveles más profundos. (Ref. 38)
21. Las encinas jóvenes son más vulnerables a la sequía que las grandes. (Ref. 38)
22. Las manchas de encinares situadas en las partes bajas de la montaña (donde los suelos son más profundos) resultaron menos dañadas (sequía 1994) que las de la parte alta. (Ref. 38)
23. La supervivencia de la encina al fuego es muy alta (99,9%) debido a su elevada capacidad de rebrotar (6)
24. El chancro *Botryosphaeria stevensii* es un hongo muy frecuente, que provoca la muerte de ramillas y ramas y se ve favorecido por las altas temperaturas y el estrés hídrico. (Ref. 25)
25. Se prevé un desplazamiento de la encina montaña arriba, en zonas más frías, y un decaimiento de las zonas templadas situadas a elevaciones medias debido a un incremento del déficit de agua. (Ref. 20, 68)

REGENERACIÓN

26. *Los incendios no limitan la presencia de encinas en los bosques mediterráneos, ya que las que rebrotan presentan la misma abundancia en superficies quemadas que en superficies no quemadas.* (Ref. 57)
27. El aumento de la sequía reduce el número de árboles reproductivos, la producción de flores femeninas y el tamaño de la bellota. (Ref. 60, 49)
28. Allí donde el pino silvestre presenta altas tasas de defoliación y mortalidad debido a episodios de sequía, hay un abundante reclutamiento de encinas y robles. (Ref. 21)
29. La supervivencia de plántulas está fuertemente ligada a una mayor irrigación (Ref. 42)
30. Según unos resultados experimentales, la incorporación de nuevos rebrotes de encinas sólo era posible en bosques con condiciones de humedad. (Ref. 42).
31. *La densidad de encinas antes del fuego determina la comunidad postfuego.* (Ref. 7)
32. El rebrote es el principal mecanismo de regeneración natural de la encina después de una perturbación. (Ref. 33, 26)
33. El rebrote de después del fuego está poco relacionado con el tamaño anterior de los individuos al incendio (Ref. 26). En cambio sí que lo está con el tamaño de la cepa y con las reservas de carbono que tenga la parte subterránea. (Ref. 32, 18, 16)
34. Sequías recurrentes pueden producir una pérdida progresiva de la capacidad de recuperación, por el agotamiento de la capacidad de las plantas supervivientes a rebrotar. (Ref. 38)
35. La sequía redujo la emergencia y supervivencia de plántulas y brotes de encinas, pero aumentó la eficiencia en el uso del agua entre los retoños existentes. (Ref. 37)
36. *La encina tiene una capacidad limitada de regenerar la semilla de forma natural, por lo que se han desarrollado distintos métodos artificiales, pero no hay consenso sobre cuál es lo mejor.* (Ref. 24)

Encina (*Quercus ilex*)

Los apartados de **DISTRIBUCIÓN** y **VULNERABILIDAD** no están representados en el cuadro resumen de los impactos observados. Las citas de la bibliografía que hacen referencia a ellos se presentan a continuación.

DISTRIBUCIÓN

- Las limitaciones climáticas y las propiedades del suelo explican en parte la distribución regional tanto de los pinos como de las encinas. (Ref. 13)
- Su sensibilidad al clima, su amplia distribución y su longevidad permiten considerar la encina como una buena candidata para reconstrucciones climáticas en el Mediterráneo. (Ref. 27)
- La disminución en la producción de estructuras reproductivas conlleva cambios en su capacidad competitiva y, a largo plazo, cambios en la distribución de especies. (Ref. 36)
- Pinus halepensis* parece un buen sustituto de *Quercus ilex* ya que es más resistente a la sequía, aunque se espera que la población de pino blanco disminuya a largo plazo debido a sequías continuadas. (Ref. 41)
- Las especies mediterráneas sustituirán a las eurosiberianas en la cuenca mediterránea. (Ref. 7)
- Durante las últimas décadas, miles de hectáreas de encinas se han quemado en España debido al aumento del número de grandes incendios forestales (Ref. 56)
- Los bosques monoespecíficos de pino blanco y de encina tienen una alta probabilidad de mantenerse después del fuego. En cambio, la mayor parte de los bosques mixtos pasan a monoespecíficos (Ref. 61).
- Se prevé un desplazamiento de la encina montaña arriba, a zonas más frías, y un decaimiento de las zonas templadas situadas en elevaciones medias debido a un incremento del déficit de agua. (Ref. 20, 68)

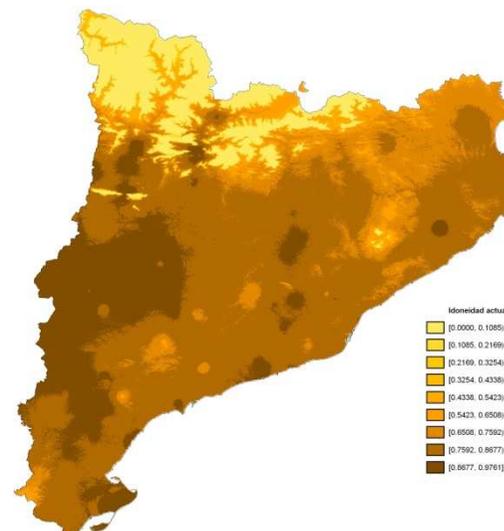
VULNERABILIDAD

- La sensibilidad de la encina al clima ha aumentado en las últimas décadas, hecho que podría estar relacionado con el incremento de las temperaturas. (Ref. 22)
- Las encinas tienen una alta plasticidad o adaptabilidad al clima mediterráneo, cerrando los estomas durante el verano y preservando el agua. (Ref. 4, 20).
- La encina tiene una buena regulación estomática, que evita la pérdida de agua durante prolongadas sequías, sobre todo en verano. (Ref. 27, 29).
- La encina tiene características que le permiten resistir los años secos. (Ref. 41)

Impactos observados

ATLAS DE IDONEIDAD TOPOCLIMÁTICA DE LA ENCINA:

IDONEIDAD ACTUAL: 1950-1998



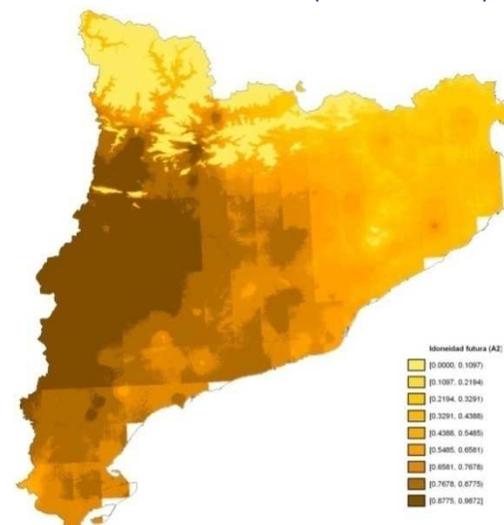
Mapa de idoneidad actual de la encina.
Fuente: Ninyerola *et al.* 2009

El grado de adecuación a las condiciones climáticas y topográficas de la encina para el periodo 1950-1998 representa su idoneidad actual. Los colores oscuros indican mayor idoneidad (conjunto de condiciones topográficas y climáticas en las que una especie vive actualmente) y los claros menos o ninguna (blanco).

La superficie indicada en la tabla son las hectáreas donde la encina tiene una idoneidad climática del 50% o superior y el % que representa respecta a la superficie total de Cataluña tanto en la actualidad como en el escenario futuro A2.

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

IDONEIDAD PROYECTADA (ESCENARIO A2):



Mapa de idoneidad proyectada (escenario A2) de la encina. Font: Ninyerola *et al.* 2009

Actualmente podríamos encontrar encinas en un 87% de la superficie de Cataluña según las variables topoclimáticas. Con el escenario A2, este porcentaje bajaría hasta el 63%.

Grado de adecuación a las condiciones climáticas y topográficas de la encina para el periodo 2050-2080, que representa su idoneidad proyectada para el escenarioi A2.

ACCIONES PREVENTIVAS:

NO SE HA ENCONTRADO INFORMACIÓN

ACCIONES CORRECTIVAS:

-La encina ha sido ampliamente utilizada para proyectos de reforestación en las zonas mediterráneas, pero a menudo ha mostrado un rendimiento pobre en el campo, particularmente en áreas con condiciones climáticas desfavorables. (Ref. 3)

- (1) Alberdi, L.; Cavero, R. Y. 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; Fernández Manuel; Vázquez-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, J. 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, J. M.; *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, M. J.; 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, A. M. 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, J. M.; 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 3 20
- (17) Espelta, J. M.; 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; Martínez-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.; Martínez-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; Martín-Benito, Darío; 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, J. L. (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, J. M.; Domingo, F.; Ales, R. F.; *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, C. A.; 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) López-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) Marti-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 José; 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.envepbot.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, Jesús; 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, Romà; 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, Romà; 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, Romà; 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

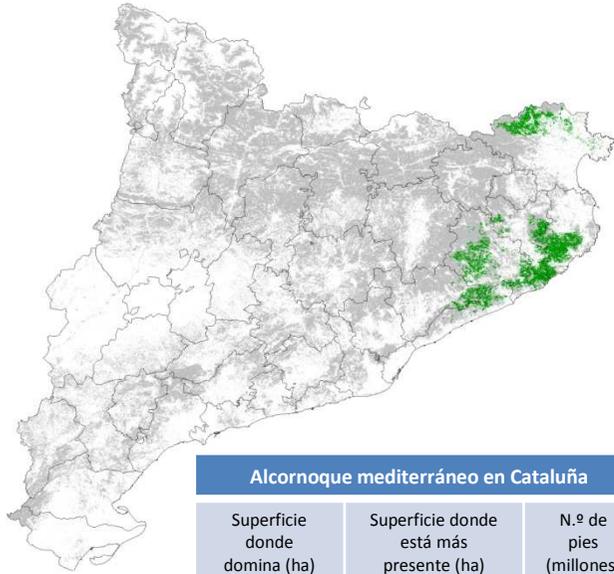
- (51) Pasho, Edmond; Julio Camarero, J.; de Luis, Martin; *et al.* Impacts of drought at different time scales on forest growth across a wide climatic gradient in north-eastern Spain. *AGRICULTURAL AND FOREST METEOROLOGY* Volume: 151 Issue: 12 Pages: 1800-1811 DOI: 10.1016/j.agrformet.2011.07.018 Published: DEC 15 2011
- (52) Paton, Daniel; García-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, J. G.; 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) Sánchez-Humanes, Belén; María 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: SYM 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) Urbietta, Itziar R.; García, 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

Alcornoque mediterráneo (*Quercus ilex*)

Distribución del alcornoque mediterráneo en Cataluña

FUENTE: Mapa de Cobertes del Sòl de Catalunya. MCSC2005

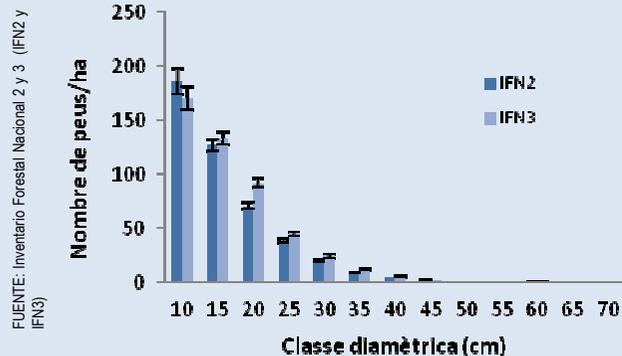


Alcornoque mediterráneo en Cataluña		
Superficie donde domina (ha)	Superficie donde está más presente (ha)	N.º de pies (millones)
66 541	122 767	49,8

La superficie donde la especie está presente ha sido corregida por el factor resultante de dividir MCSC dominante/IFN3 dominante para homogeneizar las dos fuentes. FUENTES: IFN3 y MCSC2005

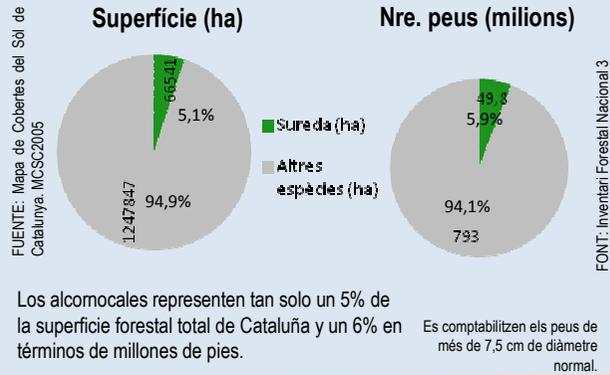
Estructura de la población del alcornoque

Los alcornocales de Cataluña son bosques jóvenes, con muchos pies por hectárea. Entre 1990 (IFN2) y 2000 (IFN3) han aumentado los pies de las clases diamétricas más grandes.



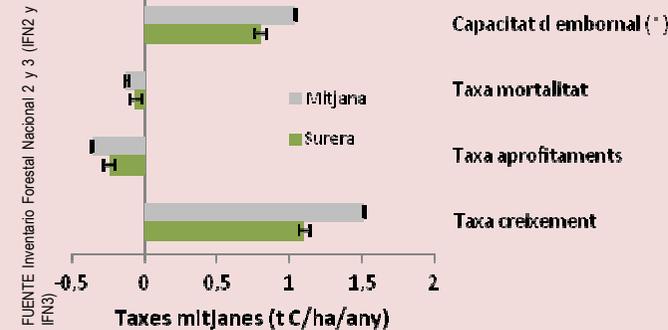
FUENTE: Inventario Forestal Nacional 2 y 3 (IFN2 y IFN3)

Distribución y estructura



Tasas medias de carbono (C)

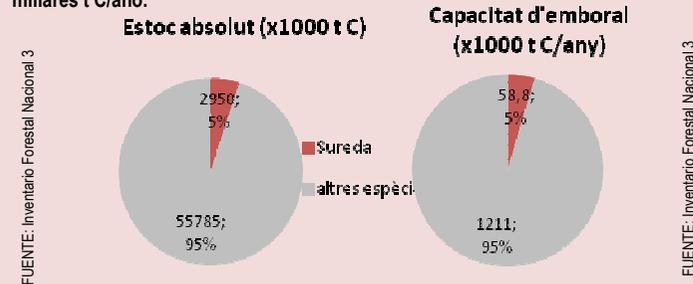
La capacidad media de sumidero de los alcornocales entre 1990 y 2000 es de **0.8 t C/ha/año**.



(*) La capacidad anual de sumidero de C es la resta entre la tasa de crecimiento menos la tasa de mortalidad y la de aprovechamientos (en toneladas de C/ha/año).

Almacenes y sumideros de carbono (C) absolutos

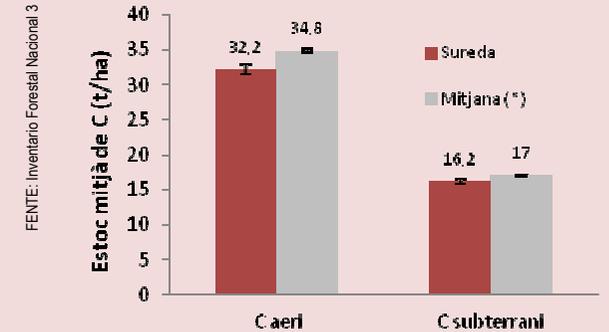
El almacenaje absoluto de C de los alcornocales suma unos **2,9 millones t C** (toneladas de carbono). La capacidad de sumidero de estos bosques es de **58,8 millones t C/año**.



Almacenaje y sumidero de carbono

Almacenaje de carbono (C) medio

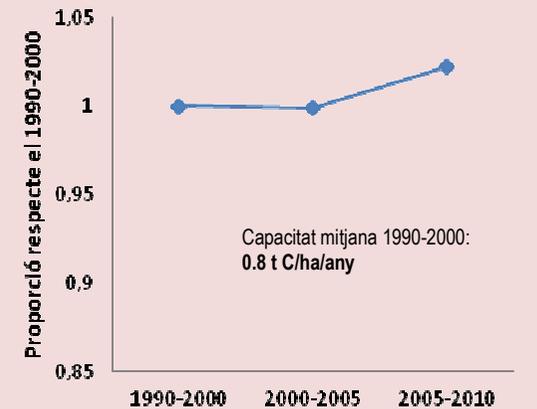
Los alcornocales almacenan una cantidad ligeramente inferior de toneladas de C/ha que la media de las otras especies, tanto por lo que se refiere al C aéreo como al C subterráneo.



(*) La media está calculada con datos de todas las especies de Cataluña.

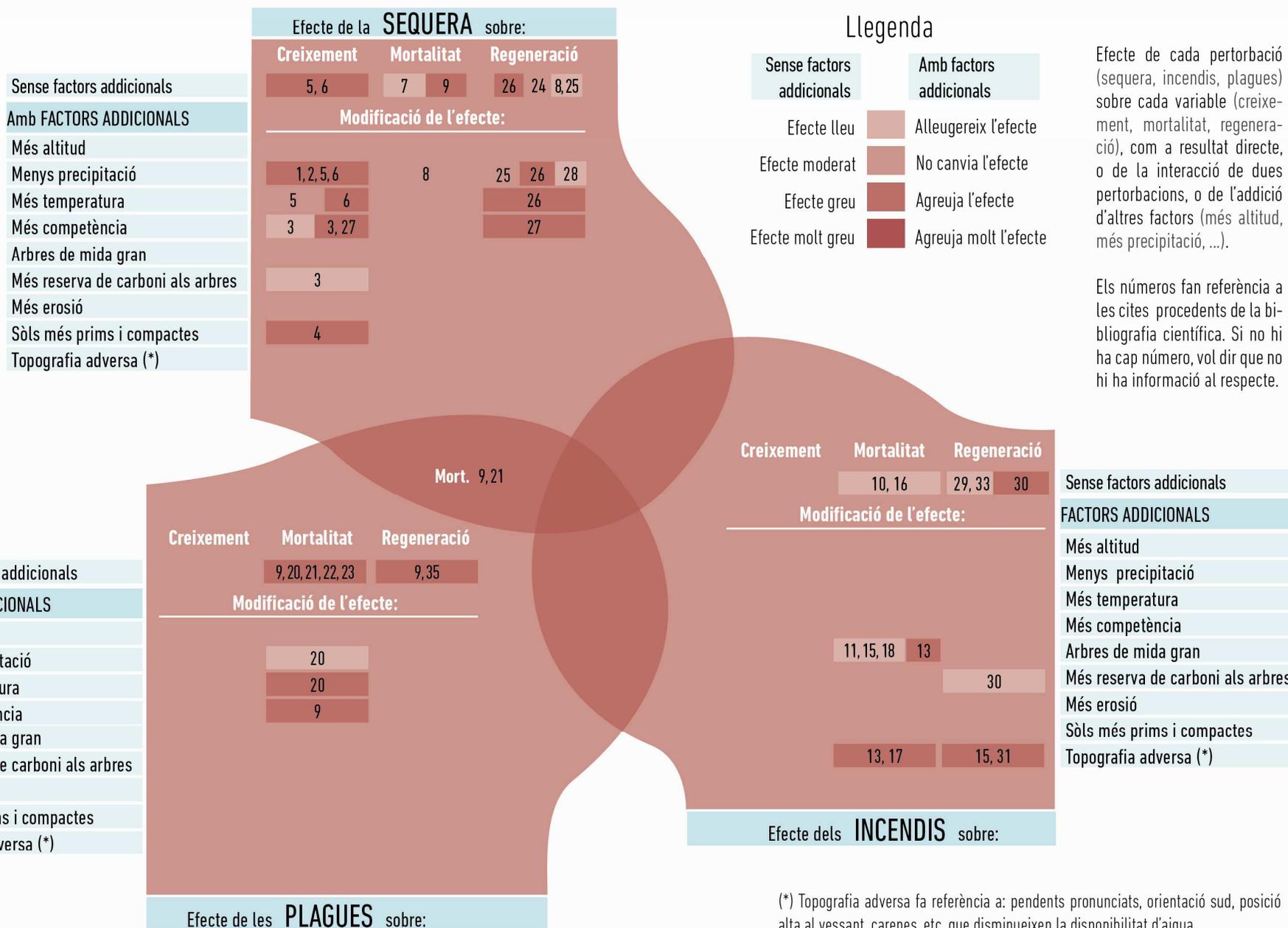
Cambio en la capacidad de sumidero

En cuanto al intervalo de referencia (1990-2000), los bosques de alcornoque mediterráneo incrementaron de media su capacidad de sumidero durante el intervalo 2005-2010.



Proporción de la capacidad de sumidero en relación con el período de referencia (1990-2000)

Los valores se han obtenido ajustando un modelo estadístico con la información de las parcelas de muestreo de los dos IFN para el conjunto de coníferas y de latifolios teniendo en cuenta el efecto de la estructura del bosque, datos climáticos y la tendencia de la temperatura entre IFN.



CRECIMIENTO

1. Un aumento de la concentración de CO₂ a corto plazo (6 meses) hizo aumentar el crecimiento, el número y el diámetro de las ramas (Ref. 2); pero si la exposición era a medio o largo plazo (más de 9 meses) no se observaban cambios en la altura, el diámetro del tallo, el número de hojas, ni el área foliar. En cambio, la disponibilidad de luz y agua mejoró mucho estos parámetros. (Ref. 5, 49)
2. Las plantas de alcornoque que sufren sequía grave presentan menor crecimiento aéreo y mayor crecimiento subterráneo, así como hojas plegadas y encogidas. (Ref. 35)
3. Las plántulas sometidas a tratamientos de sombra, que es el principal factor limitante para el crecimiento, son muy sensibles al estrés hídrico, tienen menos reservas de almidón, menores tasas de fotosíntesis, menor eficiencia en el uso del agua y las hojas más grandes. (Ref. 35,25, 4). Otras fuentes indican que las plantas que han crecido a la sombra tienen más tolerancia a la sequía (Ref. 48).
4. Las capas superiores del suelo contribuyen aproximadamente a un 33% del total del requerimiento de agua entre la primavera y la mitad del verano, pero las capas profundas de suelo suplen la mayor parte del agua requerida durante épocas de sequía, durante las cuales no se registra crecimiento. (Ref. 46)
5. Una disminución en el crecimiento anual del diámetro puede estar relacionada con factores climáticos como la sequía, ya que la precipitación acumulada durante la estación de crecimiento (enero-junio) y el otoño e invierno anteriores (octubre-noviembre anteriores) son determinantes (19, 13), en cambio, la temperatura tiene una influencia menor (Ref. 20).
6. La sequía, la temperatura, o ambos factores, pueden limitar el crecimiento del corcho. (Ref. 13)

MORTALIDAD

7. *Quercus ilex* y *Quercus suber* son menos vulnerables a sufrir embolias que otras especies de hoja caduca de las regiones templadas. (Ref. 54)
8. Los plantones nacidos en lugares con veranos secos mostraron mayores tasas de supervivencia bajo condiciones de sequía (58), aunque la supervivencia de las plántulas disminuyó linealmente con el aumento de luz, ya que aumentaba el riesgo de desecación. (Ref. 30)
9. Las diferentes causas de muerte de las plántulas de alcornoque son los gusanos blancos (*Coleoptera: Scarabaeoidea*), que atacan las raíces, la sequía del verano y el abandono de las prácticas silvícolas. (Ref. 29, 38)
10. *Quercus suber* tiene una capacidad de supervivencia excepcionalmente buena después de un incendio. (Ref. 59, 51)
11. El grosor de la corteza y su extracción son los principales factores que afectan a la resistencia de *Quercus suber* al fuego. Los árboles con corteza delgada (jóvenes o recientemente pelados) son más vulnerables al fuego y los árboles con corteza más gruesa son más resistentes. (Ref. 15, 16, 43)
12. Con un mismo grosor de corcho, los árboles explotados eran más vulnerables al fuego que los no explotados, ya que el tipo de corcho es diferente. (Ref. 15)
13. La vulnerabilidad al fuego aumenta con la severidad y fue mayor en los árboles de diámetros grandes, quemados al principio del verano o localizados en las zonas orientadas hacia el sur. (Ref. 15)

14. La supervivencia disminuye con el aumento de la altura hasta donde se quemó el tronco, que se considera un indicador del grado de lesión al fuego y determina la respuesta de los alcornoques después del fuego (Ref. 16, 43).
15. Las variables que aumentan la probabilidad de supervivencia del tronco y del rebrote de copa del alcornoque son el grosor del corcho y el diámetro del tronco del árbol. Por el contrario, el aumento de la altura hasta donde se ha quemado el tronco y las orientaciones sur u oeste hacen que esta probabilidad disminuya. (Ref. 14, 43, 51)
16. Después de un fuego, la respuesta más común del alcornoque fue el rebrote de la copa (68,8%), seguido de la muerte de la planta (15,8%), el rebrote de copa y de cepa al mismo tiempo (10,1%) y el rebrote de cepa (5,3%). (Ref. 16, 42, 51)
17. Los árboles pelados en pendientes suroeste tienen menores tasas de supervivencia ante un incendio que los que no han sido pelados. (Ref. 43).
18. Los árboles grandes, en posiciones dominantes tienen la mayor probabilidad de sobrevivir a un incendio forestal. (Ref. 59)
19. Las diferentes causas de muerte de las plántulas de alcornoque son los gusanos blancos (*Coleoptera: Scarabaeoidea*) que atacan las raíces, la sequía del verano y el abandono de las prácticas silvícolas. (Ref. 29, 38)
20. El hongo *Phytophthora cinnamomi oomyceto* se asocia con la mortalidad y la decaimiento de *Quercus suber* y *Quercus ilex* en la región mediterránea. Este hongo requiere suelos cálidos y húmedos (donde nace) para infectar las raíces (Ref. 10).
21. *Phytophthora cinnamomi* es un patógeno agresivo de las raíces del alcornoques. Su propagación podría ser un factor importante en el decaimiento de los alcornoques en la Península Ibérica, junto con la sequía y otros factores. (Ref. 11)
22. *Platypus cylindrus* es un escarabajo que representa una plaga importante del alcornoque. Coloniza tanto los pies sanos como los decrepitos. Genera daños graves en los troncos de alcornoques acabados de pelar y puede causar la muerte del árbol. (Ref. 8)
23. *Botryosphaeria corticola* es un hongo que afecta al tallo de encinas y alcornoques, que contribuye a la disminución de esta especie forestal y representa una enfermedad grave en las principales producciones de corcho. (Ref. 39)

REGENERACIÓN

24. La producción de bellotas muestra poca relación con el clima. (Ref. 55)
25. Los alcornoques procedentes de zonas con veranos más secos tienen bellotas más grandes, lo que sugiere la selección de bellotas de mayor tamaño en los lugares afectados por sequía. (Ref. 58)
26. Un aumento en la intensidad y la frecuencia de las sequías de verano con el cambio climático podría causar un impacto negativo a la regeneración de *Quercus suber* debido a una reducción de la probabilidad de supervivencia y a la anulación de los efectos positivos de los años húmedos. (Ref. 30)
27. Los plantones cultivados bajo sombra moderada (un 15% de la luz total) acumulan tanta biomasa como los que están en entornos bien iluminados debido al aumento de su área foliar y pueden tener un desarrollo óptimo, incluso con un estrés hídrico moderado. Pero si la sombra es más profunda (5% de la luz) el desarrollo se reduce drásticamente. (Ref. 56, 4)

Alcornoque mediterráneo (*Quercus suber*)

28. El exceso de agua en el suelo durante el invierno reduce la germinación y emergencia de semillas (Ref. 67).
29. Los bosques de alcornoque quemados 1-2 veces en los últimos 50 años fueron resistentes: recuperaron la biomasa y una composición similar a antes del fuego. Pero los que habían sufrido una alta frecuencia de incendios (3-4 incendios en los últimos 50 años) registraron una pérdida de capacidad de recuperación que conlleva una estructura vertical simple y una cobertura de arbustos y pocos pies de alcornoque. (Ref. 63, 62, 61, 69)
30. Intervalos entre incendios menores a 10-15 años no son suficientes para recuperar las reservas de carbohidratos y los índices de riqueza de especies y diversidad son menores que en las parcelas control. (Ref. 63, 62)
31. Factores ambientales como la pendiente o la exposición también contribuyen, junto con el tiempo transcurrido desde el último incendio, a determinar la estructura de la comunidad después del fuego. (Ref. 62)
32. La ceniza, que puede provocar un aumento significativo del pH, es, a corto plazo, una fuente importante de nutrientes y mejora la fertilidad del suelo para la recuperación del ecosistema tras el fuego. (Ref. 52)
33. Después de un fuego, la respuesta más común del alcornoque fue el rebrote de copa (68,8%), seguido de la muerte de la planta (15,8%), el rebrote de copa y de cepa al mismo tiempo (10,1%) y el rebrote de cepa (5,3%). (Ref. 16, 42, 51)
34. Los árboles que sufrieron un mayor nivel de afectación murieron o rebrotaron exclusivamente en la cepa. En cambio, los árboles protegidos por cortezas gruesas fueron capaces de rebrotar en la copa (Ref. 42).
35. Los ataques masivos a las raíces de las plantaciones de plántulas de *Coleoptera: Scarabaeoidea* conllevaron un éxito limitado de las actuaciones de restauración, que fue tan sólo del 12% en un experimento realizado en un bosque de Marruecos. (Ref. 29)
36. La regeneración natural del alcornoque del bosque de la Mamora (Marruecos) es muy difícil a causa de los efectos antropogénicos y de la introducción de especies exóticas, principalmente pino y eucalipto. (Ref.

