



Abetos mediterráneos

Abies spp.

P.G. Alizoti¹, B. Fady², M.A. Prada³, G.G. Vendramin⁴

¹ Universidad Aristóteles de Tesalónica, Grecia

² INRA, URFM, Ecología de los Bosques Mediterráneos, Aviñón, Francia

³ GV, CIEF-Banco de Semillas Forestales, Valencia, España

⁴ IGV-CNR, Florencia, Italia

Esta guía técnica va destinada a las personas implicadas en el manejo del valioso patrimonio genético de los abetos mediterráneos que buscan asegurar su sostenibilidad mediante la conservación de fuentes de semillas o su utilización forestal. Su fin es la conservación de la diversidad genética de las diferentes especies a nivel europeo. Las recomendaciones facilitadas en esta guía han de considerarse como una base técnica aceptada de común acuerdo, que deberá ser complementada y desarrollada según las condiciones locales, regionales o nacionales. Dicha guía se basa en el conocimiento actual sobre estas especies y en los métodos aceptados mayoritariamente para la conservación de los recursos genéticos forestales.

Biología y ecología

Los abetos mediterráneos son especies interfértiles pertenecientes a dos secciones:

I) Sección *Abies* (*Abies bornmuelleriana* Mattf., *A. borisii-regis* Mattf., *A. cephalonica* Loud., *A. equi-trojani* Asch., *A. nebrodensis* Lojac. y *A. nordmanniana* Spach), y
 II) Sección *Piceaster* (*Abies cilicica* De Lannoy, *A. marocana* Trabut, *A. numidica* Carrière y *A. pinsapo* Boiss.).

Son coníferas de hoja perenne que pueden alcanzar hasta 50 m de altura, con tronco recto y copa piramidal que con la edad acaba aplanándose en su parte superior. Las yemas vegetativas, en número de 3 a 5 y situadas en el ápice de los brotes, son de forma cónica a ovoide y resinosas (excepto en *A. cilicica*, *A. nordmanniana* y *A. numidica*). Las hojas son linea-

les, aplanadas, con ápice agudo (*A. cephalonica*, *A. borisii-regis*, *A. equi-trojani* y *A. pinsapo*) o redondo (*A. cilicica*, *A. nebrodensis*, *A. nordmanniana* y *A. numidica*).

Las diferentes especies de abetos se reproducen por semilla, son monoicas y anemócoras, y sus semillas son dispersadas por el viento. Los conos maduran en una temporada, mientras que la producción abundante de simiente se produce solo una vez cada 3-5 años.

Forman bosques puros o mixtos que abarcan un rango altitudinal considerable (600-2.000 m) y crecen en bioclima húmedo, a excepción de *A. cephalonica*, *A. cilicica* y *A. nebrodensis*, que también pueden crecer en regiones áridas y subhúmedas. *A. borisii-regis*, *A. bornmuelleriana*, *A. cephalonica* y *A. cilicica* pueden tolerar rangos más amplios de temperatura media anual (de 7,5 a 16 °C) que el resto de las especies. La apertura de las ye-



Abetos mediterráneos *Abies spp.* Abetos mediterráneos *Abies spp.* Abetos mediterráneos

mas se produce desde principios de abril (*A. cephalonica* y *A. cilicica*) a mediados del mismo mes (*A. marocana*, *A. numidica* y *A. pinsapo*) o principios de mayo (*A. bornmuelleriana* y *A. nordmanniana*).

Distribución

Los abetos mediterráneos tienen distribuciones desconectadas y limitadas, rasgos propios de relictos de especies endémicas. El área de distribución de la mayoría de las especies de abetos se concentra en el Mediterráneo oriental y en la región del mar Negro.

Importancia y uso

La madera de abeto generalmente se considera de menor valor técnico que la madera de pino, pero se utiliza para carpintería debido a su suavidad y facilidad de trabajo. También se utiliza para: construcción en general, papel, productos de madera encolados y tableros, chapa de madera, madera contrachapada, paneles y postes, así como para leña. La corteza es muy resinosa y los brotes y conos pueden contener una gran cantidad de trementina fina. También se puede destilar aceite fino de trementina a partir del material en bruto, mientras que el residuo

forma una resina gruesa denominada colofonia. La oleoresina fresca se utiliza principalmente con fines farmacéuticos.