38)

Los apartados de **DISTRIBUCIÓN** y **VULNERABILIDAD** no están representados en el cuadro resumen de los impactos observados. Las citas de la bibliografía que hacen referencia a ellos se presentan a continuación..

DISTRIBUCIÓN

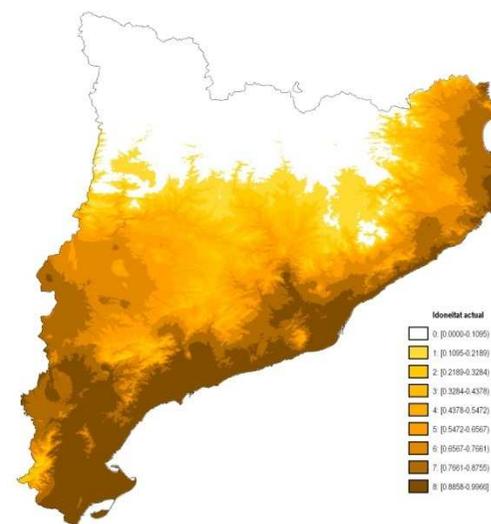
- *Coraebus undatus* es un escarabajo que excava galerías en el tejido del corcho y que conlleva importantes reducciones económicas en cantidad y calidad del corcho. Éste patógeno tiene una amplia distribución y afecta a un alto porcentaje de alcornoques infestados (> 70%) en casi todos los bosques de alcornoques del sur de España. (Ref. 34)

VULNERABILIDAD

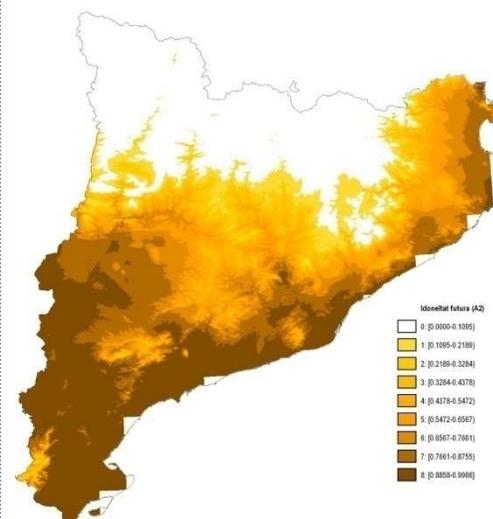
- *Botryosphaeria corticola* es un hongo que afecta al tallo de encinas y alcornoques, que contribuye a la disminución de esta especie forestal y representa una enfermedad grave para las principales producciones de corcho. (Ref. 39)

Impactos observados

ATLAS DE IDONEIDAD TOPOCLIMÁTICA DEL ACORNOQUE MEDITERRÁNEO:



Mapa de idoneidad actual del alcornoque mediterráneo. Fuente: Ninyerola et al. 2009



Mapa de idoneidad proyectada (escenario A2) del alcornoque mediterráneo. Fuente: Ninyerola et al. 2009

El grado de adecuación a las condiciones climáticas y topográficas del alcornoque mediterráneo para el periodo 1950-1998 representa su idoneidad actual. Los colores oscuros indican mayor idoneidad (conjunto de condiciones topográficas y climáticas en las que una especie vive actualmente) y los claros menos o ninguna (blanco).

La superficie indicada en la tabla son las hectáreas donde el alcornoque mediterráneo tiene una idoneidad climática del 50% o superior y el % que representa respecto a la superficie total de Cataluña tanto en la actualidad como en el escenario futuro A2.

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

Actualmente podríamos encontrar alcornoques en un 51% de la superficie de Cataluña según las variables topo-climáticas. Con el escenario A2 este porcentaje aumentaría ligeramente hasta el 53,6%.

Grado de adecuación a las condiciones climáticas y topográficas del alcornoque para el periodo 2050-2080, que representa su idoneidad proyectada para el escenario A2.

ACCIONES PREVENTIVAS:

NO SE HA ENCONTRADO INFORMACIÓN

ACCIONES CORRECTIVAS:

NO SE HA ENCONTRADO INFORMACIÓN

- (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 Ramírez-Valiente, José; Sánchez-Gómez, 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 Ramírez-Valiente, José; 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; Puértolas, 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. *INVESTIGACIÓN 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, M. R. 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) Belhoucine, 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, C. M. *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, C. M.; ROBREDO, F.; FERRAZ, J. F. P. 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; Pérez Latorre, Andrés; Nieto, José 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.; Gutiérrez, 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, Inés; *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; Ramón 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, .; 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 Jiménez, María; Pardos, Marta; Puértolas, 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, *Coroebus 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 SOCIÉTÉ ENTOMOLOGIQUE DE FRANCE* Volume: 43 Issue: 1 Pages: 1- 8 Published JAN-MAR 2007
- (30) Gómez-Aparicio, L.; Pérez-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) Jiménez, A.; Gallardo, A.; Antonietty, C. A.; *et al.* Distribution of *Coroebus 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, M. A.; 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, J. P.; 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) Martín, 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, M. A.; 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.; Jiménez, M. D.; 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

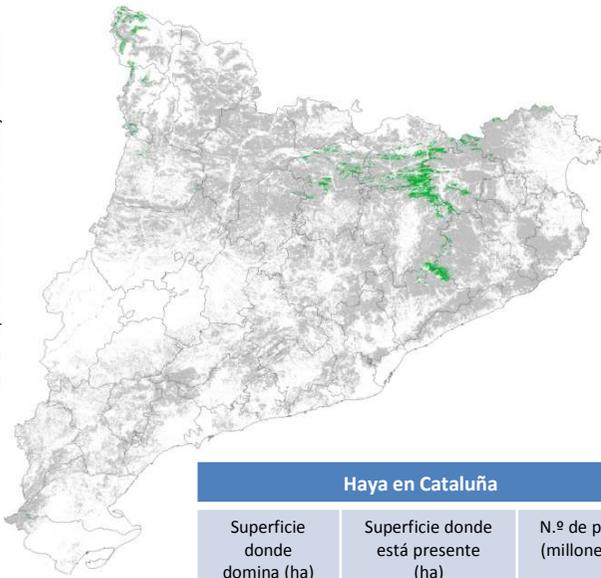
- (49) Pardos, Marta; Puértolas, Jaime; Aranda, Ismael; *et al.* Can CO₂ enrichment modify the effect of water and high light stress on biomass allocation and relative growth rate of cork oak seedlings? TREES-STRUCTURE AND FUNCTION Volume 20 Issue 6 Pages: 713-724 DOI: 10.1007/s00468-006-0086-y
- (50) 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, J. G. Resprouting of *Quercus suber* in NE Spain after fire. JOURNAL OF VEGETATION SCIENCE 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.2010.09.009 Published: FEB 2011
- (53) Pérez-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) Puértolas, Jaime; Pardos, Marta; Jiménez, María 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 66 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) Ramón González, José; 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) Rodríguez-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.crvi.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, J. 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.; Pérez-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

Haya (*Fagus sylvatica*)

Distribución del haya en Cataluña

En Cataluña encontramos hayedos en zonas del Prepirineo, entre los 500 y los 2.000 m y también en zonas de El Montseny y La Garrotxa.

FUENTE: Mapa de Cobertes del Sol de Catalunya. MCSC2005



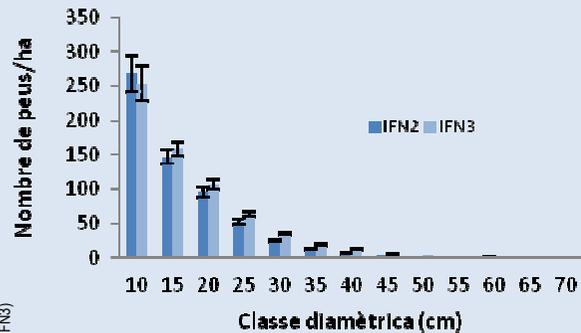
Haya en Cataluña		
Superficie donde domina (ha)	Superficie donde está presente (ha)	N.º de pies (millones)
33 513	71 341	22,3

La superficie donde la especie está presente ha sido corregida por el factor resultante de dividir MCSC dominante/IFN3 dominante para homogeneizar ambas fuentes. FUENTES: IFN3 y MCSC2005

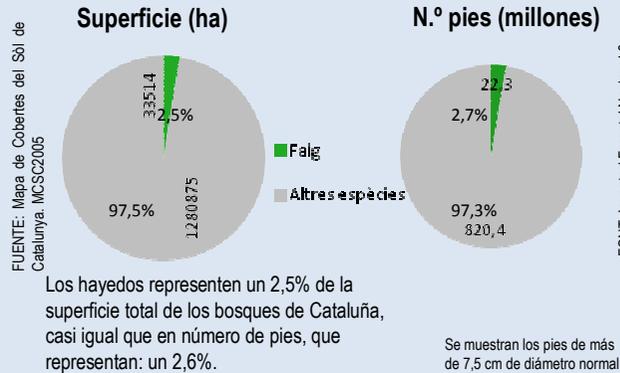
Estructura de la población del haya

Los hayedos de Cataluña son bosques jóvenes, con pies mayoritariamente por debajo de los 25 cm de clase diamétrica.

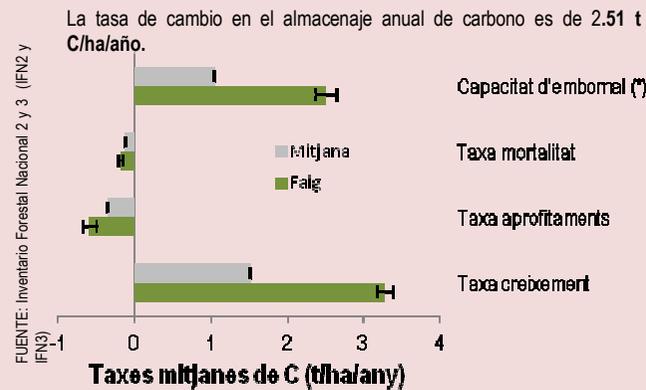
FUENTE: Inventario Forestal Nacional 2 y 3 (IFN2 y IFN3)



Distribución y estructura



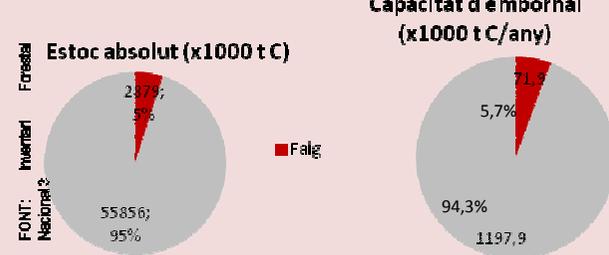
Tasas medias de carbono (C)



(*) La capacidad de sumidero anual de C es la resta entre la tasa de crecimiento menos la tasa de mortalidad y la de aprovechamientos (en toneladas de C/ha/año).

Almacenaje y sumidero de carbono (C) absolutos

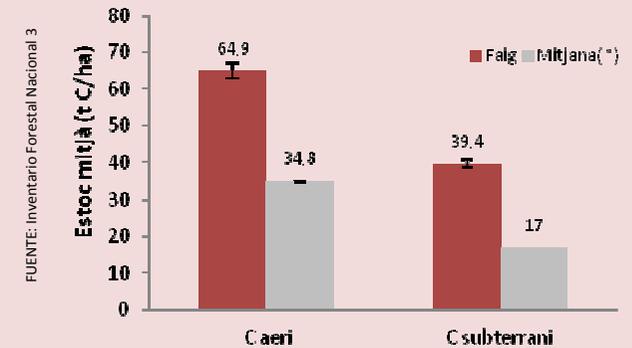
El almacenaje absoluto de C de los hayedos suma unos 2,8 millones t C (toneladas de carbono). La capacidad de sumidero de estos bosques es de 71,9 millones t C/año.



Almacenaje y sumidero de carbono

Almacenajes de carbono (C) medio

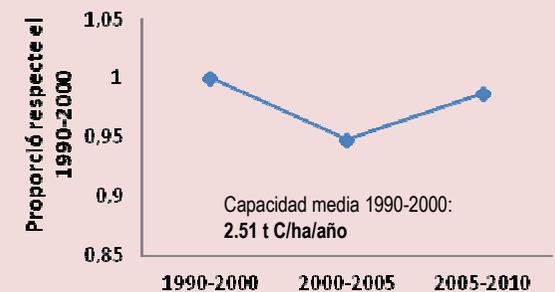
Los hayedos almacenan mucha más cantidad de C que la media, tanto en la parte aérea como en la subterránea.



(*) La media está calculada con datos de todas las especies de Cataluña.

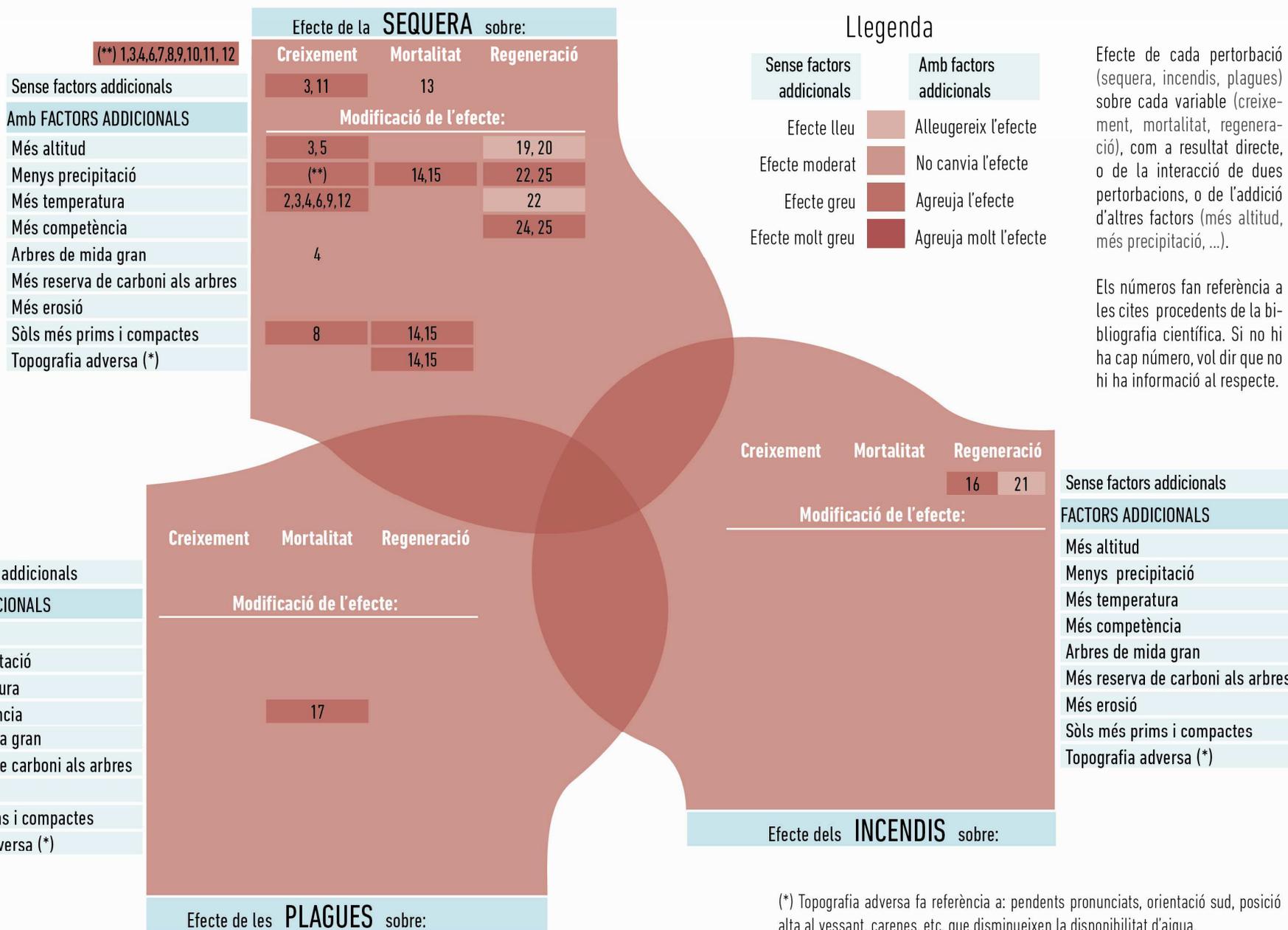
Cambio en la capacidad de sumidero

Con respecto al intervalo de referencia (1990-2000), los hayedos han mantenido estable su capacidad de sumidero en 2010, tras un ligero descenso durante el periodo 2000-2005.



Proporción de la capacidad de sumidero en relación con el periodo de referencia (1990-2000)

Los valores se han obtenido ajustando un modelo estadístico con la información de las parcelas de muestreo de los dos IFN para el conjunto de coníferas y de latifolios teniendo en cuenta el efecto de la estructura del bosque, los datos climáticos y la tendencia de la temperatura entre IFN.



CRECIMIENTO

1. La respiración de las hojas disminuye al aumentar el déficit hídrico de la planta. (Ref. 24)
2. Aunque hay un aumento en cuanto a la eficiencia en el uso del agua en el límite inferior del bosque, el haya no evita un descenso de su crecimiento como resultado del calentamiento. (Ref. 19)
3. Hay un crecimiento significativamente menor de los árboles maduros en el límite altitudinal inferior de la distribución, en comparación con los árboles que se encuentran a altitudes más altas, ya que está fuertemente limitado por la sequía. (Ref. 13)
4. Se ha observado una rápida disminución del crecimiento del haya desde 1975. En el 2003 se había observado un 49% menos de crecimiento que los niveles anteriores al declive como resultado del aumento de las temperaturas y la disminución de las precipitaciones; en cambio, no tiene relación con la edad del árbol. (Ref. 13)
5. El crecimiento del haya disminuye con la altitud. (Ref. 17)
6. El índice de área foliar (LAI) puede aumentar favorecido por el incremento de CO₂ atmosférico, especialmente en los lugares donde la precipitación es alta y las condiciones climáticas no demasiado cálidas, según el modelo de simulación Gotilwa+. (Ref. 25)
7. La duración media de la vida de las hojas del haya aumentaría bajo condiciones de cambio climático debido al hecho de que tendría un periodo de crecimiento más prolongado, que promovería una mayor producción siempre que el agua no fuera un factor limitante, según el modelo de simulación Gotilwa+. (Ref. 25)
8. Hay una relación inversa entre el grosor de los anillos de crecimiento de los árboles y la disponibilidad de agua en el suelo al inicio de la temporada de crecimiento. (Ref. 22)
9. Las precipitaciones de diciembre y julio se relacionaron positivamente con el crecimiento del haya, mientras que la temperatura de abril se relacionó negativamente. (Ref. 1)
10. El crecimiento de los árboles maduros de haya está limitado por la sequía de verano, y depende básicamente de la acumulación de nieve y del deshielo para satisfacer su demanda de agua en verano. (Ref. 1)
11. El estrés por sequía a largo plazo reduce la productividad de las hayas en las regiones centrales de los Apeninos, de acuerdo con las tendencias similares identificadas en montañas mediterráneas. (Ref. 21)
12. Se ha observado una disminución del crecimiento en el límite sur de la distribución. Se espera que este hecho se vea agravado si el aumento de las temperaturas no va acompañado de un aumento de las precipitaciones. (Ref. 13)

MORTALIDAD

13. Se sugiere que el haya dispone de eficientes mecanismos de regulación fisiológica que le permitirían mantenerse en buen estado bajo las condiciones del clima mediterráneo relativamente seco. (Ref. 18)
14. En la región de Toscana se observó un deterioro de las copas de haya y pino piñonero debido a la disminución de la precipitación media anual, especialmente en las zonas con suelos delgados y pendientes fuertes. (Ref. 3)

15. Se sugiere una interacción entre el daño en los árboles y factores de estrés diferentes, algunos de los cuales parecen estar vinculados a las condiciones locales (exposición, trabajos silvícolas, fertilidad del suelo, etc.), mientras que otros están relacionados a parámetros ambientales como la precipitación. (Ref. 3)
16. En 1991 un incendio en el Parque Natural de la Tejera Negra, en Guadalajara, quemó haya y pino silvestre. Dos años después del fuego el porcentaje de recubrimiento vegetal era similar al de las parcelas quemadas y al de las parcelas control, aunque el haya había sido sustituida por la retama. (Ref. 11)
17. Los insectos defoliantes y mamones son los dos grupos que causan daños más importantes en los hayedos. Una densidad de pies demasiado elevada es uno de los factores que más contribuyen a la proliferación de estas plagas una vez se ha producido el foco. (Ref. 10)
18. *Los chancros y el oidio son dos de las enfermedades más importantes que pueden sufrir las hayas ya que su corteza fina y el ambiente húmedo en el que viven las hacen ser propensas al ataque de varios tipos de hongos.* (Ref. 10)

REGENERACIÓN

19. En un estudio realizado en El Montseny, el porcentaje de individuos jóvenes de haya en las zonas más bajas es sólo de la mitad que la de las partes media y alta de la ladera (Ref. 20)
20. El haya, en las partes más altas de su distribución en el macizo del Montseny, ha ganado densidad y se ha desplazado montaña arriba con el establecimiento de nuevos árboles vigorosos. (Ref. 20)
21. En un hayedo quemado, los plantones postincendio de haya raramente están mezclados con otras especies. (Ref. 27)
22. La alta humedad del suelo, la precipitación y la alta temperatura durante la estación de crecimiento incrementan la densidad de plantones, mientras que las heladas de primavera y de otoño la hacen disminuir. (Ref. 26)
23. *La producción de frutos incrementa en pies que tienen muestras de degradación de la copa. El aumento de la asignación para la reproducción podría ser una estrategia del haya para afrontar las limitaciones ecológicas que tienden a limitar su establecimiento.* (Ref. 26)
24. Los plantones de los claros sobreviven mejor que los situados en el sotobosque, independientemente de la disponibilidad de agua. (Ref. 23)
25. La intensificación de la sequía estival podría impedir el establecimiento de plantones en el sotobosque, a causa de la incapacidad de los mismos para soportar simultáneamente el estrés hídrico y la tolerancia a la sombra. (Ref. 23)

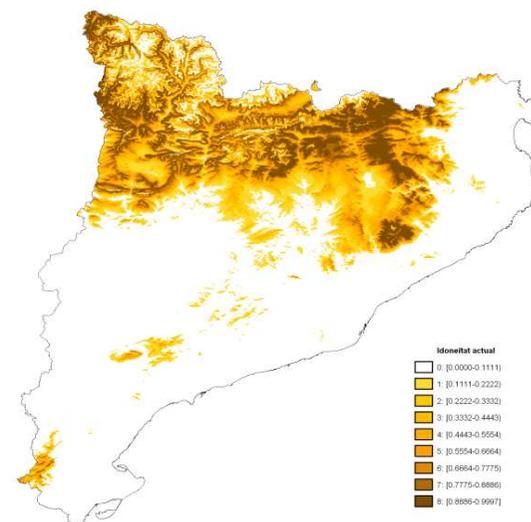
Los apartados de **DISTRIBUCIÓN** y **VULNERABILIDAD** no están representados al cuadro resumen de los impactos observados. Las citas de la bibliografía que hacen referencia a ellos se presentan a continuación.

DISTRIBUCIÓN

- El cambio climático puede conducir a una **reducción drástica del haya** y del roble albar en los lugares macroclimáticamente poco adecuados. (Ref. 6)
- El aumento de las temperaturas puede dar lugar a una rápida disminución en el crecimiento de las poblaciones de altitudes más bajas y un consecuente retroceso de la distribución del haya en el sur de Europa. (Ref. 13)
- La distribución geográfica del haya depende de su poca tolerancia a la sequía estival en las partes más bajas y a las heladas en invierno en las partes más altas. (Ref. 17)
- El haya no tiene una estrategia efectiva de conservación del agua y ello se refleja en su distribución. En ambientes secos hay un riesgo de supervivencia de las poblaciones de haya en condiciones de temperaturas extremas. (Ref. 28)
- Los bosques de haya están siendo sustituidos por encinares mediterráneos, probablemente como consecuencia del calentamiento. (Ref. 20)
- La temperatura y las precipitaciones en primavera son las principales variables que determinan la distribución de las hayas afectadas por la sequía. (Ref. 6)

ATLAS DE IDONEIDAD TOPOCLIMÁTICA DEL HAYA:

IDONEIDAD ACTUAL:

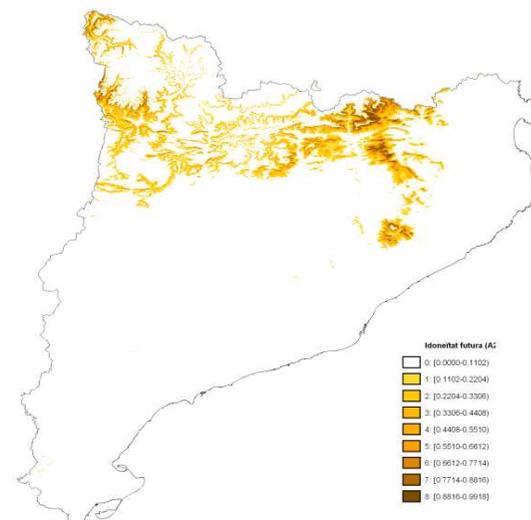


El grado de adecuación a las condiciones climáticas y topográficas del haya para el período 1950-1998 representa su idoneidad actual. Los colores oscuros indican mayor idoneidad (conjunto de condiciones topográficas y climáticas en las que una especie vive actualmente) y los claros menos o ninguna (blanco).

La superficie indicada en la tabla corresponde a las hectáreas donde el haya tiene una idoneidad climática del 50% o superior y el % que representa con respecto a la superficie total de Cataluña tanto en la actualidad como en el escenario futuro A2.

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

IDONEIDAD PROYECTADA (ESCENARIO A2):



Actualmente podríamos encontrar haya en un 19,6% de la superficie de Cataluña según las variables topoclimáticas. Con el escenario A2 este porcentaje se reduciría hasta el 2,2%.

Grado de adecuación a las condiciones climáticas y topográficas del haya para el período 2050-2080, que representa su idoneidad proyectada para el escenario A2.

ACCIONES PREVENTIVAS:

- Las hayas responden rápidamente al aclareo aumentando su productividad. (Ref. 5)
- Un intervalo de 15 años es el que se considera óptimo entre aclareos moderados e intensivos en un hayedo. (Ref. 5)
- En un experimento realizado en el campo, el porcentaje de colonización de los hongos por micorriza arbuscular (Véase *Glosario*) fue superior en la parcela talada más recientemente. Por el contrario, en el bosque no gestionado, este porcentaje se mantuvo. (Ref. 4)
- Una densidad de pies demasiado elevada es uno de los factores que ayudan más a la proliferación de plagas de defoliantes y mamones una vez se ha producido el foco. (Ref. 10)

ACCIONES CORRECTIVAS:

NO SE HA ENCONTRADO INFORMACIÓN

- (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. Infectivity 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) García-Plazaola, José 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, J. L.. (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) Herranz, J. M.; MartínezSanchez, J. J.; 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; Rodríguez-Calcerrada, Jesús; Sánchez-Gómez, 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

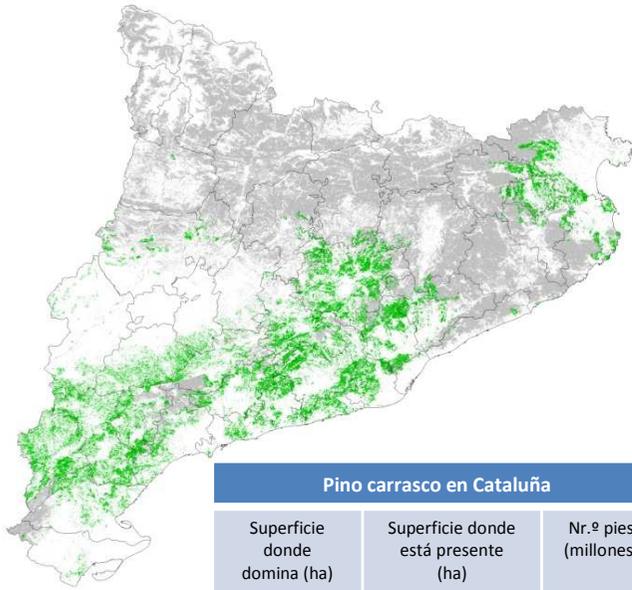
- (24) Rodríguez-Calcerrada, Jesús; Atkin, Owen K.; Matthew Robson, T.; *et al.* Thermal acclimation of leaf dark respiration of beech seedlings experiencing summer drought in high and low light environments. *TREE PHYSIOLOGY* Volume: 30 Issue: 2 Pages: 214-224 DOI: 10.1093/treephys/tpp104 Published: FEB 2010
- (25) Sabate, S.; Gracia, C. A.; 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

Pino carrasco (*Pinus halepensis*)

Distribución de pino carrasco en Cataluña

El pino carrasco se encuentra en gran medida en el litoral mediterráneo y se extiende hacia los puntos más bajos y cálidos de la Cataluña central y del valle del Ebro.

FUENTE: Mapa de Cobertes del Sòl de Catalunya. MCSC2005

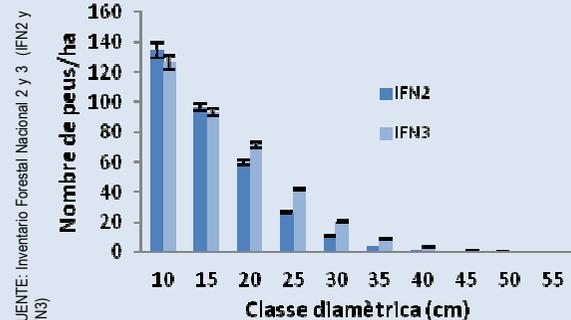


Pino carrasco en Cataluña		
Superficie donde domina (ha)	Superficie donde está presente (ha)	Nr.º pies (millones)
300 913	393 184	124,4

La superficie donde se presenta la especie ha sido corregida por el factor resultante de dividir MCSC dominante/IFN3 dominante e para homogeneizar ambas fuentes. FUENTES: IFN3 y MCSC2005

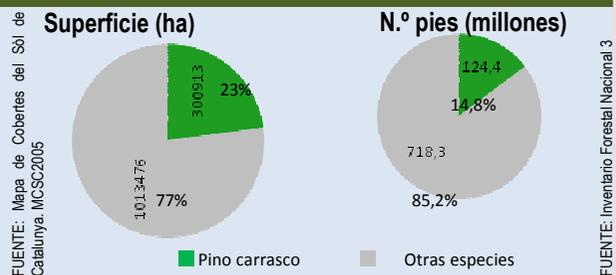
Estructura de la población de pino carrasco

Los bosques de pino carrasco son jóvenes y densos, con muchos pies por hectárea y mayormente por debajo de los 20 cm de clase diamétrica.



FUENTE: Inventario Forestal Nacional 2 y 3 (IFN2 y IFN3)

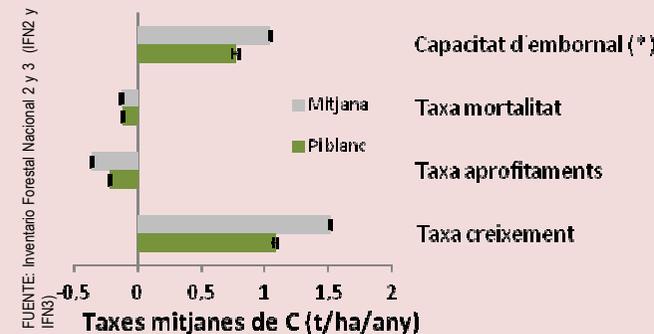
Distribución y estructura



El pino carrasco cubre un 23% de la superficie total de los bosques de Cataluña. Por el contrario, Se contabilizan los pies de más de 7,5 cm de diámetro normal. en número de pies representa un 14,7%.

Tasas medias de carbono (C)

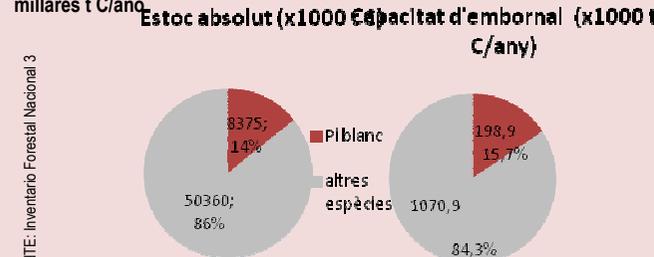
La capacidad media de sumidero del pino carrasco entre 1990 y 2000 es de **0.77 t C/ha/año**.



(*) La capacidad de sumidero anual de C es la resta entre la tasa de crecimiento menos la tasa de mortalidad y la de aprovechamientos (en toneladas de C/ha/año).

Almacenaje y sumidero de carbono (C) absolutos

El almacenaje absoluto de C de los bosques de pino carrasco suma unos **0,3 millones t C** (toneladas de carbono). La capacidad de sumidero de estos bosques es de **198,9 millones t C/año**.

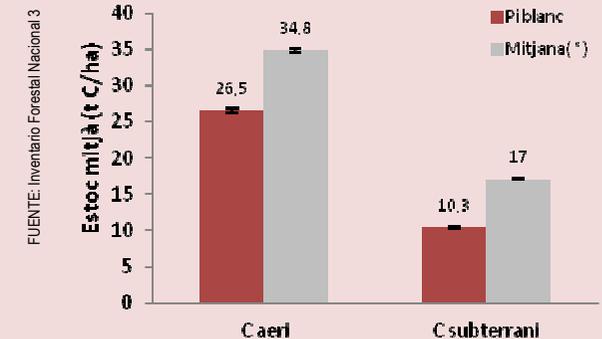


FUENTE: Inventario Forestal Nacional 3

Almacenamiento y sumidero de carbono

Almacenaje medio de carbono (C)

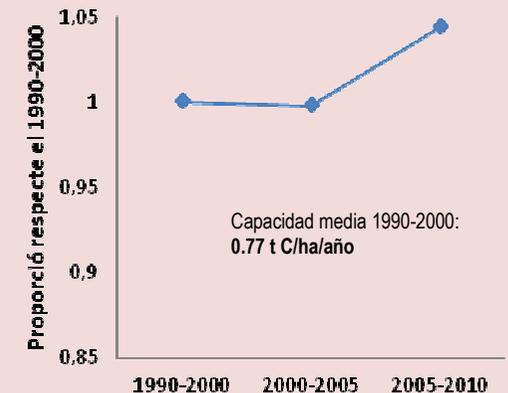
Los pinares de pino carrasco almacenan menos toneladas de C/ha que la media de las otras especies, en relación tanto con el C aéreo como con el C subterráneo.



(*) La media está calculada con datos de todas las especies de Cataluña.

Cambio en la capacidad de sumidero

Partiendo del intervalo de referencia (1990-2000), los bosques de pino carrasco incrementaron la media de su capacidad de sumidero durante el intervalo 2005-2010.



Proporción de la capacidad de sumidero con relación al periodo de referencia (1990-2000)

Los valores se han obtenido ajustando un modelo estadístico con la información de las parcelas de muestreo de los dos IFN para el conjunto de coníferas y de latifolios teniendo en cuenta el efecto de la estructura del bosque, los datos climáticos y la tendencia de la

Efecte de la **SEQUERA** sobre:

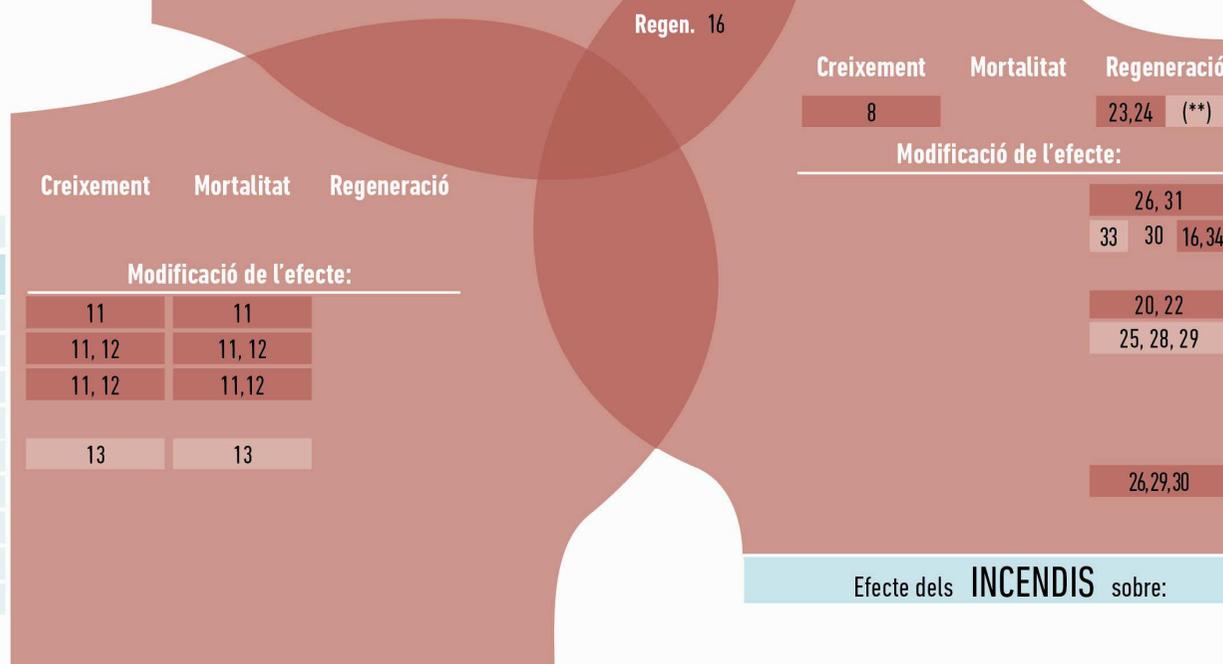
	Creixement	Mortalitat	Regeneració
Sense factors addicionals	9, 10		
Amb FACTORS ADDICIONALS	Modificació de l'efecte:		
Més altitud			
Menys precipitació	1, 2, 3, 5, 6		16
Més temperatura			
Més competència	2		
Arbres de mida gran			
Més reserva de carboni als arbres	1		
Més erosió			
Sòls més prims i compactes	5		
Topografia adversa (*)	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.



Efecte de les **PLAGUES** sobre:

	Creixement	Mortalitat	Regeneració
Sense factors addicionals			
FACTORS ADDICIONALS	Modificació de l'efecte:		
Més altitud	11	11	
Menys precipitació	11, 12	11, 12	
Més temperatura	11, 12	11, 12	
Més competència			
Arbres de mida gran	13	13	
Més reserva de carboni als arbres			
Més erosió			
Sòls més prims i compactes			
Topografia adversa (*)			

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

	Creixement	Mortalitat	Regeneració
Sense factors addicionals	8		23,24 (**)
FACTORS ADDICIONALS	Modificació de l'efecte:		
Més altitud			26, 31
Menys precipitació	33	30	16,34
Més temperatura			20, 22
Més competència			25, 28, 29
Arbres de mida gran			
Més reserva de carboni als arbres			
Més erosió			
Sòls més prims i compactes			26,29,30
Topografia adversa (*)			

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

CRECIMIENTO

1. Una reducción de la precipitación en invierno y primavera llevaría a una reducción del crecimiento radial, ya que depende directamente de este factor, y, a su vez, de forma indirecta, también reduciría la absorción de C. Esta reducción sería una causa plausible del decaimiento de los bosques. (Ref. 46, 56, 45, 55)
2. El crecimiento del pino carrasco, tanto en bosques cerrados como en bosques abiertos, está relacionado con la precipitación anual. De ahí que en repoblaciones muy densas la competencia por el agua sea mayor y los crecimientos, menores. (Ref. 36)
3. En las zonas de ambientes más secos, el pino carrasco mostró una fuerte reducción del crecimiento debido a las sequías del 1994-1995, 1999, 2005. (Ref. 55)
4. El calentamiento tiende a aumentar las tasas de fotosíntesis del pino carrasco durante las estaciones frías, cuando las bajas temperaturas son el factor limitante. (Ref. 50)
5. La humedad del suelo se relaciona positivamente con las tasas de fotosíntesis. (Ref. 50)
6. En los bosques mediterráneos, el NDVI (véase *Glosario*) del pino carrasco disminuyó durante la sequía del verano del 2003. (Ref. 29)
7. *El ozono y el estrés hídrico reducen las tasas de intercambio de gases.* (Ref. 27)
8. En aquellas áreas que han padecido incendios dos veces (intervalos menores de 16 años) se observó un menor crecimiento en altura y en diámetro de los pinos que regeneran después del fuego, así como: un retraso de 3 años en el inicio de la reproducción, una reducción del 52% del número de pinos reproductivos y unas piñas un 36% más pequeñas en relación con la media. Todo ello conduce a una simplificación estructural del bosque. (Ref. 15, 18, 17)

MORTALIDAD

9. El pino carrasco dispone de mecanismos de ahorro de agua para hacer frente a la sequía. En respuesta al estrés hídrico muestra un rápido aumento de la eficiencia en el uso del agua y aumenta su disponibilidad gracias a la penetración de las raíces en capas profundas. (Ref. 9, 20, 51)
10. En respuesta al estrés hídrico del mediodía, el pino carrasco muestra un marcado cierre de los estomas, cosa que le permite mantener el potencial hídrico estable. (Ref. 32)
11. La procesionaria (*Thaumetopoea pityocampa*) es una plaga de las especies de pino, relacionada con los índices NAO (véase *Glosario*), que afecta más gravemente a las especies que viven en altitudes medias-altas. Un episodio de NAO negativo conduce a temperaturas leves y condiciones de humedad, que favorecen la procesionaria. (Ref. 25)
12. Hasta 3 años después de un episodio NAO (véase *Glosario*) negativo se pueden observar episodios de defoliaciones debidas a la procesionaria. (Ref. 25)
13. Se han detectado daños producidos por especies de distintos defoliantes (*Pachyrhinus*) en pinos jóvenes (Ref. 22)
14. Los escarabajos defoliantes (*Coleoptera, Curculionidae*) comen, preferentemente, las agujas de la temporada anterior. (Ref. 22)
15. El pino carrasco es una especie adaptada a los hábitats propensos al fuego y que se usa frecuentemente para reforestaciones y restauraciones, ya que muestra cierto grado de adaptación a los incendios, con estrategias como la regeneración natural después del fuego. (Ref. 42, 41, 40, 39, 4, 53, 52)

REGENERACIÓN

16. Una sequía prolongada dificulta la recolonización de las zonas quemadas por parte de las especies germinadoras como el pino carrasco. (Ref. 33)
17. El pino carrasco tiene piñas serótinas que protegen a las semillas de los daños del fuego, aislándolas térmicamente y favoreciendo su abertura después del fuego a fin de que se liberen los piñones. (Ref. 42, 58)
18. *Tanto los valores de NDVI (véase Glosario) como la estructura espacial de los bosques de pino carrasco han tendido a recuperarse entre 1997 y 2007, tras los extensos incendios de 1995.* (Ref. 60)
19. La elevada regeneración del pino carrasco fue el patrón dominante en el área de estudio (un bosque de pino carrasco de Montes de Castejón, en la depresión del Ebro), donde más de un 70% del área quemada tendió a recobrar las condiciones anteriores al fuego. (Ref. 60)
20. La alta densidad de plántulas en las áreas regeneradas produce una elevada competencia intraespecífica, que podría hacer disminuir la producción de piñas por pino y que, en caso de un eventual nuevo incendio, haría insuficiente la cantidad de semillas almacenadas para una nueva recolonización. (Ref. 40)
21. El pino carrasco es una especie que se reproduce muy pronto (5-7 años) y que asigna muchos recursos a la producción de semillas que se acumulan en la copa. Ello permite asegurar una regeneración natural ante futuras nuevas perturbaciones (como un nuevo incendio) y reduce el riesgo de inmadurez. (Ref. 40, 44)
22. El número de árboles reproductivos en pinares jóvenes (regeneraciones) es mayor en las zonas menos densas, donde se llevaron a cabo aclareos. Además, la producción de piñas por individuo fue más alta en estas zonas a causa de la menor competencia por el agua, la luz y los nutrientes. (Ref. 37)
23. Los roedores son los principales depredadores de semillas de pino carrasco en las zonas quemadas. (Ref. 6)
24. Un tercer fuego en las áreas ya quemadas podría limitar gravemente la regeneración natural del pino carrasco. (Ref. 15)
25. La alta recurrencia de fuegos promueve un fuerte aumento de los rodales de pinos jóvenes e inmaduros, con poca capacidad de regeneración y un elevado riesgo de inmadurez. (Ref. 13)
26. La elevación es la única variable topográfica significativa que determina cambios en la composición del bosque después del fuego. Veinte años después del fuego se han encontrado regeneraciones de pino carrasco limitadas, especialmente por encima de los 1.000 metros. (Ref. 4)
27. *El reclutamiento de plantones se da justo después del fuego, tanto en las zonas quemadas una vez como dos veces, pero la densidad es menor en las que han padecido repetidamente un incendio.* (Ref. 18)
28. A partir de los 5 años los pinos ya empiezan a hacer piñas, pero los intervalos de fuego de 15 años se consideran el mínimo de tiempo requerido para que el pino carrasco pueda recuperarse tras un incendio, ya que es el tiempo que tardan en tener un banco de semillas que pueda reducir el riesgo de inmadurez. (Ref. 18, 58)
29. Diez años después del fuego, la regeneración varió entre 0,006 pinos/m² y 20,4 pinos/m². La regeneración más alta se observó en bosques con muchas ramas en el suelo, que crean condiciones microclimáticas adecuadas, en las laderas norte, allí donde el área basal previa era grande y en las zonas con terrazas. (Ref. 48)

30. Algún estudio indica que las variables de precipitación anual y pendiente tuvieron poca importancia con respecto a la regeneración. (62) En cambio, otros sugieren que las pendientes pronunciadas y las exposiciones muy soleadas llevan a regeneraciones muy bajas o nulas. (Ref. 11)

31. Tanto la densidad de plántulas de regeneración de pino carrasco, como su altura media disminuyeron con la altitud. La severidad del fuego también afectó a la altura media de las plántulas. (Ref. 5)

32. La regeneración del pino carrasco tras el fuego depende totalmente del banco de semillas que tenga almacenado en la copa. (Ref. 44)

33. La liberación de las semillas es inducida, ya sea por el fuego o por condiciones de humedad ambiental baja. En el primer caso, recorren distancias cortas: < 30 m, mientras que en el segundo caso, el viento las puede diseminar hasta un quilómetro. (Ref. 43)

34. Después del fuego se observa una regeneración natural a causa de la lluvia de semillas, que maduran durante los primeros días posteriores al incendio. La emergencia de plántulas se concentra en otoño-invierno del primer año y depende de la precipitación después del incendio. (Ref. 11, 19, 33)

35. Las especies que mantienen los piñones dentro de las piñas (como el pino carrasco) tienen mayores porcentajes de germinación que las que tienen las semillas libres, ya que las protegen de las altas temperaturas. (Ref. 23)

36. El porcentaje de germinación disminuye cuando el tiempo de exposición al fuego y la temperatura aumentan. (Ref. 23)

37. *Pinus halepensis* tiene tasas de germinación mayores que *Pinus sylvestris* y que *Pinus nigra*. Su germinación después del fuego procede del banco de semillas del suelo o de la copa, pero nunca de las semillas de la superficie del suelo. (Ref. 23)

Los apartados de **DISTRIBUCIÓN** y **VULNERABILIDAD** no están representados en el cuadro resumen de los impactos observados. Las citas de la bibliografía que aluden a ellos se presentan a continuación.