Debido a su fragancia, el color, la forma y la persistencia de las hojas, que es excepcionalmente larga después de ser talados, la mayor parte de estos abetos se utilizan como árboles ornamentales, y se cultivan en plantaciones para árboles de Navidad (principalmente, *A. borisii-regis*, *A. cephalonica* y *A. nordmanniana*).

Los abetos mediterráneos se encuentran a menudo en áreas protegidas, ya sea por su nivel de endemismo y por su distribución limitada o debido a su papel vital como especie clave en los ecosistemas de las montañas mediterráneas.



Conocimiento genético

Las distribuciones geográficas disjuntas y los diferentes tamaños poblacionales explican el alto nivel general de diversidad genética entre y dentro de las poblaciones de los abetos mediterráneos. No existe ninguna variación a nivel cromosómico ($2n = 24$), pero se han registrado amplios niveles de variación genética morfológica (por ejemplo, los rasgos de las acículas), anatómicos (como la posición de los canales de resina), bioquímicos (terpenos, isoenzimas...) y molecular (microsatélites).

Los registros paleoecológicos y los estudios genéticos basados en marcadores con bajas tasas de evolución (ADN mitocondrial e isoenzimas) sugieren que los abetos mediterráneos podrían haber surgido de un ancestro común terciario y posteriormente separarse en diferentes acervos genéticos: oriental (*A. cephalonica*, *A. bornmuelleriana*, *A. equi-trojani* y *A. nordmanniana*, con excepción de *A. cilicica*, que difiere de las otras especies), meridional (*A. numidica*) y occidental (*A. pinsapo* y *A. marocana*). Los marcadores de rápida evolución (microsatélites del cloroplasto) indican que *A. cilicica* está relacionada con el grupo del Mediterráneo oriental



y que *A. marocana* y *A. pinsapo* constituyen diferentes especies. Del mismo modo, *A. nebrodensis* aparece como un grupo genético original.

La variabilidad genética intrapoblacional aumenta de oeste a este, como resultado del clima más duro en el oeste de las orillas del Mediterráneo. *A. nebrodensis* constituye una excepción por su alta diversidad genética, aunque la única población natural en la actualidad es extremadamente pequeña (29 individuos).

Debido a su nivel de consanguinidad, los abetos mediterráneos pueden hibridar tanto de forma natural como artificialmente: *A. borisii-regis* se considera un híbrido natural entre *A. cephalonica* y *A. alba*. El éxito en los cruzamientos artificiales también sugiere que existen débiles barreras reproductivas entre los abetos mediterráneos, a diferencia de las barreras más estrictas que existen entre los abetos de América del Norte y los circummediterráneos. Esto

apoya el argumento de que el aislamiento geográfico ha sido el principal motor de la especiación en la cuenca mediterránea.

Los ensayos de especies y procedencias han revelado una fuerte variación en los rasgos adaptativos: supervivencia, crecimiento, brotación, resistencia a la sequía, características morfológicas y anatómicas. Los materiales forestales de reproducción procedentes del Peloponeso, en Grecia (*A. cephalonica*), se comportan bien en muchos tipos de clima mediterráneo.



Amenazas a la diversidad genética

La sobreexplotación, el pastoreo, la prolongada sequía y los incendios forestales son las principales amenazas para los abetos mediterráneos. El estado de conservación de estos abetos varía desde el peligro crítico a la preocupación menor de acuerdo con la Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN. *A. nebrodensis* está reconocido como en peligro crítico, y *A. numidica* en casi amenazado-vulnerable. *A. cephalonica*, *A. marocana* y *A. pinsapo* se consideran especies casi amenazadas. *A. cilicica*, *A. nordmanniana* y *A. borisii-regis* son catalogados como especies con preocupación menor, mientras que *A. bornmuelleriana* y *A. equi-trojani* no aparecen en la Lista Roja de la UICN.