DISTRIBUCIÓN

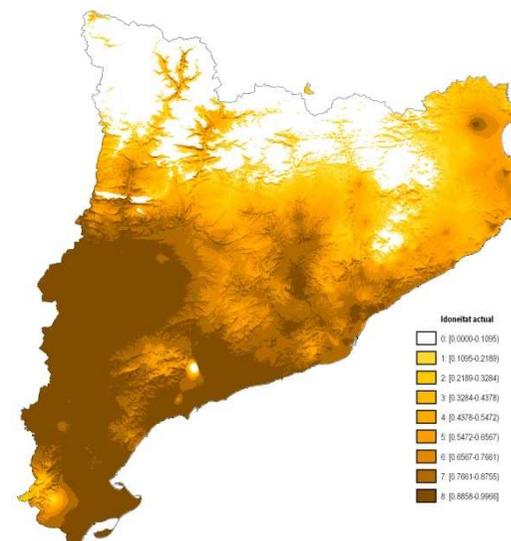
- Veinte años después de sucesivos incendios de pino carrasco y pino marítimo, la población de pino carrasco disminuye y aumentan los matorrales, de modo que la resiliencia del ecosistema forestal puede ser muy baja. (Ref. 3, 16, 17)
- Las parcelas de pino carrasco y encinas quemadas más severamente (árboles muertos con sólo alguna rama viva en lo alto de la copa) han cambiado hacia bosque mixto o hacia matorrales. (Ref. 4)
- Cabe esperar que los regímenes de incendios en la cuenca mediterránea aumenten su recurrencia, hecho que puede conllevar cambios drásticos en la distribución de bosques de pino carrasco. (Ref. 18)

OTROS

- Las especies pioneras como el pino carrasco pueden acumular grandes cantidades de biomasa muerta en pie y así promover el fuego en las primeras etapas de la sucesión. (Ref. 2)
- Los niveles más altos de serótina (véase *Glosario*) se registraron en las vertientes sur. (Ref. 37)
- Las tasas de erosión observadas después de incendios son relativamente altas, especialmente en condiciones de fuegos severos. (Ref. 47)
- Muchas de las especies de plagas forestales dependen fuertemente de la temperatura en sus dinámicas. (Ref. 25)
- Durante el verano de 1994 se quemaron en el este de España más de 100.000 ha de bosque de pino carrasco (Ref. 39)

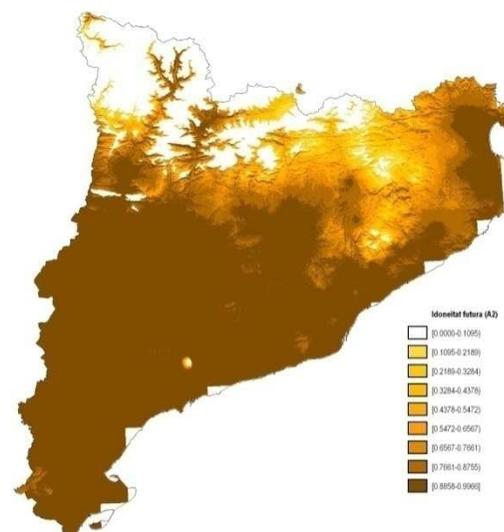
ATLAS DE IDONEIDAD TOPOCLIMÁTICA DEL PINO CARRASCO:

IDONEIDAD ACTUAL:



Mapa de idoneidad actual del pino carrasco. Fuente: Ninyerola *et al.* 2009

IDONEIDAD PROYECTADA (ESCENARIO A2):



Mapa de idoneidad proyectada (escenario A2) del pino carrasco. Fuente: Ninyerola *et al.* 2009

El grado de adecuación a las condiciones climáticas y topográficas del pino carrasco para el periodo 1950-1998 representa su idoneidad actual. Los colores oscuros indican mayor idoneidad (conjunto de condiciones topográficas y climáticas en las que una especie vive actualmente) y los claros menos o ninguna (blanco).

La superficie indicada en la tabla corresponde a las hectáreas donde el pino carrasco tiene una idoneidad climática del 50% o superior y el % que representa con respecto a la superficie total de Cataluña tanto en la actualidad como en el escenario futuro A2.

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

Actualmente podríamos encontrar pinares de pino carrasco en un 60,7% de la superficie de Cataluña según las variables topoclimáticas. Con el escenario A2 este porcentaje incrementaría hasta un 79%.

Grado de adecuación a las condiciones climáticas y topográficas del pino carrasco para el periodo 2050-2080, que representa su idoneidad proyectada para el escenario A2.

ACCIONES PREVENTIVAS:

- Se han encontrado diferencias en el porcentaje de defoliación según el tratamiento silvícola: cuanto más intenso fue el tratamiento, mayor era el porcentaje de defoliación registrado. (Ref. 22)
- Una buena política de gestión silvícola mejora el crecimiento, los procesos reproductivos, adelanta la edad de madurez y aumenta el banco de semillas y de piñas serótinas. Por lo tanto reduce el riesgo de inmadurez ante una nueva perturbación. Los aclareos como herramienta de gestión silvícola pueden mitigar los impactos negativos del calentamiento climático. (Ref. 55, 39, 13)
- El aclareo 5 y 10 años después del fuego mejoró el crecimiento y la cantidad de semillas almacenadas en la copa, promovió una regeneración más exitosa y llevó a niveles de biodiversidad similares a las estaciones maduras. (Ref. 41)
- Las parcelas aclaradas muestran un aumento en el porcentaje de pinos que producen piñas por primera vez (50,4% con respecto al 13,3% en las parcelas control); acortan el periodo no reproductivo, y también aumentan el número de piñas por pino. (Ref. 61)
- Las tradicionales prácticas de extracción de madera no amenazan la regeneración del pino blanco, siempre y cuando la densidad inicial de las plántulas sea lo suficientemente importante. (Ref. 33)
- Los tratamientos silvícolas no afectaron significativamente a la fauna. (Ref. 41)
- A pesar del efecto negativo de la extracción de madera para la supervivencia del árbol joven, la densidad de plántulas 4 años después de un incendio en el área aclarada era grande: de 3,3 plantas/m₂. (Ref. 33)
- La retirada de la madera redujo el crecimiento de los plantones: la altura fue significativamente más alta en las parcelas de control. (Ref. 33)
- La densidad de plántulas disminuyó de 0,66 plántulas/m₂ a los 9 meses a 0,24 plántulas/m₂ a los 39 meses después del fuego. (Ref. 24)

ACCIONES CORRECTIVAS:

NO SE HA ENCONTRADO INFORMACIÓN

- (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, M. J.; 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, M. J.; 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, María José; 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, José. 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.; González-Ochoa, A.; López-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, Al; Torres, P. Afforestation of burnt forests using mycorrhized *Pinus halepensis* and *P-pinastar* saplings. Traud, L; Prodon, R. 3rd International Workshop on Fire Ecology Location: BANYULS-SUR-MER, FRANCE Date: OCT 22-26, 2001
- (12) De las Heras, J.; Martínez-Sánchez, J. J.; González-Ochoa, Al; *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; López-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, Martín; 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.; Martínez-Sánchez, J. J.; *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, J. P.; 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) García Esteban, Luis; Antonio Martín, 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, J. M. 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, J. M.; Martínez-Sánchez, J. J.; 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, José 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) Inclán, 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) Inclán, R.; Gimeno, B. S.; 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; Serra, Josep Maria; 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, J. G.; 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, F. T.; 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) Martínez-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) Martínez-Sánchez, J. J.; 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) Martínez-Sánchez, J. J.; Marín, A.; Herranz, J. M.; *et al.* Effects of high-temperatures on germination of *Pinus halepensis* mill. and *Pinus pinaster aiton 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-Gutiérrez, 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, Iramia; *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.; De las Heras, J.; López-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.; De las Heras, J.; López-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.; López-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, J. G.; 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

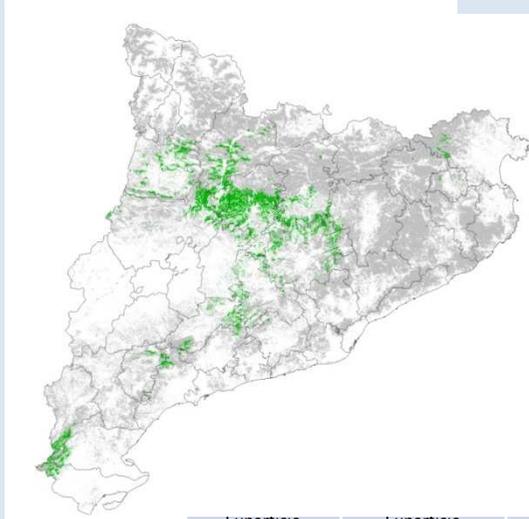
- (50) Prieto, Patricia; Penuelas, Josep; Llusia, Joan; *et al.* Effects of long-term experimental night-time warming and drought on photosynthesis, Fv/Fm and stomatal conductance in the dominant species of a Mediterranean shrubland. ACTA PHYSIOLOGIAE PLANTARUM Volume: 31 Issue: 4 Pages: 729-739 DOI: 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, J. M.; 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, F. X. 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) Sánchez-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) Sánchez-Salguero, Raúl; 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.; García, 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.; Pérez-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, Iraima; 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

Pino laricio (*Pinus nigra*)

Distribución del pino laricio en Cataluña

En Cataluña encontramos pino laricio en las zonas del Prepirineo central, entre los 500 y los 1.200 metros, i también en la sierra d'Elis Ports.

FUENTE: Mapa de Cobertes del Sòl de Catalunya. MCSC2005

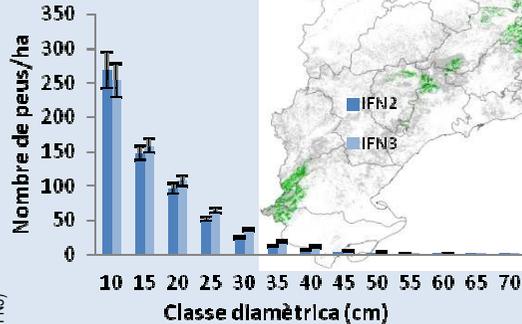


La superficie donde está presente la especie ha sido corregida por el factor resultante de dividir MCSC dominante/IFN3 dominante para homogeneizar ambas fuentes. FUENTES: IFN3 y MCSC2005

Estructura de la población del pino laricio

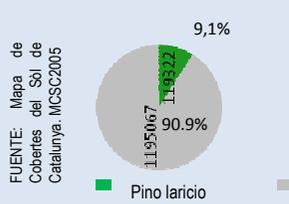
Los bosques de pino laricio son muy jóvenes, principalmente con pies menores de 20 cm de clase diamétrica.

FUENTE: Inventario Forestal Nacional 2 y 3 (IFN2 y IFN3)



Distribución y estructura

Superficie (ha)



Los bosques de pino laricio representan un 9,1% de la superficie total de los bosques de Cataluña; menos que en número de pies, donde representan un 12%.

N.º pies (millones)

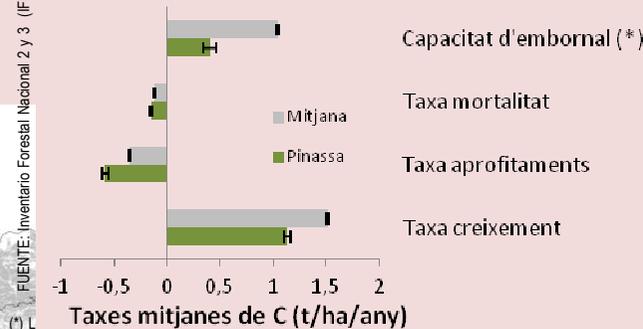


Se contabilizan los pies de más de 7,5 cm de diámetro normal.

Tasas medias de carbono (C)

La capacidad media de sumidero del pino laricio entre 1990 y 2000 es de **0.4 t C/ha/año**.

FUENTE: Inventario Forestal Nacional 2 y 3 (IFN2 y IFN3)



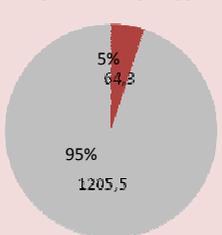
Almacenaje y sumidero absolutos de carbono (C)

El almacenaje absoluto de los bosques de pino laricio suma unos **5,2 millones t C** (toneladas de carbono). La capacidad de sumidero de estos bosques es de **64,3 millares t C/año**.

FUENTE: Inventario Forestal Nacional 3



Capacitat d'embornal (x1000 t C/any)



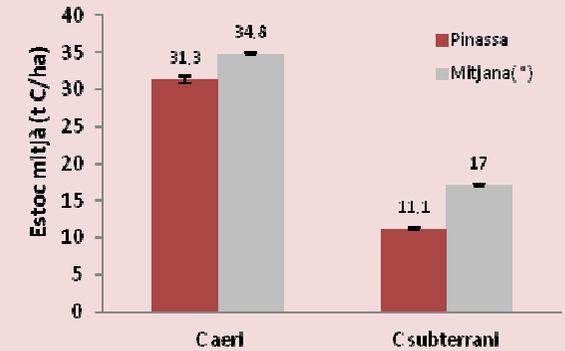
FUENTE: Inventario Forestal Nacional 3

Almacenamiento y sumidero de carbono

Almacenaje medio de carbono (C)

Los pinares de pino laricio almacenan un poco menos de carbono por hectárea que la media, tanto en la fracción aérea como en la subterránea.

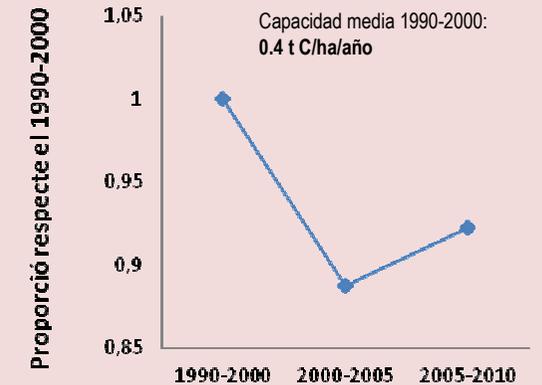
FUENTE: Inventario Forestal Nacional 3



(*) La media está calculada con datos de todas las especies de Cataluña.

Cambio en la capacidad de sumidero

Con respecto al intervalo de referencia (1990-2000) los bosques de pino laricio han perdido, de promedio, su capacidad de sumidero a lo largo del periodo 2005-2010.



Proporción de la capacidad de sumidero en relación con el periodo de referencia (1990-2000)

Los valores se han obtenido ajustando un modelo estadístico con la información de las parcelas de muestreo de los dos IFN para el conjunto de las coníferas y las latifolias teniendo en cuenta el efecto de la estructura del bosque, datos climáticos y la tendencia de la temperatura entre IFN.

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			
Més competència			
Arbres de mida gran			
Més reserva de carboni als arbres			
Més erosió			
Sòls més prims i compactes	19,20		20,35
Topografia adversa (*)			

Efecte dels **INCENDIS** sobre:

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.

CRECIMIENTO

1. Las poblaciones de pino laricio situadas a bajas altitudes muestran una relación negativa entre la temperatura media y el crecimiento. (Ref. 3)
2. Los pies más viejos de pino laricio muestran un menor crecimiento medio, que también depende de las condiciones del suelo. (Ref. 3)
3. *Cuando la precipitación no es limitante, la temperatura correlaciona positivamente con el crecimiento.* (Ref. 5)
4. Si los periodos de calentamiento se mantienen y se superan ciertos umbrales de sequía, el crecimiento podría verse afectado. (Ref. 25)
5. Los árboles dominantes muestran una respuesta más plástica porque han recuperado más de prisa el crecimiento normal después de la sequía. (Ref. 24)
6. El desarrollo de las plantas durante la sequía depende del equilibrio entre la luz y las limitaciones de humedad. (Ref. 24)
7. En cuanto a la temperatura, los veranos cálidos y secos reducen el crecimiento de *Pinus nigra*, mientras que las primaveras o inviernos más cálidos y los otoños fríos lo aumentan. (Ref. 24, 21)
8. *Con respecto a la precipitación, la sequía de los meses de mayo y junio fue el principal factor limitante del crecimiento. Por el contrario, un invierno cálido lo favoreció.* (Ref. 20, 21, 18)
9. *En los lugares más secos, las respuestas del crecimiento a la sequía dependen de la precipitación; mientras que en los lugares más templados dependen del balance hídrico anual.* (Ref. 34)
10. La probabilidad de daño de la copa, entendida como decaimiento, aumentó con el tamaño del árbol, la competencia y la sequía en primavera y verano. (Ref. 43)
11. La reducción del crecimiento y la defoliación generalizada en las plantaciones de pinos hacen pensar que en lugares secos sujetos a periodos de sequía severos, su persistencia se puede ver comprometida dadas las condiciones más cálidas y secas que se esperan en un futuro. (Ref. 43)
12. *Pinus nigra respondió positivamente a una mayor temperatura al principio de la temporada de crecimiento.* (Ref. 18)
13. *La precipitación de los meses de verano y la temperatura invernal tienen un efecto positivo en el crecimiento, mientras que la temperatura estival tiene un efecto negativo.* (Ref. 26)
14. Los árboles que crecen en lugares poco elevados y más secos son más vulnerables a la sequía inducida por la temperatura. (Ref. 6)
15. En los lugares más elevados y más secos, los árboles de mayor edad media (que corresponde a las elevaciones por encima de los 1.500 m) sufren más los efectos a largo plazo (calentamiento) y a corto plazo (sequía) sobre el crecimiento. (Ref. 6)
16. *Pinus nigra* accede a las fuentes de agua profunda durante los veranos secos. (Ref. 36)
17. El pino laricio muestra un eficiente control estomático, que reduce la pérdida de agua por transpiración. (Ref. 19)
18. *La desecación del suelo superficial induce a un rápido cierre de los estomas.* (Ref. 19)

MORTALIDAD

19. La supervivencia aumenta con el tamaño del árbol y disminuye con el daño que padece la copa durante el incendio. (Ref. 33)

20. La supervivencia de los árboles grandes y sus tasas de producción de semillas los convierten en la principal fuente de semillas postincendio. (Ref. 33)
21. La supervivencia de las plántulas depende principalmente de factores abióticos como la sequía del verano. (Ref. 29)
22. Las semillas de *Pinus nigra* no soportan temperaturas superiores a 110 °C y 5 minutos de exposición. (Ref. 1)
23. La mortalidad de las plántulas es alta y la proximidad de los árboles que producen semillas es determinante para su establecimiento. (Ref. 46)
24. Los plantones no resisten la sequía estival ni la competencia con otras especies que aparecen después del fuego (hierbas y arbustos). (Ref. 46)
25. La polilla de la procesionaria (*Thaumetopoea pityocampa*) es una plaga de las especies de pino, relacionada con los índices NAO (véase *Glosario*), que afecta más gravemente a las especies que viven en altitudes medias-altas. Un episodio de NAO negativo lleva a temperaturas leves y condiciones de humedad, que favorecen la procesionaria. Hasta 3 años después de un episodio NAO negativo se pueden observar episodios de defoliaciones debidas a la procesionaria. (Ref. 16)
26. *Matsococcus feytaudi* es un insecto que causa una mortalidad generalizada en bosques de *Pinus nigra* en la isla de Córcega. (Ref. 18)

REGENERACIÓN

27. El establecimiento de plántulas de pino laricio mejora en condiciones de cobertura elevada, que no son las condiciones que se dan en áreas quemadas. Por lo tanto, la regeneración de esta especie está fuertemente limitada después de un fuego. (Ref. 31)
28. *La tasa de germinación disminuye a medida que se incrementa la cantidad de ceniza, ya que tiene un efecto inhibitorio y las plántulas muestran una mayor tasa de mortalidad.* (Ref. 38)
29. La floración tardía y la falta de piñas serótinas (véase *Glosario*) indican que los bosques de pino laricio no se desarrollaron históricamente en condiciones de fuegos frecuentes. (Ref. 45)
30. En condiciones normales, la regeneración natural de *Pinus nigra* no se ve limitada por las semillas, aunque la producción es muy diferente de un año para otro. Ahora bien, si sufre un incendio, la densidad de semillas de pino laricio no es lo bastante alta como para permitir la reforestación natural en la zona afectada. En estos casos, la regeneración es lenta y azarosa. (Ref. 29, 46)
31. El enriquecimiento de CO₂ en plantones aumentó la biomasa total, la biomasa de hojas y el área foliar de las plántulas, mientras que la restricción de agua disminuyó el área foliar, la biomasa foliar y la biomasa de la hoja. (Ref. 2)
32. Si la precipitación durante la primavera es alta, aumenta el número de plantones supervivientes aunque el verano sea seco. (Ref. 39)
33. La disminución de la densidad de reclutamiento de pino laricio en condiciones de sequía pone de manifiesto las amenazas al mantenimiento de su población, incluso en ausencia de fuego. (Ref. 4)
34. *La depredación de semillas post-incendio por parte de diferentes grupos de animales y la baja emergencia de plántulas, junto con la baja disponibilidad de semillas en zonas quemadas no predicen un panorama favorable a la recolonización postincendio del pino laricio. Incluso su área de distribución podría verse afectada.* (Ref. 32)

35. Las parcelas con árboles medianos y grandes tienen un mayor establecimiento de plántulas que las parcelas dominadas con árboles pequeños, que tienen valores de regeneración muy bajos, ya que los árboles grandes producen más piñas y con mayor frecuencia. (Ref. 31, 33)
36. La regeneración de pino laricio en ausencia de fuego es bastante buena; en cambio, después del fuego la regeneración de las plántulas casi desaparece. (Ref. 37)
37. Las poblaciones de *Pinus nigra* y de *Pinus pinea* no mostraron ninguna adaptación al fuego: la floración era insignificante incluso 15 años después del fuego y ninguna de las piñas producidas era serótina (véase *Glosario*), lo que hace pensar que el pino laricio sólo supera el fuego si es de baja intensidad. (Ref. 44)
38. La cubierta de las semillas protege a los embriones sólo hasta los 70 °C (porcentaje de germinación superior al 90%), que es una temperatura muy baja para un incendio forestal. Temperaturas más elevadas y tiempos de exposición largos hacen disminuir el porcentaje de germinación. (Ref. 15, 8)
39. El éxito de la regeneración depende del banco de semillas o de la fenología de las mismas (tardan 2 años en madurar y se dispersan durante la primavera del tercer año) y la severidad del fuego que afecta a la apertura de las piñas. (Ref. 15)

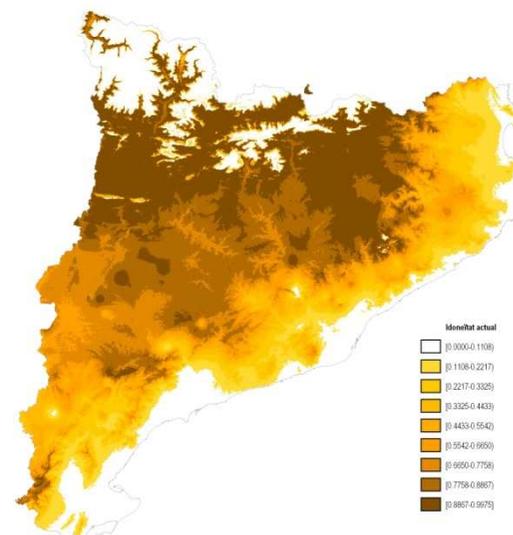
Los apartados de **DISTRIBUCIÓN** y **VULNERABILIDAD** no están representados en el cuadro resumen de los impactos observados. Las citas de la bibliografía que hacen referencia a ellos se presentan a continuación.

DISTRIBUCIÓN Y VULNERABILIDAD

- La aguda reducción del crecimiento y la defoliación generalizada en las plantaciones de pinos hacen pensar que en lugares secos sujetos a períodos de sequía severos su persistencia se puede ver comprometida dadas las condiciones más cálidas y secas que se esperan en un futuro. (Ref. 43)
- Se predice que el crecimiento en condiciones climáticas futuras disminuirá, aunque puede darse un aumento del crecimiento en las zonas situadas más al norte debido a un aumento moderado del crecimiento individual. (Ref. 26)
- Algunas especies de *Quercus* i *Pinus* mostraron regeneración, mientras que los bosques de pino laricio no se recuperaron. (Ref. 40).
- Grandes plantaciones de pino laricio han desaparecido recientemente por su sensibilidad al fuego. (Ref. 35)
- Los distintos patrones de recuperación postincendio han conducido a la dominancia de los pinos en los lugares más templados y a la concomitancia de pinos y robles en los lugares más secos. (Ref. 14)
- Los modelos muestran que 30 años después del fuego, el 77-93% de las parcelas dominadas por *Pinus nigra* pasan a ser dominadas por otras comunidades (*Quercus ilex*, *Quercus cerrifolia*, etc.). (Ref. 37)
- Los incendios pueden disminuir la distribución general de algunas especies de pinos, especialmente de *Pinus nigra* y de *Pinus sylvestris*, y dar como resultado un cambio en la ocupación del suelo debido a la poca capacidad de regeneración. (Ref. 37, 10)

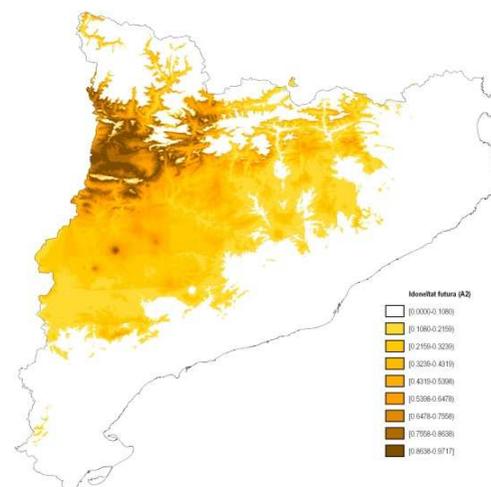
ATLAS DE IDONEIDAD TOPOCLIMÁTICA DEL PINO LARICIO:

IDONEIDAD ACTUAL:



Mapa de idoneidad actual del pino laricio. Fuente: Ninyerola *et al.* 2009

IDONEIDAD PROYECTADA (ESCENARIO A2):



Mapa de idoneidad proyectada (escenario A2) del pino laricio. Fuente: Ninyerola *et al.* 2009

El grado de adecuación a las condiciones climáticas y topográficas del pino carrasco para el periodo 1950-1998 representa su idoneidad actual. Los colores oscuros indican mayor idoneidad (conjunto de condiciones topográficas y climáticas en las que una especie vive actualmente) y los claros menos o ninguna (blanco).

La superficie indicada en la tabla corresponde a las hectáreas donde el pino laricio tiene una idoneidad climática del 50% o superior y el % que representa con respecto a la superficie total de Cataluña tanto en la actualidad como en el escenario futuro A2.

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

Actualmente podríamos encontrar pinares de pino laricio en un 58% de la superficie de Cataluña según las variables topoclimáticas. Con el escenario A2 este porcentaje incrementaría hasta un 9,3%.

Grado de adecuación a las condiciones climáticas y topográficas del pino carrasco para el periodo 2050-2080, que representa su idoneidad proyectada para el escenario A2.

ACCIONES PREVENTIVAS:

En las plantaciones de *Pinus nigra*, el aclareo podría ser una medida de adaptación útil contra el cambio climático, ya que reduce su vulnerabilidad a la sequía. El aclareo en las plantaciones no afecta a la eficiencia en el uso del agua, aunque, si siguen dándose periodos de calentamiento y se superan ciertos umbrales de sequía, el crecimiento podría verse afectado (Ref. 4)

- La gestión de los bosques mediterráneos, teniendo en cuenta el pronóstico de condiciones más cálidas y secas, debe centrarse en factores locales, que modulan los efectos negativos de la sequía sobre el crecimiento de los árboles tanto en lugares secos como húmedos. (Ref. 10)

- El uso de los arbustos como plantas protectoras es una técnica que ofrece ventajas económicas y ecológicas, que mejora el estado del plantón (véase *Glosario*) en relación con el agua y que, por lo tanto, reduce la mortalidad del verano por sequía. (Ref. 22)

- Se propone una combinación de plantaciones de pinos y de robles para la restauración de tierras degradadas, por las características complementarias de estas dos especies. (Ref. 33)

- Se recomienda a los gestores forestales que utilicen las quemas prescritas en otoño en vez de hacerlo en primavera, para reducir la carga de combustible y generar un menor impacto en los árboles. (Ref. 46)

ACCIONES CORRECTIVAS:

NO SE HA ENCONTRADO INFORMACIÓN

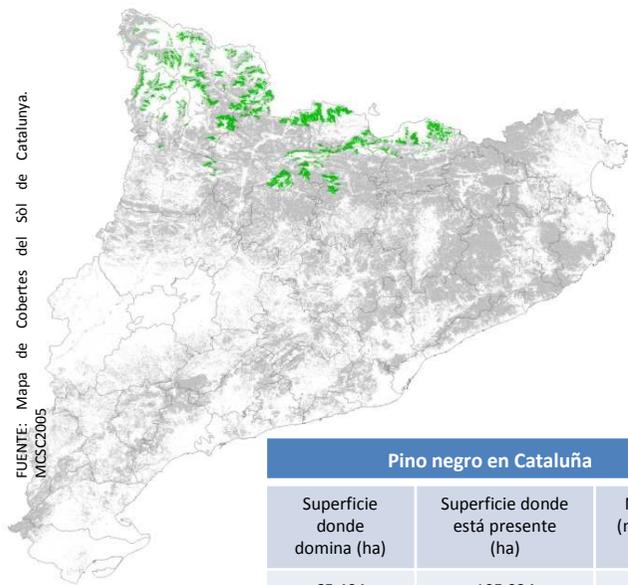
- (1) Alvarez, R.; Valbuena, L.; Calvo, L. Effect of high temperatures on seed germination and seedling survival in three pine species (*Pinus pinaster*, *P-sylvestris* and *P-nigra*). INTERNATIONAL JOURNAL OF WILDLAND FIRE Volume: 16 Issue: 1 Pages: 63-70 DOI: 10.1071/WF06001 Published: 2007
- (2) Biel, 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-Pérez, 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, J. A.; *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, J. M. 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, J. M.; 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, J. M.; 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; Gutiérrez, 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, J. M. 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.; Vetillard, F.; *et al.* Tree species diversity reduces the invasibility of maritime pine stands by the bast 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* Am. 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) Martín-Benito, Darío; 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) Martín-Benito, Darío; Cherubini, Paolo; del ío, Miren; *et al.* Growth response to climate and drought in *Pinus nigra* Am. 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) Martín-Benito, Darío; Del Río, 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) Martín-Benito, Darío; Kint, Vincent; Del Río, 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) Martínez-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) Ordóñez, J. L.; 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) Ordóñez, José 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) Ordóñez, J. L.; 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) Ordóñez, J. L.; Retana, J.; Espelta, J. M. 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, Martín; *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, J. G.; 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, J. M.; 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, F. X. 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) Sánchez-Salguero, Raúl; 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) Sánchez-Salguero, Raúl; 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* Am. 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, J. A.; *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

Pino negro (*Pinus uncinata*)

Distribución del pino negro en Cataluña

El pino negro en Cataluña se extiende por el conjunto de los Pirineos, desde el valle de Arán hasta el valle de Camprodrón, entre los 1.600 y los 2.400 m.



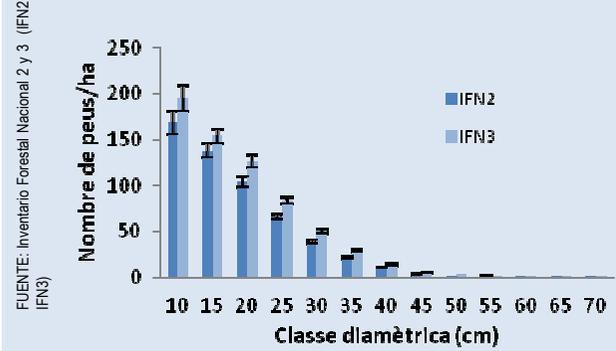
FUENTE: Mapa de Cobertes del Sòl de Catalunya. MCSC2005

Pino negro en Cataluña		
Superficie donde domina (ha)	Superficie donde está presente (ha)	N.º pies (millones)
65 404	105 024	48

La superficie donde la especie está presente ha sido corregida por el factor resultante de dividir MCSC dominante/IFN3 dominante para homogeneizar las dos fuentes. FUENTES: IFN3 y MCSC2005

Estructura de la población del pino negro

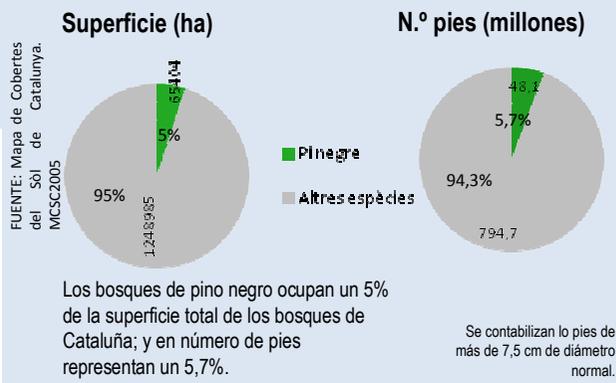
Los bosques de pino negro de Cataluña son bastante maduros, ya que se encuentran bastantes pies de clases diamétricas grandes.



FUENTE: Inventario Forestal Nacional 2 y 3 (IFN2 y IFN3)

FUENTE: Inventario Forestal Nacional 3

Distribución y estructura



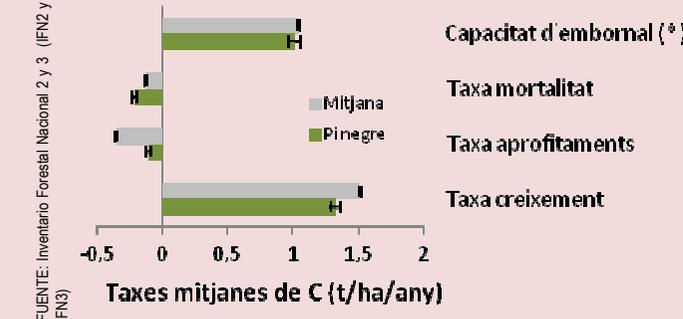
FUENTE: Mapa de Cobertes del Sòl de Catalunya. MCSC2005

Los bosques de pino negro ocupan un 5% de la superficie total de los bosques de Cataluña; y en número de pies representan un 5,7%.

Se contabilizan los pies de más de 7,5 cm de diámetro normal.

Tasas medias de carbono (C)

La capacidad media de sumidero de los pinares de pino negro entre el 1990 y el 2000 es de 1.01 t C/ha/año.

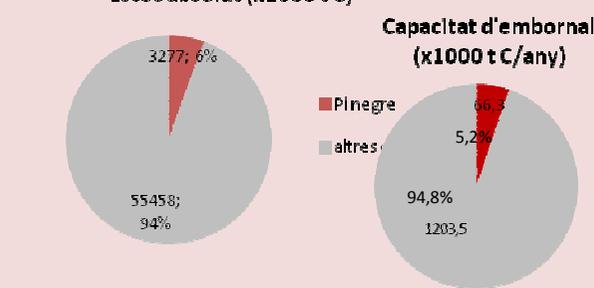


FUENTE: Inventario Forestal Nacional 2 y 3 (IFN2 y IFN3)

(*) La capacidad de sumidero anual de C es la resta entre la tasa de crecimiento menos la tasa de mortalidad y la de aprovechamientos (en toneladas de C/ha/año)

Almacenes y sumideros absolutos de carbono (C)

C (toneladas de carbono). La capacidad de sumidero de estos bosques es de 66,3 millones t C/año.

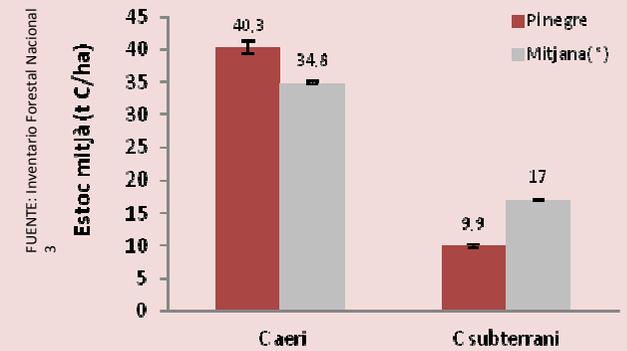


FUENTE: Inventario Forestal Nacional 3

Almacenaje y sumidero de carbono

Almacenaje medio de carbono (C)

Los pinares de pino negro almacenan un poco más de C aéreo que la media, mientras que en términos de C subterráneo se quedan más cortos.

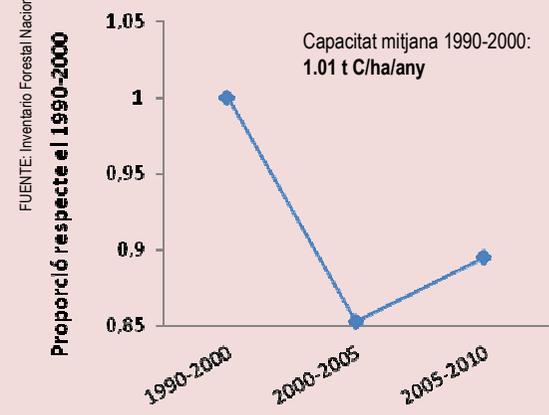


FUENTE: Inventario Forestal Nacional 3

(*) La media está calculada con datos de todas las especies de Cataluña..

Cambio en la capacidad de sumidero

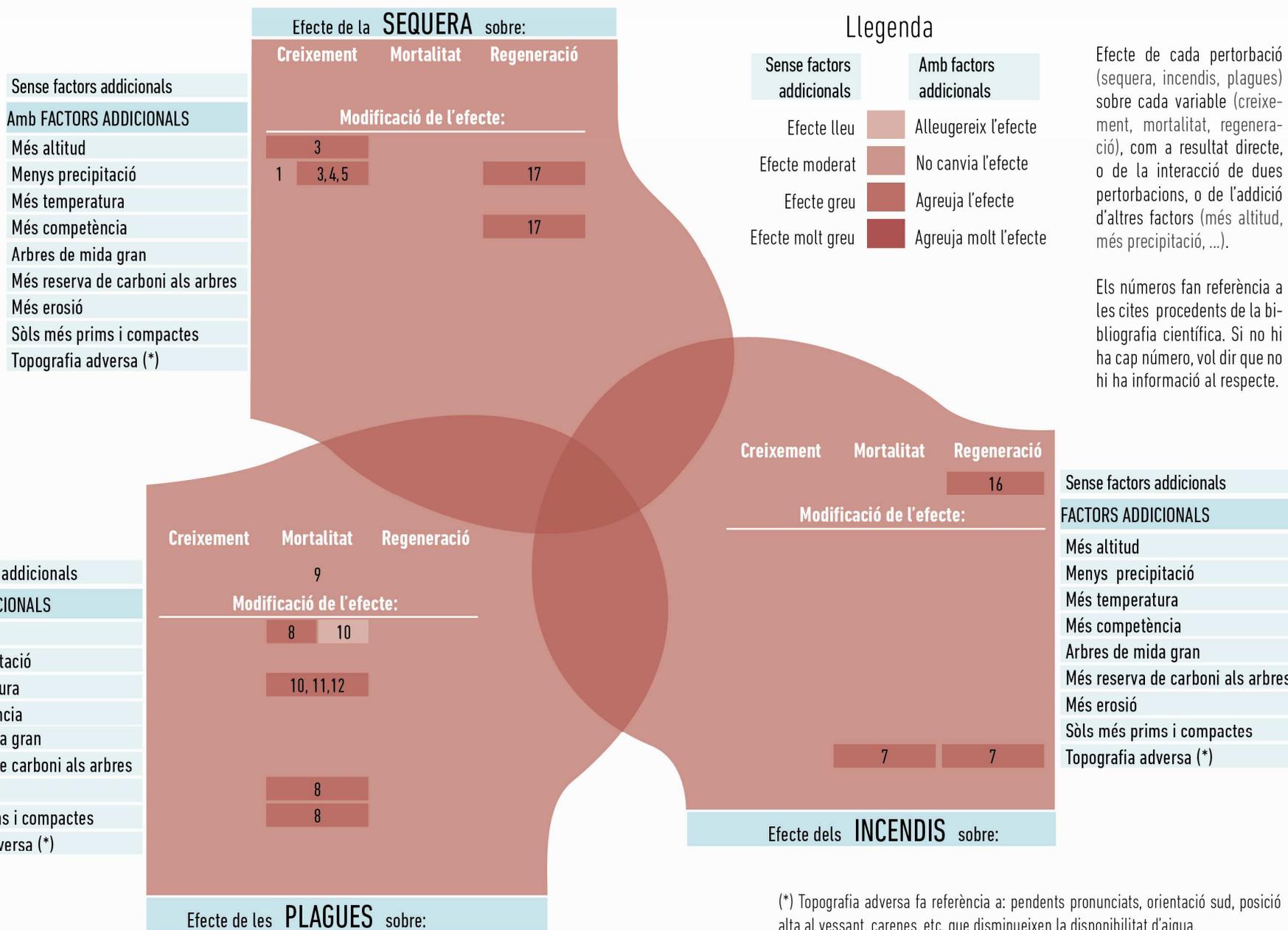
Con respecto al intervalo de referencia (1990-2000) los bosques de pino negro han disminuido notablemente desde el 1990-2000 hasta el 2005-2010.



FUENTE: Inventario Forestal Nacional 3

Proporción de la capacidad de sumidero en relación con el periodo de referencia (1990-2000)

Los valores se han obtenido ajustando un modelo estadístico con la información de las parcelas de muestreo de los dos IFN para el conjunto de las coníferas y las latifolias teniendo en cuenta el efecto de la estructura del bosque, datos climáticos y la tendencia de la temperatura entre IFN.



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

CRECIMIENTO

1. Según el NDVI (véase *Glosario*) no se observan efectos de la sequía del 2003 en los bosques de alta montaña de pino negro (Ref. 14)
2. Los otoños e inviernos con temperaturas suaves favorecen el crecimiento de algunas especies, entre ellas el pino negro. (Ref. 12, 13)
3. El incremento de la exposición al ozono causa *clorosis* en los bosques de pino negro de algunas zonas de Cataluña (se ha observado en la Cerdaña), hecho que conlleva un incremento de la ocurrencia e intensidad de daños visibles y una reducción de la biomasa de las raíces, que oscila entre un 24% y un 29%, por lo cual los árboles se toman más vulnerables a otros factores como la sequía. (Ref. 10, 4, 17)
4. El aumento de la concentración de CO₂ en condiciones más cálidas parece que no compensa los efectos negativos de la falta de agua sobre el crecimiento. (Ref. 2)
5. Las poblaciones de alta montaña muestran un aumento del crecimiento inducido por el clima más cálido durante el periodo vegetativo. Ahora bien, también se han registrado reducciones debidas al estrés hídrico en verano. (Ref. 11)
6. Un mayor crecimiento del tronco se ha atribuido en gran medida al aumento de la temperatura y hasta cierto punto al aumento de la concentración de CO₂ atmosférico en un experimento en los Alpes suizos. Pero otro experimento en invernadero apunta que la concentración de CO₂ no tuvo efectos significativos en la tasa media de crecimiento del pino negro (Ref. 7, 1)

MORTALIDAD

7. En ecosistemas alpinos el impacto del fuego generalmente está eclipsado por otros factores de perturbación como la acción del viento, los desprendimientos, la descomposición por hongos y por el cambio climático o los usos del suelo. (Ref. 26)
8. Parece que la colonización por hongos era superior en los árboles situados en la carena. (Ref. 24)
9. La tasa de crecimiento de las larvas de la procesionaria del pino y la mortalidad relativa de árboles infestados por procesionaria en un experimento de campo no fue diferente entre los árboles huéspedes cultivados en condiciones de elevado CO₂ ambiental y los árboles control. (Ref. 20)
10. El manto de nieve aumenta la mortalidad de las larvas de procesionaria en pino negro, aunque el primer estadio de las larvas no se ve afectado ni por las bajas temperaturas ni por el aumento de CO₂. (Ref. 20)
11. La especie huésped no afecta significativamente a la supervivencia final de la procesionaria. En cambio, el número de horas de alimentación durante el periodo frío sí que lo afecta. (Ref. 3)
12. El aumento de la temperatura hace que aparezcan prematuramente las mariposas de procesionaria. (Ref. 8)
13. *Heterobasidion annosum* es un hongo considerado como uno de los patógenos más nocivos para las coníferas, aunque en España no se han observado grandes incidencias. (Ref. 18)

14. *Heterobasidion annosum* persiste en plantaciones de pino negro durante mucho tiempo. El foco de la enfermedad se expande lentamente y se produce la muerte regresiva de los pinos afectados por el hongo durante décadas. (Ref. 28)
15. El micelio fúngico de *Heterobasidion annosum* se mantiene activo en las cepas y raíces de los pinos muertos desde donde es capaz de infestar los árboles vivos. (Ref. 28)

REGENERACIÓN

16. La floración tardía y la ausencia de piñas serótinas (véase *Glosario*) del pino negro sugieren que es una especie no adaptada al fuego. (Ref. 27)
17. Las semillas de pino negro muestran unas tasas de germinación muy bajas y preferentemente en las laderas norte con densidades de árboles bajas y buena disponibilidad de agua. (Ref. 6)

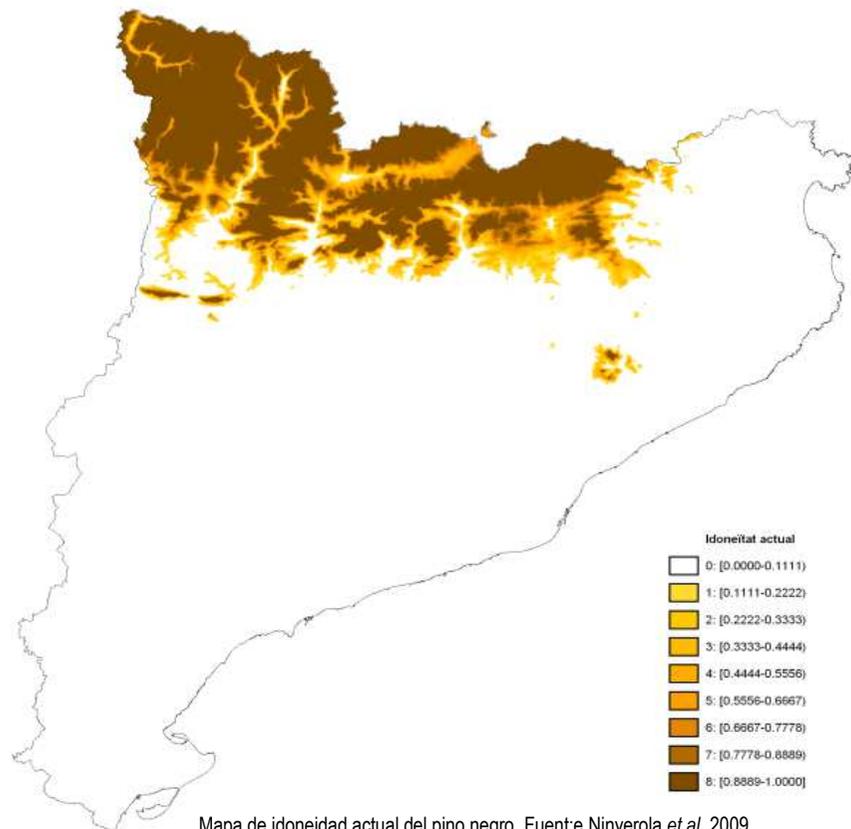
Los apartados de **DISTRIBUCIÓN** y **VULNERABILIDAD** no están representados al cuadro resumen de los impactos observados. Las citas de la bibliografía que hacen referencia a ellos se presentan a continuación.

DISTRIBUCIÓN

- Se espera que a finales de siglo el pino negro migre hacia el norte y hacia arriba, en el hábitat de ocupación que actualmente habitan especies de plantas alpinas. (Ref. 16)
- La procesionaria del pino está ampliando su área de distribución geográfica en Europa, como consecuencia de una mayor supervivencia durante el invierno en un clima más cálido. (Ref. 3)
- Durante el periodo 1956-2006 la superficie de pino negro ha aumentado en cerca de 9.000 ha en el Pirineo catalán (un aumento de más del 16%) y la cobertura media de la copa también ha crecido, pasando de un 31% a un 55,6%. Esta expansión se ha dado básicamente en la cara norte y a bajas altitudes y se explica principalmente por factores socioeconómicos. (Ref. 1)

ATLAS DE IDONEIDAD TOPOCLIMÁTICA DEL PINO NEGRO:

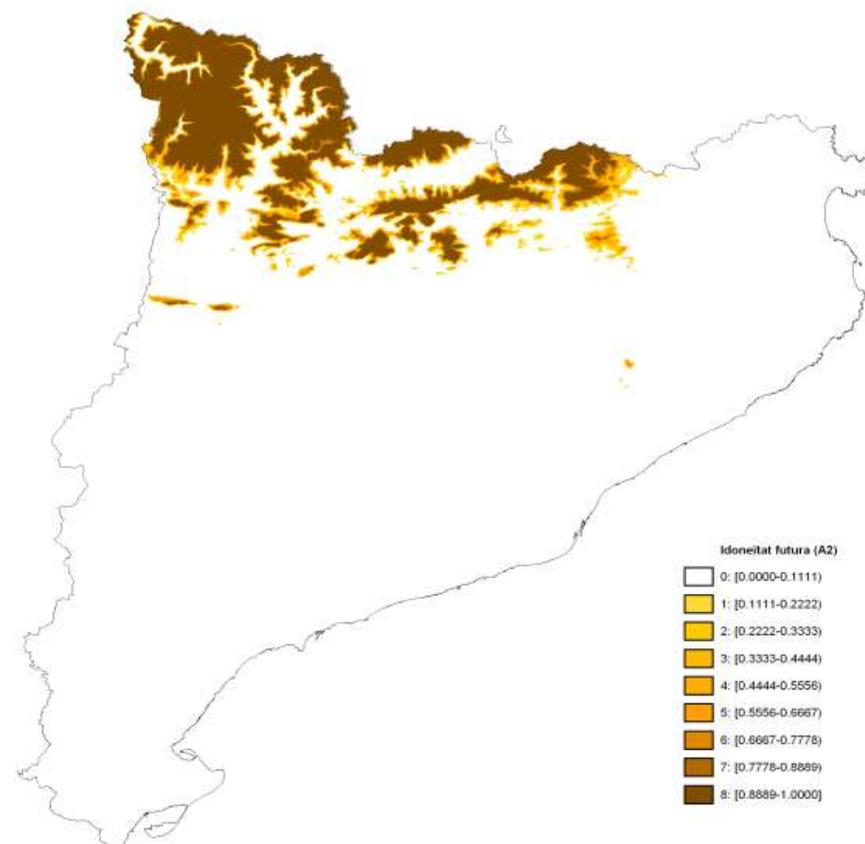
IDONEIDAD ACTUAL:



Mapa de idoneidad actual del pino negro. Fuente: Ninyerola *et al.* 2009

El grado de adecuación a las condiciones climáticas y topográficas del pino negro para el periodo 1950-1998 representa su idoneidad actual. Los colores oscuros indican mayor idoneidad (conjunto de condiciones topográficas y climáticas en las que una especie vive actualmente) y los claros menos o ninguna (blanco).

IDONEIDAD PROYECTADA (ESCENARIO A2):



Mapa de idoneidad proyectada (escenario A2) del pino negro. Fuente: Ninyerola *et al.* 2009

Grado de adecuación a las condiciones climáticas y topográficas del pino negro para el periodo 2050-2080, que representa su idoneidad proyectada para el escenario A2.

La superficie indicada en la tabla son las hectáreas donde el pino negro tiene una idoneidad climática del 50% o superior y el % que representa respecto a la superficie total de Cataluña tanto en la actualidad como en el escenario futuro A2.

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

Actualmente podríamos encontrar pino negro en un 18% de la superficie de Cataluña según las variables topoclimáticas. Con el escenario A2 este porcentaje bajaría hasta el 10%.

ACCIONES PREVENTIVAS:

NO SE HA ENCONTRADO INFORMACIÓN

ACCIONES CORRECTIVAS:

NO SE HA ENCONTRADO INFORMACIÓN

- (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 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, J. L.. (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
- (7) Handa, I. Tanya; Korer, 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) Iturrutxa, 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, J. L.; Guibal, F.; *et al.* Impact of a climatic warming scenario on tree growth. COMPTES RENDUS DE L'ACADÉMIE 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, D. M.; 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

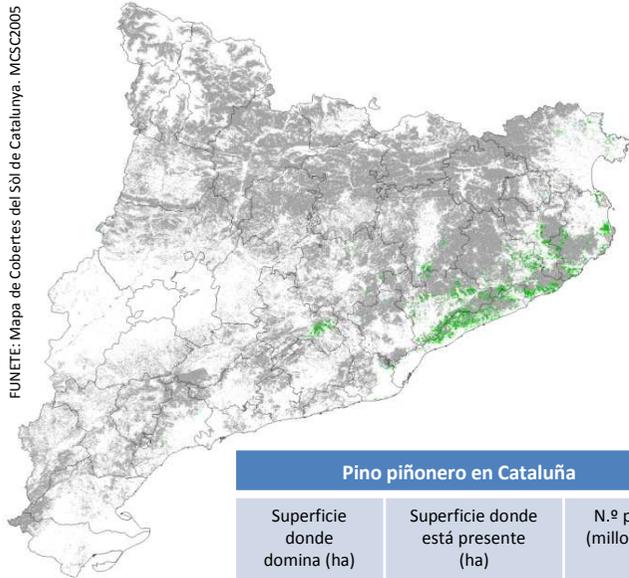
(27) Tapias, R.; Climent, J.; Pardos, J. A.; et al. Life histories of Mediterranean pines. 2nd International Conference on Mediterranean Pines Location: Chania, GREECE Date: SEP 08-13, 2002. PLANT ECOLOGY Volume: 171 Issue: 1-2 Pages: 53-68 DOI: 10.1023/B:VEGE.0000029383.72609.f0 Published: 2004

(28) Vasiliauskas, A. P. 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

Pino piñonero (*Pinus pinea*)

Distribución de pino piñonero en Cataluña

El pino piñonero crece cerca del litoral, hasta los 1.000 metros.