A pesar de que no parece que existan amenazas serias debido a plagas, los abetos mediterráneos suelen ser dañados por *Cacoecia muriana*, *Chroristoneura murinana*, *Cryphalus piceae*, *Dioryctria aulloi*, *Ips vorontzowi*, *Mindaro abietinus*, *Phaenops cyanea*, *Pissodes picea*, *Pityokteines curvidens*, *Pityokteines spinidens* y *Xyloterus lineatus* (especialmente después de períodos secos). Los insectos de semillas del género *Megastigmus* reducen significativamente las cosechas de semillas. Los hongos más peligrosos para los abetos son *Armillaria mellea*, *Fomes anno-*

sus, *Polyporus fulvus* y *Trametes radiciperda*. Otros hongos dañinos incluyen *Aecidium elatinum*, *Armillaria gallica*, *Dioryctria abietara*, *Fusarium sp.*, *Heterobasidion annosum*, *Phytophthora cactorum* (para las plántulas jóvenes) y *Trichosphaeria parasitica*.

Se prevé que el cambio climático intensificará las sequías de verano en la orla mediterránea, lo que representa una seria amenaza para los bosques de abetos, y también es probable que aumente la frecuencia y la gravedad de los incendios forestales, con efectos que pueden resultar devastadores para la supervivencia, reproducción y regeneración de estas especies. Por otra parte, el cambio climático puede disminuir los rigores invernales y propiciar un adelanto en la apertura de las yemas, lo que aumenta el riesgo de daños por heladas tardías. Esto puede poner en peligro el desarrollo del regenerado, en especial en áreas abiertas, y hacer que los bosques de abetos acaben por desaparecer en los lugares de menor altitud de su área de distribución. El aumento de las temperaturas durante el verano, combinado con la escasez de agua, puede ocasionar una seria defoliación de las copas e incluso la muerte de los árboles. Los bosques de abetos que crecen a baja altitud, sobre suelos superficiales o en las laderas de sola-

na son los que hoy se enfrentan a las mayores amenazas.



Quía para la conservación genética y su uso

La conservación de los abetos circummediterráneos y de sus recursos genéticos es un gran desafío debido a las amenazas reinantes, su endemismo y la dispersa distribución geográfica.

Los recursos genéticos de los abetos se conservan actualmente en varias áreas protegidas que rara vez se han establecido para este fin. Debido a su historia evolutiva y a su adaptación específica, los abetales mantienen recursos genéticos únicos que son importantes más allá de las orillas del mar Mediterráneo. Por tanto, es de una importancia capital la creación de unidades de conservación de estos abetos que cumplan con los requisitos mínimos paneuropeos para la conservación genética dinámica.

En la actualidad, varias de las especies y sus recursos genéticos están protegidos ya sea *in situ* (parques nacionales, reservas naturales, unidades de conservación genéticas) o *ex situ*

Abies spp. Abetos mediterráneos Abies spp. Abetos mediterráneos Abies spp. Abeto



(huertos y rodales semilleros de conservación). *A. nebrodensis*, en peligro crítico, se conserva *in situ* en el parque regional de Madonia en Sicilia, pero la ayuda a la especie ha sido complicada debido sobre todo a la degradación del suelo en su hábitat natural. *A. nebrodensis* también se conserva *ex situ* en un huerto semillero (con injertos de los 29 individuos restantes de la especie) en Arezzo, en jardines botánicos (40.000 plantas en el Jardín Botánico de Palermo), en arboretos y en propiedades privadas en las montañas de la Madonia cercanas a su hábitat natural. *A. borisii-regis* y *A. cephalonica* están protegidos *in situ* en varias áreas protegidas en Grecia. El material genético, que representa casi la totalidad de la distribución natural de esta especie de abeto, está incluido en ensayos de procedencia establecidos en Grecia y Francia. *A. cilicica* está protegido en parques nacionales, reservas naturales y rodales semilleros en diez áreas en Turquía y en Libano, mientras