FUENTE: Mapa de Cobertes del Sòl de Catalunya. MCSC2005

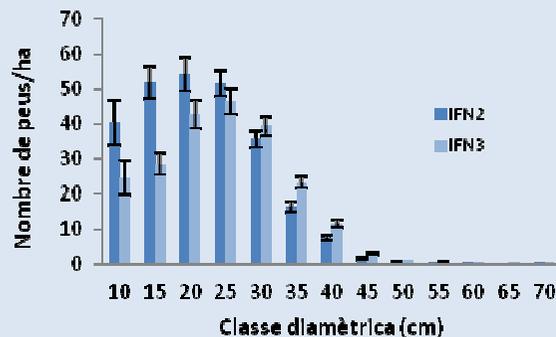
Pino piñonero en Cataluña		
Superficie donde domina (ha)	Superficie donde está presente (ha)	N.º pies (millones)
34 750	103 336	20,02

La superficie donde la especie está presente ha sido corregida por el factor resultante de dividir MCSC dominante/IFN3 dominante para homogeneizar

Estructura de la población de pino piñonero

Forma bosques muy poco densos y de tamaño más bien grandes. Los datos del IFN3 muestran una estructura más madura que en el IFN2.

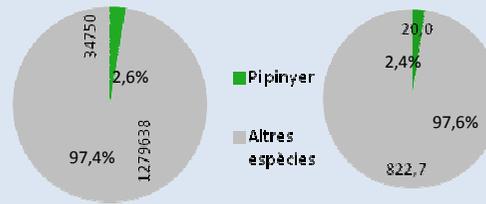
FUENTE: Inventario Forestal Nacional 2 y 3 (IFN2 y IFN3)



Distribución y estructura

Superficie (ha)

N.º pies (millones)



FUENTE: Mapa de Cobertes del Sòl de Catalunya. MCSC2005

FONT: Inventario Forestal Nacional 3

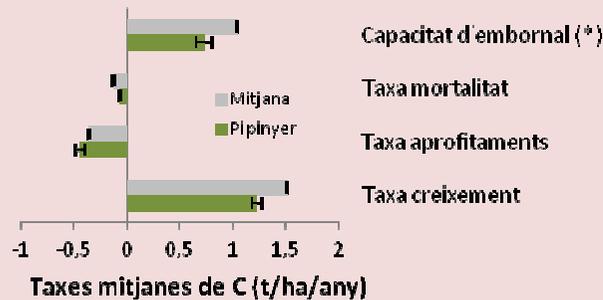
El pino piñonero representa tan solo un 2,6% de la superficie total de los bosques de Cataluña y un 2,4% del número de pies.

Se contabilizan los pies de más de 7,5 cm de diámetro normal.

Tasas medias de carbono (C)

La capacidad media de sumidero de los pinares de pino piñonero entre el 1990 y el 2000 es de **0,73 t C/ha/año**.

FUENTE: Inventario Forestal Nacional 2 y 3 (IFN2 y IFN3)



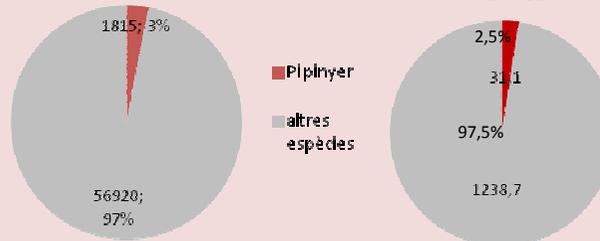
(*) La capacidad de sumidero anual de C es la resta entre la tasa de crecimiento menos la tasa de mortalidad y la de aprovechamientos (en

Almacenaje y sumidero absolutos de carbono (C)

(toneladas de carbono). La capacidad de sumidero de estos bosques es de **33,1 millones t C/año**.

Estoc absoluto (x1000 t C)

Capacitat d'embornal (x1000 t C/any)



FUENTE: Inventario Forestal Nacional 3

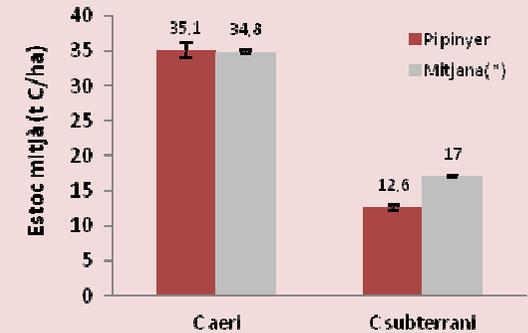
FONT: Inventario Forestal Nacional 3

Almacenamiento y sumidero de carbono

Almacenaje medio de carbono (C)

Los pinares de pino piñonero almacenan en la fracción aérea **35,1 toneladas de C /ha**, casi la misma cantidad que la media, y **12,6 toneladas de C /ha** en la subterránea.

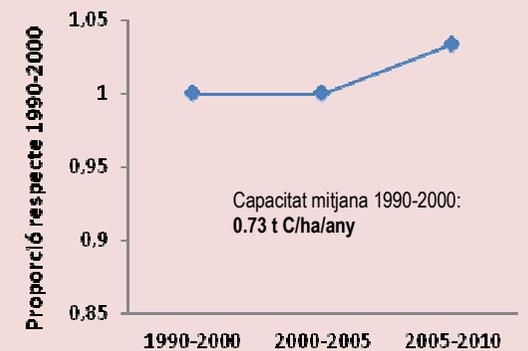
FUENTE: Inventario Forestal Nacional 3



(*) La media está calculada con datos de todas las especies de Cataluña.

Cambio en la capacidad de sumidero

Con respecto al intervalo de referencia (1990-2000) los bosques de pino piñonero han aumentado su capacidad de sumidero durante el periodo 2005-2010.



Proporción de la capacidad de sumidero en relación con el periodo de referencia (1990-2000)

Los valores se han obtenido ajustando un modelo estadístico con la información de las parcelas de muestreo de los dos IFN para el conjunto de las coníferas y las latifolias teniendo en cuenta el efecto de la estructura del bosque, datos climáticos y la tendencia de la temperatura entre IFN.

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 perturbació (sequera, incendis, plagues) sobre cada variable (creixement, mortalitat, regeneració), com a resultat directe, o de la interacció de dues perturbacions, 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 dels INCENDIS sobre:

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

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.

CRECIMIENTO

1. El pino piñonero muestra una sensibilidad en el intercambio de gases y el potencial hídrico muy grande debido a los efectos combinados de la sequía y las altas temperaturas al final de los veranos más secos y cálidos. (Ref. 23)
2. La tasa de fotosíntesis neta disminuyó con el aumento de las temperaturas. (Ref. 23)
3. En el sur de Portugal, el crecimiento radial del pino piñonero está positivamente relacionado con la precipitación. (Ref. 3)
4. En las zonas donde la sequía estival es más grave, donde en invierno las temperaturas son más bajas y donde los suelos tienen una baja retención de agua, la disminución del crecimiento radial del pino piñonero es mayor. (Ref. 3)
5. *El aumento de la radiación UV puede ser beneficioso para los pinos mediterráneos y contribuye a reducir parcialmente los efectos adversos de la sequía del verano. Ahora bien, este efecto positivo de la radiación dependerá de una mayor precipitación durante el verano.* (Ref. 12, 17)
6. La longitud de las hojas está influenciada por las condiciones climáticas y por la disponibilidad de agua del lugar donde crecen los pinos. La longevidad depende de la posición de las hojas en el árbol y del efecto de la sequía. (Ref. 18)

MORTALIDAD

7. El pino piñonero es vulnerable a sufrir niveles elevados de embolismo en las raíces, lo cual limita la absorción de agua cuando ésta es escasa y puede incluso conllevar hasta la muerte de las raíces durante el periodo de verano. (Ref. 15)
8. Los pinos piñonero en un sistema de dunas del mediterráneo se ven menos afectados por la sequía del verano, ya que pueden tener sistemas de raíces más profundas que les permiten acceder a aguas profundas. (Ref. 4)
9. En general, los pinos más grandes sobreviven al fuego, ya que las llamas no llegan a quemar toda la copa. Pero los pequeños y los que se encuentran en pendientes pronunciadas acostumbran a morir, ya que el daño es mayor. Además la regeneración del pino piñonero no es buena. (Ref. 10)
10. Si el pino piñonero puede sobrevivir al fuego acostumbra a ser porque algunos árboles, poco o muy aislados, resisten el paso de las llamas gracias a la corteza gruesa y a la forma de paraguas de la copa. (Ref. 10)
11. El pino piñonero tiene una excepcional capacidad de supervivencia postincendio. (Ref. 19)
12. En Toscana, el estado de las copas de pinos piñoneros y hayas se deterioró con la disminución de la precipitación media anual, especialmente allí donde las condiciones del rodal son pobres: suelos delgados, pendientes pronunciados, etc. (Ref. 1)
13. *La probabilidad de mortalidad de pino piñonero aumenta con el porcentaje de copas chamuscadas y la profundidad de carbonización de la corteza.* (Ref. 20)
14. *Tomicus destruens* abre galerías en la corteza. Sus ataques pueden llegar a matar al árbol. (Ref. 14)

REGENERACIÓN

15. La producción de piñas y piñones está muy relacionada con el espacio entre árboles y con la capacidad de retención de agua del suelo. (Ref. 9)
16. La cantidad de semillas depende del número y tamaño de las piñas, y del número de piñones viables que hay en cada piña. La producción de piñas depende del vigor y de la salud del árbol y de su tamaño. (Ref. 2)
17. Las plagas y los depredadores reducen las semillas disponibles. (Ref. 2)
18. La germinación de las semillas disminuye al aumentar la sequía. (Ref. 26)
19. *Los bosques plantados presentan menor regeneración y diversidad que los bosques naturales.* (Ref. 24)
20. Las bajas densidades de los rodales no aseguran la supervivencia de los plantones de un año, pero son suficientes para los de más edad. (Ref. 16)
21. El pino piñonero es una especie que presenta muchas dificultades para regenerarse de manera natural, tanto bajo la propia cubierta como bajo la cubierta de otras especies, sobre todo debido a la corta distancia de dispersión de las semillas, a la incapacidad de establecimiento de las plántulas en el medio quemado y a la poca supervivencia de las que llegan a germinar. (Ref. 10, 22)
22. Las poblaciones de pino piñonero no mostraron ninguna adaptación al fuego: la floración es insignificante, incluso 15 años después del fuego, y ninguna de las piñas es serótina (véase *Glosario*). (Ref. 27)
23. La germinación de las semillas de piñas infectadas por *Dioryctria mendacella*, su peso y el número de piñones es significativamente menor que la de las piñas sanas. (Ref. 11)

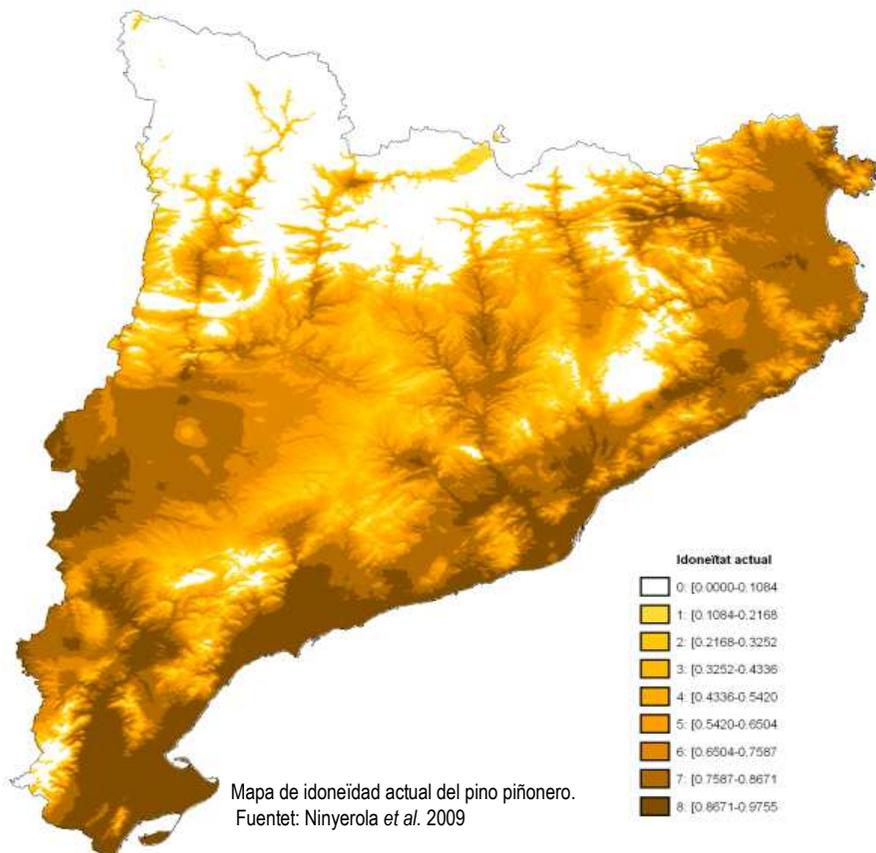
Los apartados de **DISTRIBUCIÓN** y **VULNERABILIDAD** no están representados en el cuadro resumen de los impactos observados. Las citas de la bibliografía que hacen referencia a ellos se presentan a continuación.

DISTRIBUCIÓN

- El patrón de variación observado en los caracteres morfológicos y fisiológicos de pino piñonero puede permitir su adaptación al déficit de agua a corto plazo. (Ref. 25)
- El fuego modifica sustancialmente la distribución del pino piñonero en el territorio de Cataluña y presenta muchas dificultades para la regeneración natural. (Ref. 10)
- El escarabajo *Tomicus destruens* coloniza todas las especies de pins, ya que con el calentamiento global puede desplazarse a altitudes y latitudes superiores. (Ref. 8)

ATLAS DE IDONEIDAD TOPOCLIMÁTICA DEL PINO PIÑONERO:

IDONEIDAD ACTUAL:

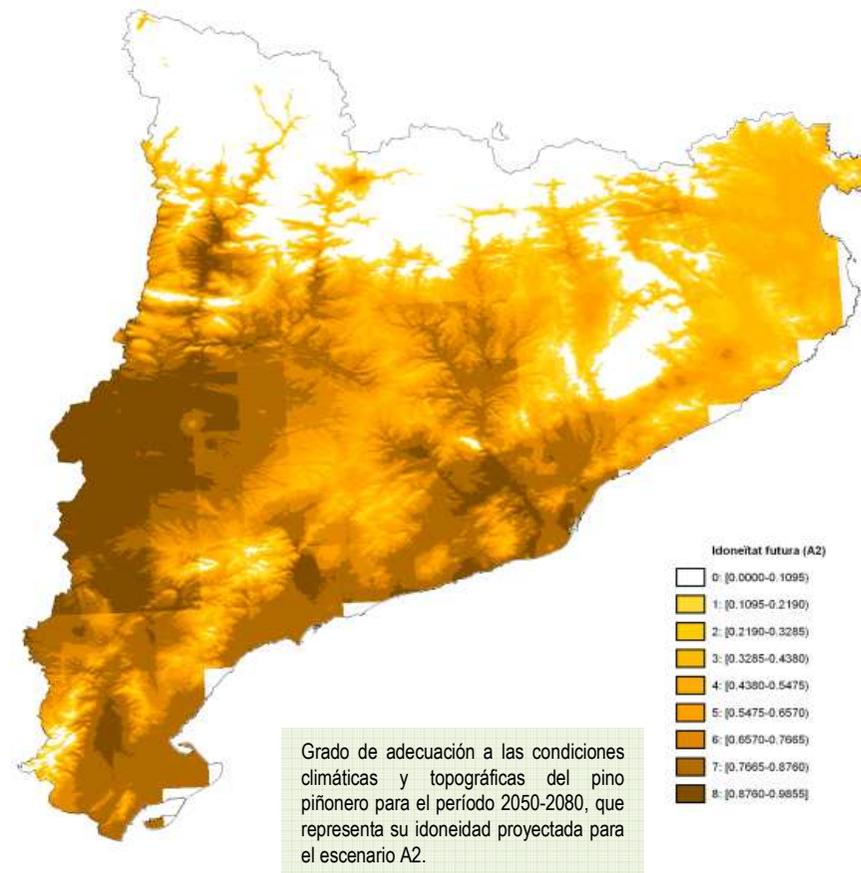


El grado de adecuación a las condiciones climáticas y topográficas del pino piñonero para el periodo 1950-1998 representa su idoneidad actual. Los colores oscuros indican mayor idoneidad (conjunto de condiciones topográficas y climáticas en las que una especie vive actualmente) y los claros menos o ninguna (blanco).

La superficie indicada en la tabla son las hectáreas donde el pino piñonero tiene una idoneidad climática del 50% o superior y el % que representa respecto a la superficie total de Cataluña tanto en la actualidad como en le escenario futuro A2.

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

IDONEIDAD PROYECTADA (ESCENARIO A2):



Mapa de idoneidad proyectada (escenario A2) del pino piñonero. Fuente: Ninyerola *et al.* 2009

Actualmente podríamos encontrar pino piñonero en un 58,7% de la superficie de Cataluña según las variables topoclimáticas. Con el escenario A2 este porcentaje bajaría hasta el 51,6%.

ACCIONES PREVENTIVAS:

NO SE HA ENCONTRADO INFORMACIÓN

ACCIONES CORRECTIVAS:

NO SE HA ENCONTRADO INFORMACIÓN

- (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, J. M.; Rubio-Casal, A. E.; Luque, C.J.; *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, M. V.; Pita, J. M.; *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 *Tomicus 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, J.L.. (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) Innocenti, Margherita; Tiberi, Riziero. 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.; Rodríguez 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.; Jimenez-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.; Kyriarissis, 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) Ramón González, José; 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; Aman, 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:FRPPDI]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; Gómez-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) Saáchez-Gómez, 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

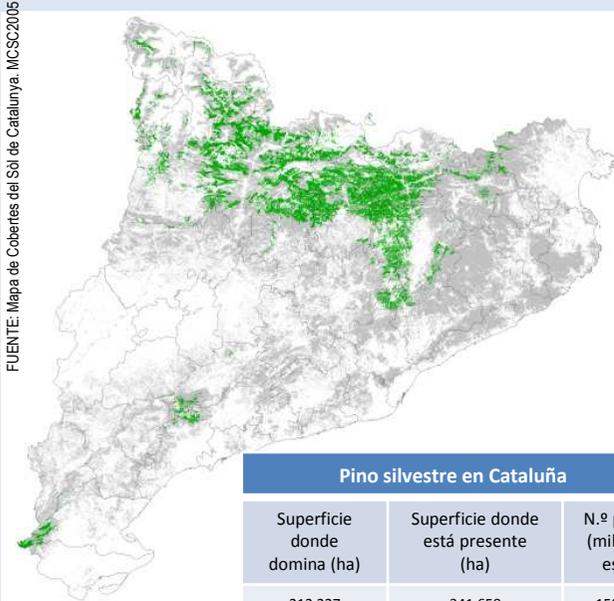
(26) Sidari, Maria; Mallamaci, Carmelo; Muscolo, Adele. Drought, salinity and heat differently affect seed germination of *Pinus pinea*. JOURNAL OF FOREST RESEARCH Volume: 13 Issue: 5 Pages: 326-330 DOI: 10.1007/s10310-008-0086-4 Published: OCT 2008

(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

Pino silvestre (*Pinus sylvestris*)

Distribución de pino silvestre en Cataluña

El pino silvestre en Cataluña se encuentra en el límite meridional de su área de distribución global.



FUENTE: Mapa de Cobertes del Sol de Catalunya. MCSC2005

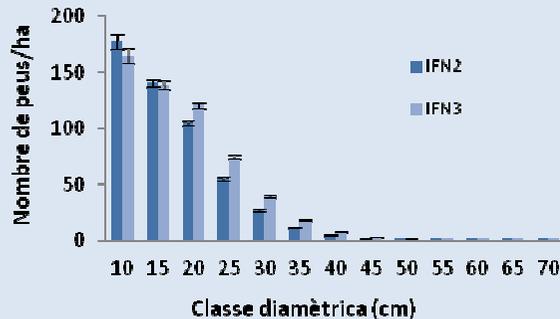
Pino silvestre en Cataluña		
Superficie donde domina (ha)	Superficie donde está presente (ha)	N.º pies (millones)
212 227	341 658	158,7

La superficie donde la especie está presente ha sido corregida por el factor resultante de dividir MCSC dominante/IFN3 dominante para homogeneizar las dos fuentes. FUENTES: IFN3 y MCSC2005

Estructura de la población de pino silvestre

El pino silvestre indica que han envejecido aunque todavía son esencialmente jóvenes.

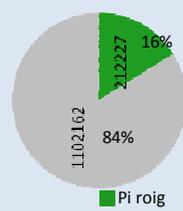
FUENTE: Inventario Forestal Nacional 2 y 3 (IFN2 y IFN3)



Distribución y estructura

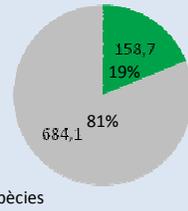
Superficie (ha)

FUENTE: Mapa de Cobertes del Sol de Catalunya. MCSC2005



N.º de pies (millones)

FUENTE: Inventario Forestal Nacional 3



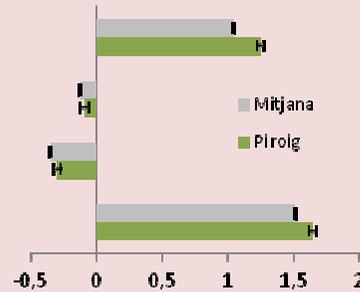
El pino silvestre ocupa un 16% de la superficie total de los bosques de Cataluña; mientras que en nombre de pies representa alrededor de un 19%.

Se muestran los pies de más de 7,5 cm de diámetro normal.

Tasas medias de carbono (C)

La capacidad media de sumidero de los pinares de pino silvestre entre 1990 i 2000 es de **1,24 t C/ha/año**.

FUENTE: Inventario Forestal Nacional 2 y 3 (IFN2 y IFN3)



Taxes mitjanes de C (t/ha/any)

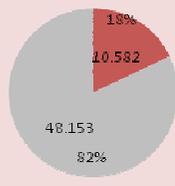
(*) La capacidad de sumidero anual de C es la resta entre la tasa de crecimiento menos la tasa de mortalidad y la de aprovechamientos (en toneladas de C/ha/año).

Almacén y sumideros absolutos de carbono (C)

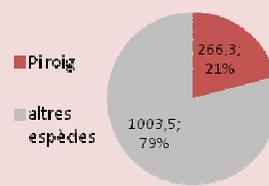
de carbono) y la capacidad de sumidero de **266,3 millones t C/año**.

Estoc absoluto de C (x1000 t)

FUENTE: Inventario Forestal Nacional 3



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



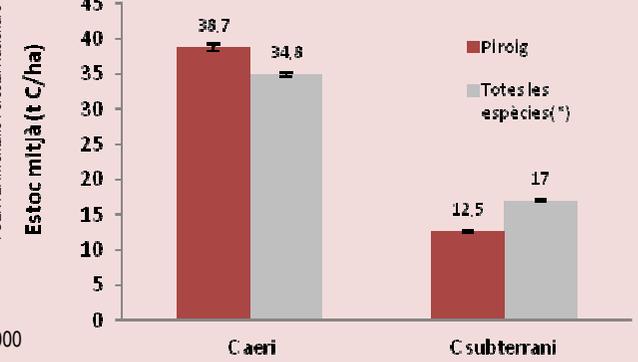
FUENTE: Inventario Forestal Nacional 3

Almacenamiento v sumidero de carbono

Almacenaje medio de carbono (C)

El pino silvestre almacena **3 veces más carbono** en la parte aérea que en la subterránea.

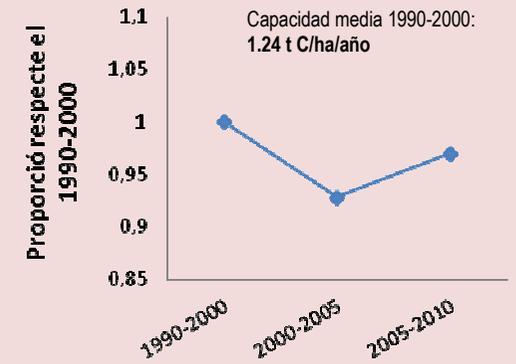
FUENTE: Inventario Forestal Nacional 3



(*) La media está calculada con datos de todas las especies de Cataluña.

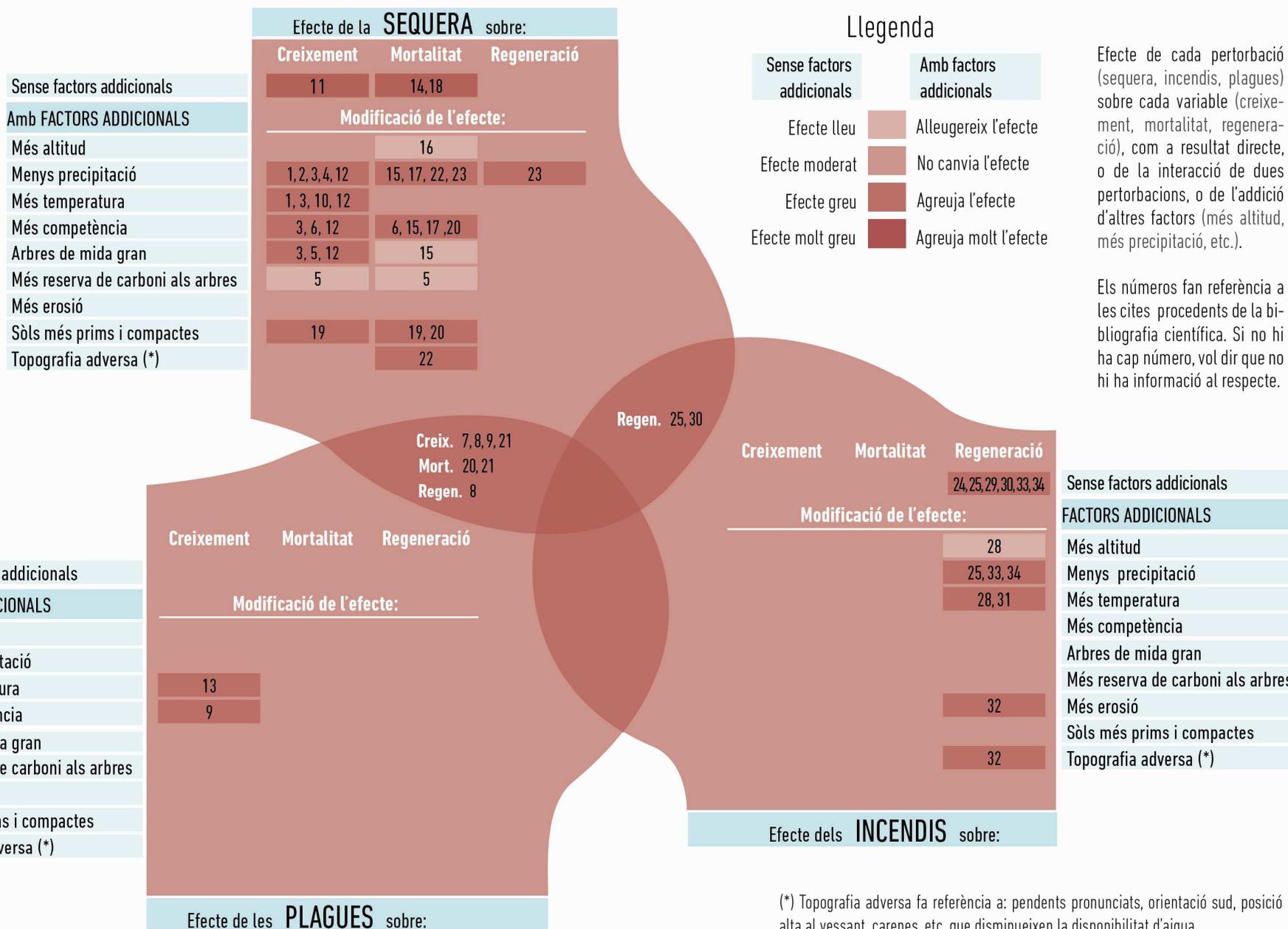
Cambio en la capacidad de sumidero

La capacidad de sumidero de los bosques de pino silvestre cayó muy ligeramente entre 2000 y 2005 y actualmente parece recuperarse otra vez.



Proporción de la capacidad de sumidero en relación con el periodo de referencia (1990-2000)

Los valores se han obtenido ajustando un modelo estadístico con la información de las parcelas de muestreo de los dos IFN para el conjunto de las coníferas y las latifolias teniendo en cuenta el efecto de la estructura del bosque, datos climáticos y la tendencia de la temperatura entre IFN.



CRECIMIENTO

1. La sequedad en los lugares más áridos y el aumento de la temperatura hacen disminuir el ritmo de crecimiento. (Ref. 28)
2. Los flujos de C y agua son muy sensibles a la precipitación estival. La transpiración de un verano seco es un 40% de la transpiración de un verano medio y no llega a recuperarse después de la lluvia. (Ref. 10)
3. El crecimiento en diámetro del tronco puede verse disminuido por la sequía o bien por las características del árbol, por la competencia y la riqueza de especies del lugar donde vive. (Ref. 2, 11)
4. El crecimiento está favorecido por la precipitación, mientras que la temperatura puede tener un efecto positivo o negativo según el lugar. (Ref.2)
5. La cantidad de hojas verdes y los niveles de reserva de C reducen el impacto de la sequía en el crecimiento de los árboles. (Ref. 3)
6. Las parcelas más densas tienen mayores tasas de mortalidad y menores tasas de crecimiento. Pero el crecimiento de los supervivientes aumenta, ya que se relaja la competencia por los recursos. (Ref. 12, 28)
7. La infección por muérdago reduce el contenido de nitrógeno de las hojas, afectando negativamente al crecimiento del pino silvestre. (Ref. 3)
8. La defoliación que provoca la procesionaria reduce tanto el crecimiento como la capacidad reproductiva del pino silvestre, hace decrecer la producción de conos masculinos y femeninos, el tamaño de los conos, la producción de semillas (un 50% menos) y su peso (un 40% menos). (Ref. 27)
9. Los insectos defoliantes y los perforadores son los dos grupos que causan daños mayores en los pinares de pino silvestre. Una densidad de pies demasiado elevada es uno de los factores que ayudan a su proliferación una vez establecido el foco (Ref. 6)
10. Los pinos, entre otros, invertirán más carbono en mantener y producir las hojas que hayan podido perder debido al aumento de la temperatura. (Ref. 25)
11. Hay una reducción del área foliar y de la densidad de la copa tras episodios de sequía. (Ref. 27)
12. La probabilidad de sufrir daños en la copa está condicionada por el tamaño del árbol, la competencia y las condiciones climáticas. (Ref. 26)
13. Los días de helada, que cada vez son menos debido al aumento de las temperaturas invernales, son un factor clave para determinar la capacidad de los brotes de procesionaria. (Ref. 6)

MORTALIDAD

14. Entre 1990 y 2000 los árboles en pie muertos se han multiplicado por 11. (Ref. 28)
15. Las tasas de mortalidad son mayores en árboles pequeños, en los lugares más secos y con más competencia. (Ref. 28)
16. En los Alpes, la mortalidad de pino silvestre es superior por debajo de los 1.000 m. (Ref. 21)

17. La sequía, junto con la estructura del bosque, es uno de los desencadenantes de decaimiento forestal, que puede inducir a la mortalidad. (Ref. 26, 4, 28)
18. Las poblaciones de zonas húmedas también son vulnerables a la sequedad. (Ref. 11, 28)
19. La profundidad del suelo reduce los efectos de la sequía. La mortalidad elevada se concentra en zonas con suelos poco profundos. (Ref. 25)
20. La estructura del bosque, las propiedades del suelo y la infección por muérdago también se asocian al patrón de defoliación. (Ref. 4)
21. La procesionaria (*Thaumetopoea pityocampa*) produce defoliaciones que pueden reducir el crecimiento del árbol e incluso provocar la muerte. A pesar de todo, tiene un papel importante en la red trófica de los pinares. (Ref. 30)
22. La sequía puede provocar una reducción de la recarga subterránea de agua, de la que el pino silvestre depende fuertemente para superar la demanda evaporativa del verano. (Ref. 10)
23. En lugares secos, la competencia por el agua induce a la mortalidad, que está negativamente relacionada con la regeneración. (Ref. 28)

REGENERACIÓN

24. No hay regeneración de pino silvestre después de un fuego de copa, o es muy baja e ineficiente, y la capacidad de recolonizar desde los márgenes se limita a los primeros 25 m, donde se encuentran el 90% de los reclutamientos. (Ref. 15, 22, 29)
25. La sequía estival dificulta la regeneración del pino silvestre: las zonas donde hay mortalidad y defoliación registran regeneraciones más bajas y los nuevos plantones son preferiblemente de *Q. ilex* y *Q. humilis*. (Ref. 20, 4)
26. La regeneración no varía en función de la gestión y es menor allí donde la mortalidad es alta. (Ref. 28)
27. Los efectos de la sequía pueden hacerse patentes años después (2008) del episodio causante (2004-2005). (Ref. 4)
28. Tanto el pino silvestre como la encina regeneran bien en lugares secos, pero el primero está favorecido en las zonas más frescas y altas, mientras que la regeneración de encinas es mayor en lugares cálidos. (Ref. 22)
29. A medio plazo, el efecto del fuego lleva a una degradación severa de los bosques de pino silvestre. Los efectos principales son el paso de bosques de pino silvestre a matorrales; el decrecimiento del grueso del horizonte 0 y su degradación; y el aumento de la erosión del suelo. (Ref. 15)
30. Hay un desfase entre la fenología del pino silvestre y el fuego de copas. La dispersión de las semillas se da desde finales de invierno hasta la primavera, justo antes de la época de incendios, de modo que el banco de semillas que permanece en el suelo muere después del fuego y no puede contribuir a la regeneración del pino silvestre. (Ref. 22, 29)
31. Las altas temperaturas y el tiempo de la exposición al calor inhiben la germinación de las semillas de pino silvestre. (Ref. 13)
32. Los incendios provocan una evidente degradación del suelo y conllevan una disminución en la tasa de infiltración y un incremento de la erosión del suelo por el agua. (Ref. 15)
33. El banco de semillas que permanece en el suelo generalmente muere después del fuego y no puede contribuir a la regeneración del pino silvestre, que puede ser sustituido por otras especies allí donde era dominante. (Ref. 22, 29)

Pino silvestre (*Pinus sylvestris*)

34. El restablecimiento postfuego del pino silvestre es tan sólo del 0,1%, ya que no tiene mecanismos de regeneración. Para el resto de casos, se espera que bosques de encinas, robles, matorrales y bosques mixtos de rebrotadores lleguen a ser la vegetación dominante 30 años después del fuego. (Ref. 29)

Los apartados de **DISTRIBUCIÓN** y **VULNERABILIDAD** no están representados en el cuadro resumen de los impactos observados. Las citas de la bibliografía que hacen referencia a ellos se presentan a continuación.

DISTRIBUCIÓN

- En los últimos 31 años, un 3,6% de los bosques de pino silvestre de Cataluña han sido afectados por 32 fuegos, que quemaron un total de 67.000 ha, situadas principalmente en las zonas clasificadas como las más secas. (Ref. 29)
- El hecho de que el pino silvestre dé pocas piñas hace que sea más probable un cambio de comunidad después del fuego, y que se pase a bosques dominados por especies de *Quercus* o a prados. (Ref. 22)
- Las poblaciones de *Pinus sylvestris* de la cuenca mediterránea son sensibles al incremento de ETP (evapotranspiración potencial, véase *Glosario*) estival y a la sequía y pueden estar en peligro e incluso ser sustituidas por otras especies. Incluso las que se encuentran en zonas húmedas y montañosas pueden ser vulnerables a la sequedad y a otros escenarios previstos por el cambio climático. (Ref. 4, 13, 25)
- Un 32% de los bosques de pino silvestre de la Península Ibérica son vulnerables al fuego. Esta proporción podría llegar al 66% bajo un escenario conservador de cambio climático. Puede incrementar la frecuencia de fuegos de copa y ponerlos en peligro. (Ref. 29)
- Los cambios en el clima modificarán el régimen de fuego y consecuentemente la vulnerabilidad del pino silvestre de las zonas del límite de su distribución. (Ref. 29)
- Un incendio en una zona ya quemada supone unas consecuencias mucho más serias para estos ecosistemas, que podrían reducir todavía más su recubrimiento. (Ref. 15)
- Las montañas mediterráneas podrían perder su papel de refugio para las especies adaptadas al frío que viven en el límite inferior de su distribución, hecho que supondría, a su vez, una pérdida de la herencia genética. (Ref. 13)
- Los bosques de pino se están convirtiendo en bosques de encinas. Ello conlleva consecuencias desconocidas para los bienes y servicios de estos ecosistemas. (Ref. 21, 29)
- La mejor protección del pino silvestre ante la procesionaria es la altitud y las bajas temperaturas invernales, pero el calentamiento previsto supondrá una grave amenaza para las poblaciones aisladas del sur de Europa. (Ref. 7)

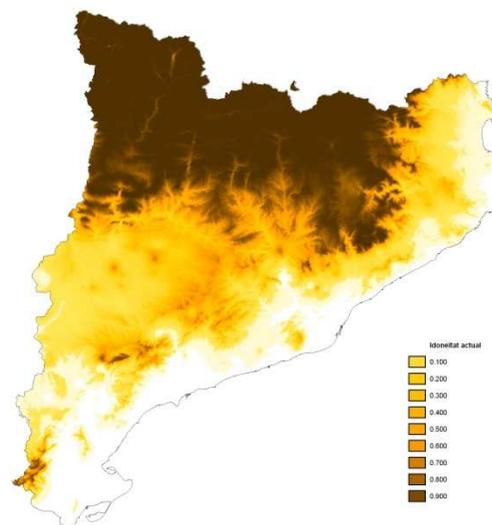
VULNERABILIDAD

- Análisis de indicadores (como la vegetación, las características geomorfológicas, etc.) 14 años después de un fuego indican que el pino silvestre tiene poca resiliencia. (Ref. 15)

Impactos observados

ATLAS DE IDONEIDAD TOPOCLIMÁTICA DEL PINO SILVESTRE:

IDONEIDAD ACTUAL: 1950- 1998



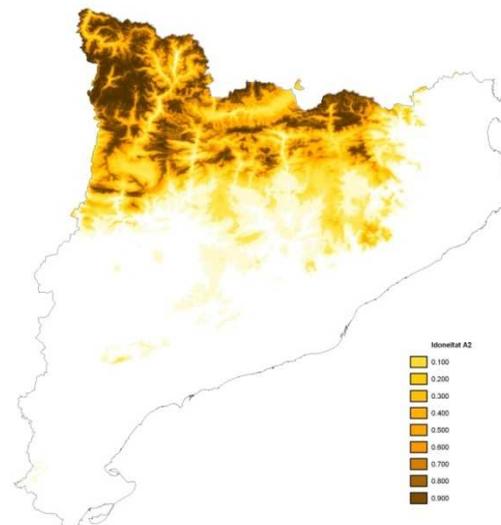
Mapa de idoneidad actual de pino silvestre.
Fuente: Ninyerola *et al.* 2009

El grado de adecuación a las condiciones climáticas y topográficas del pino silvestre para el periodo 1950-1998 representa su idoneidad actual. Los colores oscuros indican mayor idoneidad (conjunto de condiciones topográficas y climáticas en las que una especie vive actualmente) y los claros menos o ninguna (blanco).

La superficie indicada en la tabla son las hectáreas donde el pino silvestre tiene una idoneidad climática del 50% o superior y el % que representa respecto a la superficie total de Cataluña tanto en la actualidad como en el escenario futuro A2.

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

IDONEIDAD PROYECTADA (ESCENARIO A2): 2050-2080



Mapa de idoneidad proyectada (escenario A2) de pino silvestre. Fuente: Ninyerola *et al.* 2009

Actualmente podríamos encontrar pino silvestre en un 41,7% de la superficie de Cataluña según las variables topoclimáticas. Con el escenario A2 este porcentaje bajaría hasta el 14,2%.

Grado de adecuación a las condiciones climáticas y topográficas del pino silvestre para el periodo 2050-2080, que representa su idoneidad proyectada para el escenario A2.

ACCIONES PREVENTIVAS:

- La silvicultura y la gestión forestal adaptativa pueden constituir unas herramientas esenciales para la adaptación de los bosques densos mediterráneos bajo las condiciones de sequía previstas para la mayoría de modelos climáticos. (Ref. 28)
- Las diferentes respuestas entre especies sugieren una mayor resistencia natural al fuego por parte de las caducifolias en relación con las coníferas, entre las cuales está el pino silvestre. (Ref. 17)
- La estructura del bosque tiene implicaciones para la gestión forestal, como por ejemplo tratamientos de aclareo y talas sostenibles. Se pueden utilizar como herramientas para mitigar los efectos del cambio climático en zonas con altas densidades. (Ref. 4)

ACCIONES CORRECTIVAS:

- Debido a la mala regeneración postfuego que presenta el pino silvestre, cabe replantearse los planes de conservación y restauración en la cuenca mediterránea. (Ref. 22)
- La migración asistida puede tener un valor limitado como herramienta de gestión para acelerar la migración de las especies y para facilitar la persistencia del bosque en zonas templadas. (Ref. 20)
- Desde el punto de vista de la restauración es importante definir estrategias que disminuyan la combustibilidad de los matorrales que aparecen tras los pinos después del fuego. (Ref. 15)

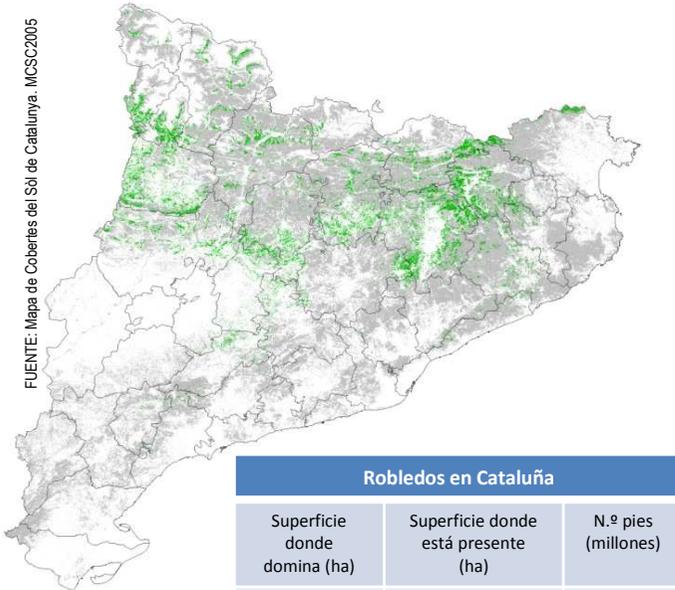
- (1) Alvarez R.; Valbuena L.; Calvo L. Effect of high temperatures on seed germination and seedling survival in three pine species (*Pinus pinaster*, *P. sylvestris* and *P. nigra*). INTERNATIONAL JOURNAL OF WILDLAND FIRE Volume: 16 Issue: 1 Pages: 63-70 DOI: 10.1071/WF06001 Published: 2007.
- (2) Bogino 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, JL. (eds.) (2009). *Els alzinars*. (2010). *Les pinedes de pi blanc* (2011). *Les pinedes de pinassa* (2011). *Les pinedes de pi ríog*. Manuals de gestió d'hàbitats. Diputació de Barcelona
- (7) Hodar J. Á.; 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) Martínez-Vilalta Jordi; López 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) Martínez-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 M. R.; 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) Pérez-Cabello F.; Ibarra P.; Echeverría 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; Arnan 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; 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
- (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 F. X.. 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; Nogués-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 C. A.; Sánchez 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) Sánchez-Salguero Raúl; 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; Martínez-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; Martínez-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

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

Distribución de los robledos en Cataluña

En Cataluña encontramos robledos principalmente en las partes bajas de las montañas del Prepirineo.



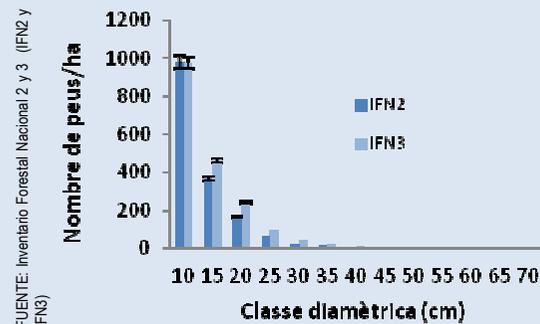
FUENTE: Mapa de Cobertes del Sòl de Catalunya. MCSC2005

Robledos en Catalunya		
Superficie donde domina (ha)	Superficie donde está presente (ha)	N.º pies (millones)
145 798	664 788	70,58

La superficie donde la especie está presente ha sido corregida por el factor resultante de dividir MCSC dominante/IFN3 dominante para homogeneizar

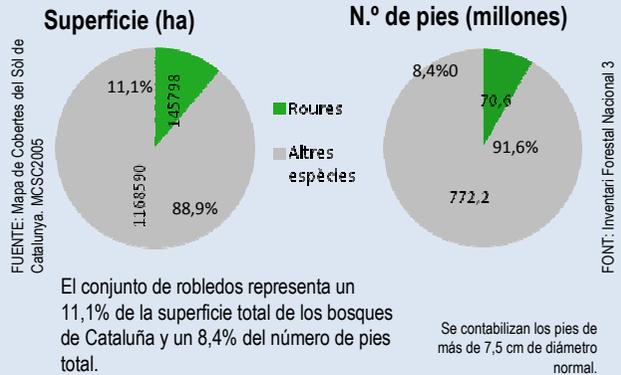
Estructura de la población de los robles

de clase diamétrica, pero que quedan en una tercera parte al pasar a la clase diamétrica de 15 cm. Casi no existen pies de más allá de los 30 cm.



FUENTE: Inventario Forestal Nacional 2 y 3 (IFN2 y IFN3)

Distribución y estructura



FUENTE: Mapa de Cobertes del Sòl de Catalunya. MCSC2005

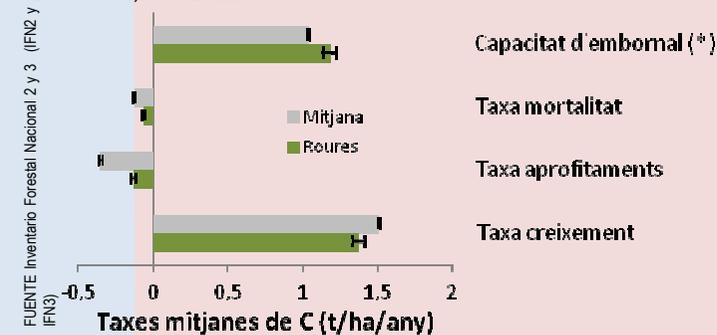
FONT: Inventario Forestal Nacional 3

El conjunto de robledos representa un 11,1% de la superficie total de los bosques de Cataluña y un 8,4% del número de pies total.

Se contabilizan los pies de más de 7,5 cm de diámetro normal.

Tasas medias de carbono (C)

La capacidad media de sumidero de los robledos entre 1990 y 2000 es de 1,18 t C/ha/año.

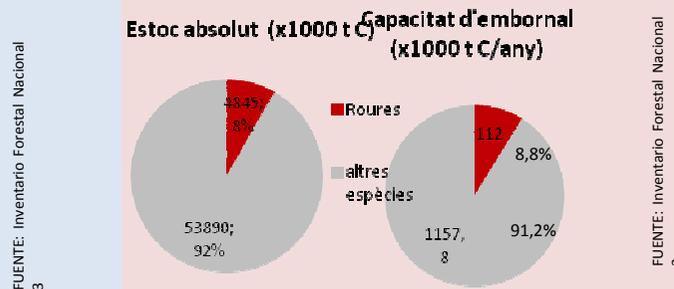


FUENTE: Inventario Forestal Nacional 2 y 3 (IFN2 y IFN3)

(*) La capacidad de sumidero anual de C es la resta entre la tasa de

Almacenaje y sumidero absolutos de carbono (C)

El almacenaje absoluto de C de los robledos suma unos 4,6 millones t C (toneladas de carbono). La capacidad de sumidero de estos bosques es de 112 millones t C/año.



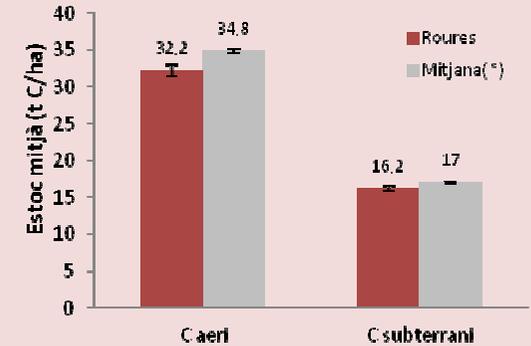
FUENTE: Inventario Forestal Nacional 3

FUENTE: Inventario Forestal Nacional 3

Almacenamiento y sumidero de carbono

Almacenaje medio de carbono (C)

Los robledos almacenan un poco menos de carbono por hectárea que la media, tanto en la fracción aérea como en la subterránea.

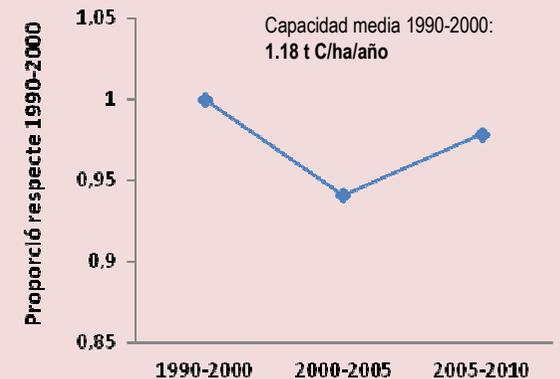


FUENTE: Inventario Forestal Nacional 3

(*) La media está calculada con datos de todas las especies de Cataluña.

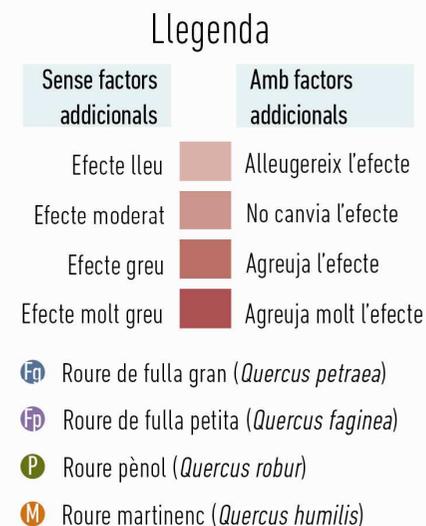
Cambio en la capacidad de sumidero

Con respecto al intervalo de referencia (1990-2000) los robledos han registrado una disminución entre 2000 y 2005, de la que después se han recuperado entre 2005 y 2010.