que en Siria se considera como una especie en peligro de extinción. *A. equi-trojani* se conserva *in situ* en la reserva natural turca de Goknari Kazdagi. *A. nordmanniana* también está salvaguardado por áreas protegidas en Turquía, y varias procedencias están creciendo *ex situ* en ensayos, plantaciones y arboretos en Dinamarca y Francia. Los bosques de *A. pinsapo* se incluyen en tres áreas protegidas en España. *A. numidica* está protegido en la reserva natural de Barbor Djebel, situada en la Sierra Pequeña de la Cabilia de Argelia, y se ha informado de la conservación en rodales *ex situ* de la misma procedencia. En la actualidad *A. marocana* se conserva en una reserva natural en Marruecos, y se han establecido para la especie siete rodales *ex situ*.

El cambio climático tendrá un impacto en el desarrollo de los esfuerzos actuales de conservación *in situ*, pero es difícil predecir su efecto en la producción de semillas, la regeneración natural

y el crecimiento de los nuevos pies, así como sobre los riesgos de los insectos y otros patógenos. Las unidades de conservación genética dinámicas deben ser monitorizadas con el fin de asegurar que las poblaciones no se vean seriamente afectadas y que conserve su potencial evolutivo y regeneren naturalmente. La gestión de las unidades debe dirigirse principalmente a ayudar a la regeneración natural, y cuando esto no sea posible, el área debe ser repoblada artificialmente con material genético local. La gestión de los bosques naturales también debe salvaguardar los recursos genéticos, permitiendo que se produzca la selección natural entre el regenerado en condiciones variadas. Los esfuerzos de conservación *ex situ* deberían centrarse en las pequeñas poblaciones amenazadas o con producción de semillas o polinización insuficiente en su entorno natural. Este enfoque es útil especialmente en el caso de especies raras o de distribución limitada o dispersa, dado



Estas directrices técnicas han sido elaboradas por miembros de la Red EUFORGEN de coníferas. El objetivo de la red es identificar los requisitos mínimos de conservación genética a largo plazo en Europa, a fin de reducir el coste de dicha conservación y mejorar la calidad de las normas correspondientes en cada nación.

Alizoti, P.G., B. Fady, M.A. Prada and G.G. Vendramin. 2010. EUFORGEN Guía Técnica para la conservación genética y uso del Abeto mediterráneo (*Abies spp.*). Traducción: Ricardo Alía, Foresta. Madrid. España. 6 páginas.

Primera publicación realizada por Bioversity International en inglés en 2009.

Dibujos: *Abies pinsapo*, Claudio Giordano © Bioversity, 2009.

ISSN 1575-2356



Foresta
 Avda. Menéndez Pelayo 75,
 bajo izquierda
 28007 Madrid. España.
 Tfno.: + 34 91 5013579
 Fax: + 34 91 5013389
 www.forestales.net

que los rodales *ex situ* con un número suficiente de genotipos pueden formar nuevas poblaciones por cruzamiento que produzcan semillas con un potencial elevado de diversidad genética.

Los abetos mediterráneos ofrecen una oportunidad para hacer frente a la pérdida de bosques prevista en el sur de Europa como consecuencia del cambio climático. *A. nordmanniana* ya se ha utilizado para la reforestación en Europa, fuera del ámbito mediterráneo. Otros abetos de la cuenca de este mar

(especialmente *A. cephalonica*, *A. bornmuelleriana* y *A. cilicica*) son mucho menos exigentes en agua y podrían representar una alternativa para el abeto (*A. alba*) en Europa. Los ensayos de procedencias de abetos en la orla mediterránea incluyen material que ha demostrado buen crecimiento, adaptación a la sequía y comienzo de la brotación a finales de primavera. Esas procedencias de abetos mediterráneos podrían ser de gran interés para el sector forestal europeo.