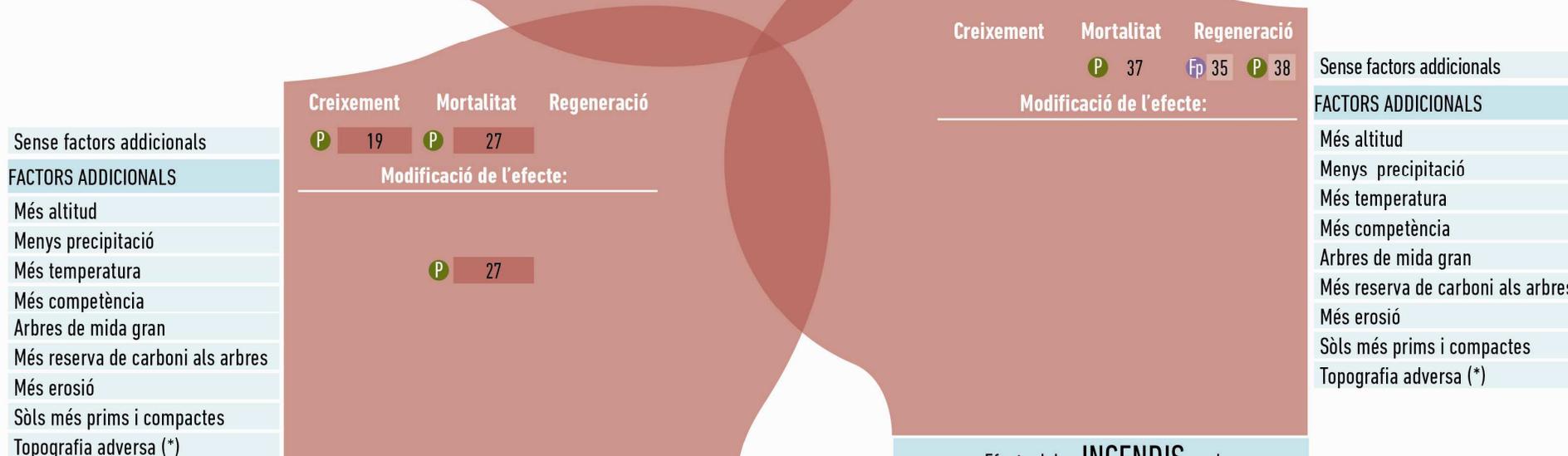
Proporción de la capacidad de sumidero en relación con el período de referencia (1990-2000)

Los valores se han obtenido ajustando un modelo estadístico con la información de las parcelas de muestreo de los dos IFN para el conjunto de las coníferas y las latifolias teniendo en cuenta el efecto de la estructura del bosque, datos climáticos y la tendencia de la temperatura entre IFN.



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:

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

CRECIMIENTO

1. La anchura de los anillos de crecimiento del roble carrasqueño mantiene una correlación positiva con la precipitación de la primavera y negativa con la temperatura del invierno. (Ref. 1)
2. Los robles carrasqueños situados en elevaciones medias producen brotes mayores que en otros lugares y muestran un mayor crecimiento de la gema apical (véase *Glosario*). (Ref. 2)
3. La sequía reduce el crecimiento del roble carrasqueño, pero no sus reservas de C, hecho que sugiere que, en condiciones de estrés por agua, el crecimiento no está limitado por la falta de reservas. (Ref. 45)
4. El crecimiento vegetativo y reproductivo del roble carrasqueño se ve más afectado por la sequía del verano que la encina. (Ref. 27)
5. El roble carrasqueño requiere una mayor disponibilidad de agua para poder aumentar su crecimiento y simultáneamente almacenar almidón y nitrógeno. (Ref. 47)
6. Debido a la sequía de los años 1993 y 1994 se dio una fuerte defoliación en el roble carrasqueño que durante este periodo mostró un menor crecimiento radial y longitudinal. (Ref. 10)
7. La disminución del crecimiento del roble carrasqueño que se da en años secos es opuesta a su aumento en los años de elevadas precipitaciones. (Ref. 10)
8. El crecimiento del roble albar es superior si las precipitaciones entre mayo y julio son elevadas. En cambio, otoños cálidos y secos conducen a una disminución de su crecimiento. (Ref. 26)
9. Un incremento en la frecuencia y en la intensidad de las sequías podría afectar al crecimiento del haya, el pino silvestre y el roble albar. (Ref. 26)
10. El roble albar en condiciones experimentales de exclusión de lluvia no ha experimentado una disminución tan marcada del flujo de savia, probablemente porque tiene unas raíces más profundas que el haya. (Ref. 50)
11. Con la sequía se reduce el crecimiento en altura de los brotes y el crecimiento del diámetro del tallo del roble común y del roble albar. A su vez, el aumento de la temperatura estimula el crecimiento del diámetro del tallo y el crecimiento de la longitud de la raíz. (Ref. 3)
12. En altitudes medias y altas el haya y el roble albar pueden experimentar una temporada más larga de crecimiento, de modo que el cambio global podría alcanzar el periodo de crecimiento de estas poblaciones a lo largo de un gradiente altitudinal. Por el contrario, las poblaciones de menor altura podrían acelerar la pérdida de hojas y registrar un periodo de crecimiento más corto. (Ref. 49)
13. Después de la sequía del 2003, el roble albar presentó una reducción significativa de la biomasa foliar con respecto a la del 2004. (Ref. 25)
14. A lo largo de un experimento, durante dos años se defoliaron manualmente robles albares y robles comunes, sometidos a estrés hídrico. Esta defoliación no hizo disminuir la anchura de los anillos de las ramas, pero se redujo la conductancia con la sequía. (Ref. 48)

15. A pleno sol, la eficiencia en el uso del agua de los plántones de roble albar fue un 10-15% mayor que en el roble común. La diferencia entre las dos especies se mantiene durante la sequía, aunque disminuye el crecimiento. (Ref. 38)
16. El roble albar fue menos sensible a la sequía que el haya. (Ref. 20)
17. En un experimento con roble albar y pino silvestre, el roble es más sensible a los tratamientos (incremento de CO₂, y de O₃ en diferentes concentraciones y riego) con elevados niveles de CO₂ y riego, y ello le hace incrementar la biomasa. (Ref. 5)
18. Un aumento de la concentración de CO₂ y una mayor disponibilidad de agua hacen aumentar el crecimiento del roble de hoja grande, pero si sólo aumenta el CO₂ pero no hay agua, el crecimiento es menor. (Ref. 5)
19. Los árboles de roble común infectados por *fusarium eumartii* tuvieron un crecimiento radial de 2,24 mm entre 1961-1994, mientras que los de los árboles sanos fue de 3,57 mm. (Ref. 39)
20. El tamaño de las gemas se reduce severamente tanto en el roble de hoja pequeña como en encinas durante los años extremadamente secos. (Ref. 27)
21. Los periodos de sequía pueden producir un decaimiento de la población de roble común, ya que actúa como factor de reducción del crecimiento. (Ref. 39)

MORTALIDAD

22. La sequía del verano afecta al área foliar, a la biomasa foliar por unidad de área y a la senescencia de las hojas, pero no al rendimiento de la bellota del roble carrasqueño. (Ref. 27)
23. Si las sequías son más severas y frecuentes, debido a una mayor variabilidad climática, se espera una muerte masiva de las poblaciones marginales de roble carrasqueño. (Ref. 10)
24. Algunos resultados apuntan que el roble común es menos resistente a la sequía que el roble albar. (Ref. 38)
25. La defoliación provoca una reducción de la biomasa de las raíces finas plántones de roble común y de roble albar. (Ref. 16)
26. El factores naturales responsable de los daños más importantes de roble carvalho y de roble de hoja grande en la Europa central es la sequía y la consecuente defoliación. (Ref. 48)
27. El hongo *Phytophthora cinnamomi* es causante de la muerte repentina de especies de robles y se reconoce por la marchitez de los nuevos brotes. Su alcance probablemente está limitado por su susceptibilidad a las heladas. (Ref. 22, 30)

REGENERACIÓN

28. Tras el episodio de sequía del año 2005 en un bosque mixto de pino silvestre y roble pubescente, la incorporación de plántones de roble fue abundante, sobre todo en las parcelas donde el pino había sufrido una mayor defoliación y mortalidad. (Ref. 15)

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

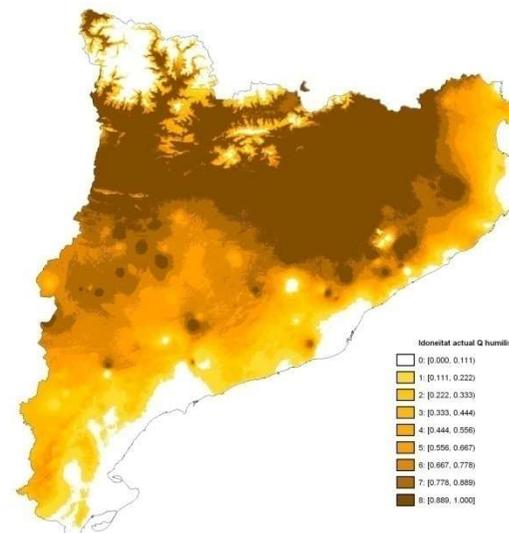
29. El porcentaje de germinación del roble pubescente fue mayor bajo los arbustos *Buxus sempervirens* y *Juniperus communis*, que ofrecen sombra y protección a las plántulas y mejoran la supervivencia, ya que los protegen del pasturaje y de la sequía estival. (Ref. 43)
30. El establecimiento de las plántulas de roble albar depende de las condiciones del lugar, de la disponibilidad de luz y agua, así como de la procedencia de las semillas. (Ref. 17, 34)
31. El déficit hídrico podría ser el principal contribuyente de la muerte de las plántulas de roble albar en los microhábitats más abiertos, mientras que en los bosques más cerrados, el nivel de luz era insuficiente. (Ref. 34)
32. La capacidad de establecimiento de plántulas es un factor limitante para el melojo y el roble albar, dos especies especialmente sensibles a la sequía. (Ref. 34)
33. Las plántulas de roble albar y de roble melojo plantadas bajo una cubierta densa de pinos son más susceptibles a la sequía estival y a presentar un retraso en el crecimiento que los plantones plantados en densidades medias. (Ref. 37)
34. La regeneración de roble común es más rápida que la del roble albar durante las primeras etapas de la regeneración. (Ref. 38)
35. Los robles carrasqueños rebrotan inmediatamente después de los incendios y dominan durante los primeros años. (Ref. 18)
36. Los patrones de recuperación postincendio de los bosques mixtos de pino silvestre y de roble carrasqueño han conducido a la dominancia del pino silvestre en los lugares más templados y a la codominancia de pinos y robles en los más secos. (Ref. 18)
37. Después de un fuego en Portugal que quemó 6.000 ha de bosque mixto, la abundancia de plántulas de pino marítimo y de roble común fue similar en las parcelas quemadas que en las no quemadas. (Ref. 32)
38. Los robledos de roble común muestran una mayor resistencia y capacidad de recuperación después de un incendio que los pinos, hecho que implica una mayor estabilidad en el mantenimiento de los bienes y servicios ecosistémicos. (Ref. 59)

ATLAS DE IDONEIDAD TOPOCLIMÁTICA DEL ROBLE COMÚN:

No se dispone de la información de los atlas de idoneidad topoclimática para el roble común. Es un roble muy poco presente en Cataluña

ATLAS DE IDONEIDAD TOPOCLIMÁTICA DEL ROBLE PUBESCENTE:

IDONEIDAD ACTUAL:



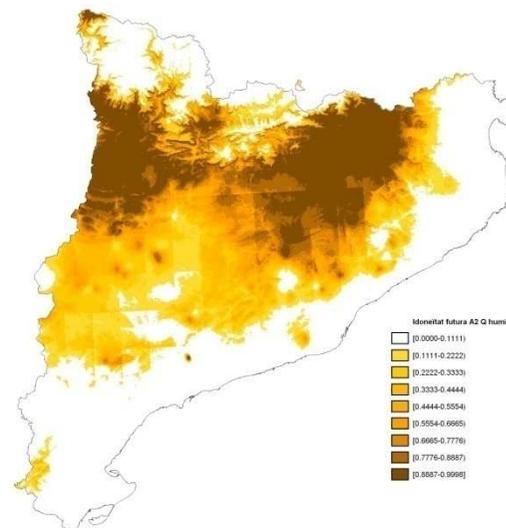
Mapa de idoneidad actual del roble pubescente.
Fuente: Ninyerola *et al.* 2009

El grado de adecuación a las condiciones climáticas y topográficas del roble pubescente para el periodo 1950-1998 representa su idoneidad actual. Los colores oscuros indican mayor idoneidad (conjunto de condiciones topográficas y climáticas en las que una especie vive actualmente) y los claros menos o ninguna (blanco).

La superficie indicada en la tabla son las hectáreas donde el roble pubescente tiene una idoneidad climática del 50% o superior y el % que representa respecto a la superficie total de Cataluña tanto en la actualidad como en el escenario futuro A2.

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

IDONEIDAD PROYECTADA (ESCENARIO A2):



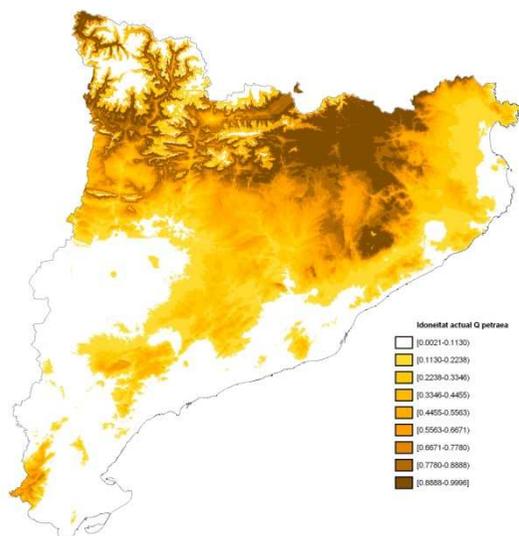
Mapa de idoneidad proyectada (escenario A2) del roble pubescente. Fuente: Ninyerola *et al.* 2009

Actualmente podríamos encontrar robledos de roble pubescente en un 65,6% de la superficie de Cataluña según las variables topoclimáticas. Con el escenario A2 este porcentaje bajaría hasta el 32%.

Grado de adecuación a las condiciones climáticas y topográficas del roble pubescente para el período 2050-2080, que representa su idoneidad proyectada para el escenario A2.

ATLAS DE IDONEIDAD TOPOCLIMÁTICA DEL ROBLE ALBAR:

ATLAS DE IDONEIDAD TOPOCLIMÁTICA DEL ROBLE CARRASQUEÑO:



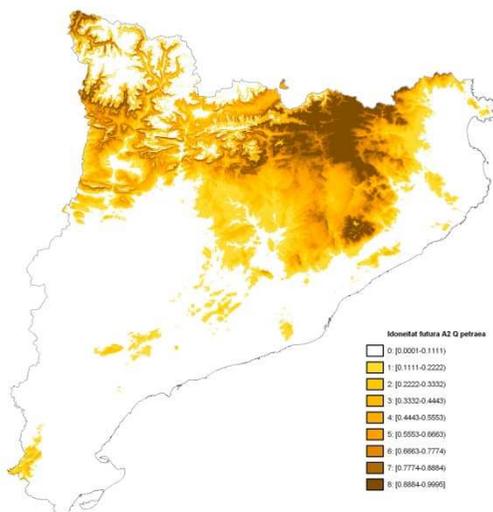
El grado de adecuación a las condiciones climáticas y topográficas del roble albar para el periodo 1950-1998 representa su idoneidad actual. Los colores oscuros indican mayor idoneidad (conjunto de condiciones topográficas y climáticas en las que una especie vive actualmente) y los claros, menos o ninguna.

La superficie indicada en la tabla son las hectáreas donde el roble albar tiene una idoneidad climática del 50% o superior y el % que representa respecto a la superficie total de Cataluña tanto en la actualidad como en el escenario futuro A2.

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

Mapa de idoneidad actual del roble albar. Fuente: Ninyerola *et al.* 2009

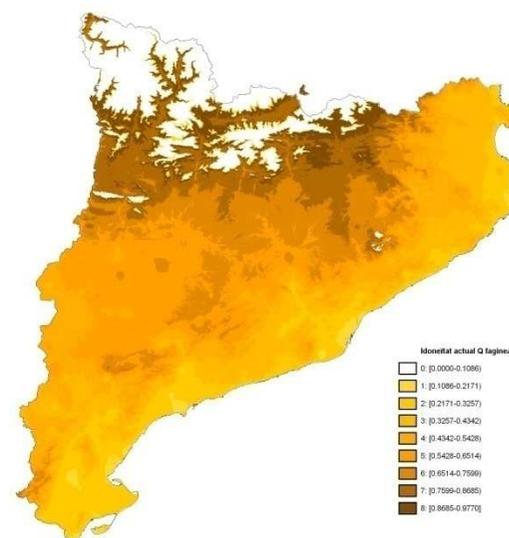
IDONEIDAD PROYECTADA (ESCENARIO A2):



Actualmente podríamos encontrar robledos de roble albar en un 29% de la superficie de Cataluña según las variables topoclimáticas. Con el escenario A2 este porcentaje sería tan solo de un 17%.

Grado de adecuación a las condiciones climáticas y topográficas del roble albar para el periodo 2050-2080, que representa su idoneidad proyectada para el escenario A2.

Mapa de idoneidad proyectada (escenario A2) del roble albar. Fuente: Ninyerola *et al.* 2009



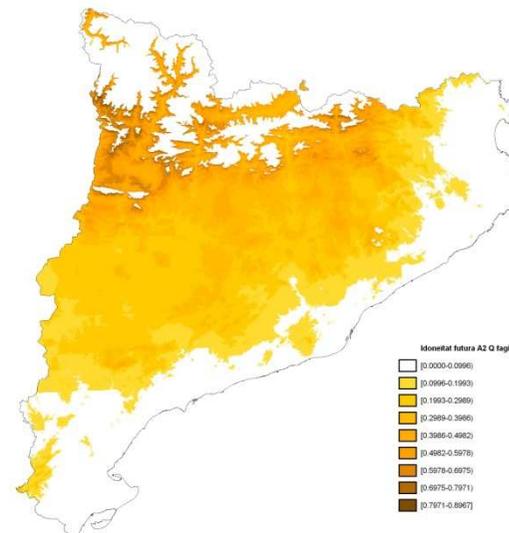
El grado de adecuación a las condiciones climáticas y topográficas del roble carrasqueño para el periodo 1950-1998 representa su idoneidad actual. Los colores oscuros indican mayor idoneidad (conjunto de condiciones topográficas y climáticas en las que una especie vive actualmente) y los claros, menos o ninguna.

La superficie indicada en la tabla son las hectáreas donde el roble carrasqueño tiene una idoneidad climática del 50% o superior y el % que representa respecto a la superficie total de Cataluña tanto en la actualidad como en el escenario futuro A2.

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

Mapa de idoneidad actual del roble carrasqueño. Fuente: Ninyerola *et al.* 2009

IDONEIDAD PROYECTADA (ESCENARIO A2):



Actualmente podríamos encontrar robledos de roble carrasqueño en un 55,2% de la superficie de Cataluña según las variables topoclimáticas. Con el escenario A2 este porcentaje disminuiría drásticamente hasta un 8,8%.

Grado de adecuación a las condiciones climáticas y topográficas del roble carrasqueño para el periodo 2050-2080, que representa su idoneidad proyectada para el escenario A2.

Mapa de idoneidad proyectada (escenario A2) del roble carrasqueño. Fuente: Ninyerola *et al.* 2009

ACCIONES PREVENTIVAS:

- El roble albar no sufre una disminución del flujo de savia tan marcada como el haya, de modo que podría tener una contribución positiva para el mantenimiento de la diversidad de especies en los ecosistemas forestales mixtos sometidos a sequías severas. (Ref. 25)
- La abertura de claros de pino silvestre puede representar una mejora en la tolerancia a la sequía de los plantones de roble albar. (Ref. 29)
- Las reducciones moderadas de la cobertura de los árboles puede mejorar el establecimiento de las plántulas de roble melojo y de roble albar; pero las sequías extremas pueden impedir el éxito de cualquier actuación silvícola. (Ref. 31)

ACCIONES CORRECTIVAS:

Tras un incendio en septiembre del 2003 en la parte central del Portugal, se llevó a cabo una replantación. Durante 21 meses se estudió la supervivencia y la altura. Se concluyó que el uso de la regeneración natural por rebrote puede ser una técnica más barata y más eficaz que la plantación para restaurar los bosques quemados. (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, M. S. J.; Jackson, S.B. 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) Cavero, R. Y. 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, J. M. 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, J. J.; 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 interspecific 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, F. M. 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) González-Rodríguez, 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.; Peramaud, 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, J. D.; 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) Proença, 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, Jesús; 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 understory 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 understory 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, J. L.; 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 FÜR ANGEWANDTE ENTOMOLOGIE* Volume: 119 Issue: 7 Pages: 455-463 Published: SEP 1995
- (43) Rousset, O.; Lepart, 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-Pérez, 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-Pérez, 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-Pérez, 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

- **Hongos micorrízicos arbusculares.** Las micorrizas son la relación simbiótica que se establece entre un hongo y las raíces de algunos árboles. En el caso de los hongos micorrízicos arbusculares, la colonización de las raíces se da de forma intracelular. Las micorrizas son un componente importante en la vida y la química del suelo. (Wikipedia)
- **Gema apical.** Proporción terminal del tallo, parte terminal o extremo. (Diccionario forestal, Sociedad Española de Ciencias Forestales)
- **Índice NAO** (de las siglas inglesas, North Atlantic Oscillations). Es un fenómeno climático del norte del océano Atlántico de fluctuaciones en la diferencia de la presión atmosférica a nivel del mar entre la depresión de Islandia y el anticiclón de las Azores. A través de los movimientos oscilantes este-oeste de esta depresión y anticiclón, se determina la fuerza y dirección de los vientos. Una situación de **NAO+** da lugar a poca precipitación en el sur de Europa y la cuenca mediterránea; mientras que un **NAO-** conlleva temperaturas leves y condiciones húmedas en estas mismas regiones.
- **NDVI** (de las siglas inglesas, Normalized Difference Vegetation Index) Es un índice que estima la cantidad, calidad y desarrollo de la vegetación.
- **Plántula.** Planta joven, al poco tiempo de brotar de la semilla; planta muy joven. (Diccionario de la Real Academia Española de la Lengua, DRAE)
- **Plantón.** Pimpollo o arbolito nuevo, con aspecto de arbusto, que ha de ser trasplantado. (Diccionario de la Real Academia Española de la Lengua, DRAE)
- **Serótina / piñas serótinas.** Es una estrategia que aumenta la resistencia al fuego mediante el almacenaje de semillas en las piñas de la copa, protegiéndolas del calor y retrasando su dispersión. (35)
- **ETP, evapotranspiración potencial.** Cantidad máxima de agua capaz de ser evaporada en un clima determinado, por una cubierta de vegetación continua y sin escasez de agua. Por lo tanto, incluye la evaporación del suelo y la transpiración vegetal en una región específica y en un intervalo de tiempo dado. (Diccionario forestal, Sociedad Española de Ciencias Forestales)

Impactos observados y previstos entre las especies arbóreas más abundantes en Cataluña

CONCLUSIONES:

Vacíos de información

En todas las especies hay una parte de las teselas que quedan vacías. A menudo, la tesela referente a las plagas es la que contiene menos información. Probablemente la información vinculada a las plagas se encuentre en otro tipo de bibliografía no científica (manuales de gestión, guías de sanidad forestal, etc.), que no ha sido consultada para este vaciado, centrado únicamente en artículos científicos.

En otros casos, las casillas en blanco señalan vacíos reales de información, puntos sobre los que no se tienen datos. Un ejemplo muy claro es el caso del pino negro. La infografía del pino negro queda muy vacía debido a que hay muy poca bibliografía sobre esta especie: sólo se han utilizado 28 artículos para realizarla, mientras que para el alcornoco o la encina se han consultado en torno a 70. Ello conlleva que, a primera vista, una conclusión superficial sobre los impactos observados en el pino negro con respecto a los factores sequía e incendios pueda parecer tener poco efecto. En cambio, a pesar de la escasa información que se tiene sobre esta especie, su área de distribución y sus características hacen pensar que tendría que ser muy vulnerable a la sequía y a los incendios. Hasta ahora en Cataluña casi no ha habido incendios de pino negro, de modo que resulta difícil saber qué puede llegar a sucederles a estos bosques a corto, medio y largo plazo.

Algunos de estos vacíos de información pueden servir para señalar dónde sería conveniente dedicar esfuerzos tanto económicos como de investigación para tratar de completarla, ya que es la herramienta esencial para la toma de decisiones.

Una gran ausencia durante el vaciado de información que se ha llevado a cabo tiene que ver con las "Recomendaciones para una gestión forestal adaptativa". En la mayoría de los casos se ha encontrado muy poca información en los artículos y en algunos incluso ninguna. Esta información podría encontrarse, precisamente y en parte, en manuales de gestión forestal como los ORGEST (Orientaciones de Gestión Forestal Sostenible), pero en ellos no se dan orientaciones sobre la gestión adaptativa al cambio climático. De forma análoga, no siempre se ha encontrado bibliografía que hablara explícitamente sobre la distribución y la vulnerabilidad de la especie, de ahí que en algunas fichas estos apartados no aparezcan o sólo aparezca uno de los dos.

Vulnerabilidad

Atendiendo a toda la información recopilada en este vaciado bibliográfico sobre los impactos observados en las nueve especies arbóreas tratadas, así como a la información procedente de consultas hechas a algunos expertos, se ha establecido una clasificación de su vulnerabilidad a la sequía y a los incendios de forma cualitativa. La información referente a las plagas ha sido tan escasa que no ha resultado suficiente para establecer este ranking.

El salto de una especie a otra no es proporcional, sino que se trata únicamente de un orden cualitativo. Incluso en algunos casos resulta muy difícil ordenar las especies, de modo que se han distribuido en tres grandes grupos, dentro de los cuales el orden es incierto. En el caso del pino negro hay tan poca información sobre la sequía y los incendios que se ha añadido un interrogante, ya que no está nada claro dónde habría que colocarlo. Y la vulnerabilidad del haya a los incendios también se ha escrito con un interrogante.

Algunas aclaraciones sobre la vulnerabilidad a la sequía:

En general los pinos son más resistentes al estrés hídrico. Ahora bien, si llegan a quedar afectados, es difícil que se recuperen. En cambio, robles y encinas y, en general, las latifolias, tienen una mayor capacidad de recuperación (pueden rebrotar) y a menudo también de regeneración tras episodios de sequía.

Impactos observados y previstos entre las especies arbóreas más abundantes en Cataluña

CONCLUSIONES:

Algunas aclaraciones sobre la vulnerabilidad a los incendios:

- La vulnerabilidad del pino carrasco con respecto a incendios es relativamente baja siempre que el tiempo transcurrido entre incendios oscile entre 15-20 años como mínimo. Si la recurrencia de fuegos es mayor, el pino no tiene tiempo de llegar a producir semillas viables.
- El pino piñonero tiene muy poco establecimiento después de un fuego y una baja capacidad de dispersión de semillas.