Referencias bibliográficas

- Aussenac, G. 2002. Ecology and ecophysiology of circum-Mediterranean firs in the context of climate change. *Ann. For. Sci.* 59:823-832.
- Liepert, S., Mayland-Quellhorst, E., Lahme M and Ziegenhagen, B. 2010. Contrasting geographical patterns of ancient and modern genetic lineages in Mediterranean *Abies* species. *Plant Syst. Evol.* 284: 141-151
- Liu, T.S.: 1971. A monograph of the genus *Abies*. Dept. of Forestry, National Taiwan University, Taipei, Taiwan, China.
- Parducci, L., A.E. Szmidi. 1999. PCR-RFLP analysis of cpDNA in the genus *Abies*. *Theor. App. Genet.* 98:802-808.
- Parducci, L., A.E. Szmidi, A. Madaghiele, M. Andizei and G.G. Vendramin. 2001. Genetic variation at chloroplast microsatellites (cpSSRs) in *Abies nebrodensis* (Lojac.) Mattei and three neighboring *Abies* species. *Theor. App. Genet.* 102:733-740.

Más información

www.euforgen.org

Pinsapo

Abies pinsapo Boiss.

España

R. Alía¹, D. Barba¹, F.J. Auñón¹

1.- INIA. Dpto. de Ecología y Genética Forestal. CIFOR. Madrid. España

Presencia de la especie

Abies pinsapo Boiss. es la única especie relictica de los abetos circunmediterráneos presentes en la Península Ibérica. Existen distintas evidencias (palinológicas, genéticas...) que indican solapamientos geográficos glaciares cuaternarios entre esta especie y los ancestros de *Abies alba* y que ha conducido a que, aunque morfológicamente tiene caracteres primitivos, su distancia genética con *Abies alba* sea menor que con otros abetos mediterráneos (excepto con *Abies marocana*).

El pinsapo presenta un área restringida a tres localidades del sur de la Península Ibérica: sierra de las Nieves y Sierra Bermeja en la provincia de Málaga y sierra de Grazalema en la de Cádiz, además de presentar pequeños rodales e individuos aislados dentro de otras

formaciones boscosas. Habita en climas mediterráneos con un periodo de sequía relativamente intenso. La especie se refugia en zonas elevadas, y fundamentalmente se restringe a barrancos y laderas con orientación norte, más umbrías y húmedas. Presenta precipitaciones superiores a los 2.000 mm anuales, con valores de temperatura media anual de 9-11 °C. El pinsapo tolera una gran variedad de caracteres litológicos: la mayor parte de los pinsapares aparecen sobre sustratos calcáreos (calizas y dolomías) y peridotitas, pero pequeños rodales y pinsapos aislados medran también sobre gneises, cuarcitas, etc.

Amenazas

Al ser una especie relictica con área de distribución reducida, uno de sus principales riesgos está relacionado con la reduc-

ción del tamaño de sus poblaciones. Distintos estudios realizados indican que la superficie de la especie se ha incrementado en los últimos 30-40 años y actualmente se encuentra estabilizada, aunque la situación es variable dependiendo de la altitud. Se ha observado una ligera expansión del límite altitudinal de distribución del pinsapar, pero en la banda inferior (<1.200-1.300 m) se ha manifestado durante la última década una disminución de cobertura en torno al 15 %.

El tamaño reducido de algunos de los bosquetes hace especialmente sensibles a estas poblaciones a amenazas varias, que pueden llegar en ciertos casos a ocasionar su desaparición.

Otros bosquetes de escasa población lo hicieron por cambios demográficos o por declive del pinsapar como resultado del cambio global en forma de un proceso de estrés múltiple: 1) Estrés de preparación de tipo endógeno (excesiva densidad y competencia intraespecífica entre árboles que ha derivado en el estancamiento de las masas), 2) Estrés de inducción de tipo climático (resultado del incremento significativo de la temperatura -entre +0,5 y +1 °C desde 1970 a la actualidad- y períodos de sequía intensa intercalados con períodos muy húmedos) y 3) Expansión de los ataques de agentes patógenos (especialmente hongos patógenos de raíz e



insectos perforadores que están actuando como estrés de desbalance, responsables finales de la mortalidad observada).

Actividades de conservación

A raíz del análisis sobre el decaimiento del pinsapo se inició un *Plan de Recuperación del Pinsapo*. Los resultados indican que las medidas de protección han tenido un efecto muy positivo sobre la regeneración de la especie, aunque la expansión no se ha verificado de la misma manera a lo largo del gradiente altitudinal de distribución: áreas óptimas, anteriormente afectadas por el ganado o las talas, se han regenerado favorablemente; las zonas más secas y cálidas presentan una tendencia reciente regresiva; y las zonas más elevadas del gradiente altitudinal, una regeneración favorable, pero muy lenta, probablemente debido a la falta de micrositios adecuados para la incorporación a la población de nuevos ejemplares jóvenes.

El objetivo de la conservación genética en esta especie es asegurar su potencial evolutivo. Para ello se han de combinar distintos métodos, tanto *in situ* como *ex situ*, mediante bancos de semi-

llas y nuevas plantaciones. La conservación *in situ* es la medida más urgente, promoviendo la regeneración natural para asegurar la conservación dinámica de la especie frente a futuras posibles condiciones negativas.

Deben tomarse precauciones en las labores de reintroducción, dada la estructura genética de las poblaciones.

Las medidas *ex situ* deben ir encaminadas en dos direcciones. Por un lado, la conservación de colecciones de germoplasma de las poblaciones e individuos. Estas colecciones deben contar con un tamaño efectivo poblacional suficiente para mantener la diversidad de cada población. Por otro lado, la formación de plantaciones *ex situ* con abundante regenerado y en condiciones similares a las esperables en un futuro próximo que permita una evolución acelerada de estas poblaciones por selección natural con vistas a nuevas combinaciones mejor adaptadas. Otra posibilidad sería realizar plantaciones a partir de injertos, con objeto de favorecer el cruzamiento entre individuos y la producción de semilla diversa sobre la que posteriormente actúe la selección natural.

En cualquier caso, es fundamental asegurar una base genética suficiente en estas plantaciones de conservación *ex situ*.

Uso de material forestal de reproducción

El uso del material forestal de reproducción del pinsapo está regulado en el *RD 289/2003 sobre comercialización de los materiales forestales de reproducción*, teniendo aprobadas fuentes semilleras para la producción de materiales de *Categoría Identificada*. Existen restricciones, debido al plan de conservación de la especie, para la recolección de materiales de reproducción.

Las actividades de migración asistida podrían contemplarse en esta especie como medio para favorecer su adaptación a largo plazo.

Cita: R. Alía, D. Barba, F.J. Auñón 2014. Guía técnica para la conservación genética y utilización del pinsapo (Abies pinsapo) en España. Foresta. Madrid. España. 2 páginas.

Alizoti, P.G., B. Fady, M.A. Prada and G.G. Vendramin. 2010. EUFORGEN Guía Técnica para la conservación genética y uso de los Abetos mediterráneos (Abies spp.). Traducción: Ricardo Alía, Foresta. Madrid. España. 6 páginas. ISSN 1575-2356

Publicaciones recomendadas

Alía R., García del Barrio J.M., Iglesias S., Mancha J.A., De Miguel J., Nicolás J.L. Pérez F., Sánchez de Ron D. 2009. Las Regiones de Procedencia de especies forestales en España. O. A. Parques Nacionales. Madrid

Estrategia Española para la Conservación y uso sostenible de los Recursos Genéticos Forestales, 2006.

Fernández-Cancio Á., Navarro R. M., Fernández R., Gil P., Manrique E., Calzado C. 2007. Climate classification of *Abies pinsapo* Boiss. Forests in Southern Spain. Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales. 16(3), 222-229

European Forest Genetic Resources Programme

www.euforgen.org



Foresta

Avda. Menéndez Pelayo 75, bajo izqda.

28007 Madrid. España.

Tfno.: 34 91 5013579

www.forestales.net