EUFORGEN

Pinos carrasco y brutia

Pinus halepensis/Pinus brutia

Bruno Fady[1], Hacer Semerci[2] y Giovanni G. Vendramin[3]
[1] *INRA. Unidad de Investigacion del Bosque Mediterráneo, Aviñon, Francia*
[2] *Dirección para la Investigación en Semillas y Mejora Forestales, Gazi-Ankara, Turquía*
[3] *CNR, Instituto de Genética de Plantas, Florencia, Italia*

Esta guía técnica va destinada a aquellos implicados en el manejo del valioso patrimonio genético de los pinos carrasco y brutia, y que pretenden asegurar su sostenibilidad mediante la conservación de fuentes de semillas o de su uso en la práctica forestal. El objetivo es la conservación de la diversidad genética de ambas especies a escala europea. Las recomendaciones facilitadas en esta guía deben considerarse como una base técnica aceptada de común acuerdo que deberá ser complementada y desarrollada según las condiciones locales, regionales o nacionales. La guía se basa en el conocimiento disponible de las dos especies y en los métodos ampliamente aceptados para la conservación de recursos genéticos forestales.

Biología y ecología

El pino carrasco (*Pinus halepensis* Mill.) tiene las piñas pedunculadas; sus acículas son finas, flexibles y de color verde claro, y miden entre 5 y 10 cm de longitud. Las piñas del pino brutia (*Pinus brutia* Ten.) son sésiles; las acículas, de color verde oscuro, son de 10 a 18 cm de largo. Son especies de polinización anemófila y alógamas. Las flores masculinas y femeninas están localizadas en diferentes partes del árbol (monoecia). Las dos especies diseminan una gran cantidad de semilla y pueden colonizar fácilmente áreas abiertas y perturbadas.

Las masas de pino carrasco y de brutia pueden crecer sobre todos los sustratos y casi todos los bioclimas de la región Mediterránea. Pueden encontrarse desde el nivel del mar hasta los 600 m al norte del Me-

Pinus halepensis

diterráneo y hasta los 1.400 m al sur (pisos termo-mediterráneo y meso-mediterráneo). Puntualmente pueden alcanzar mayores altitudes, como son los 2.600 m de *P. halepensis* en el Alto Atlas marroquí y los 1.650 m de *P. brutia* en los Montes Taurus de Turquía. En el límite superior de su distribución a menudo forman una etapa de pre-bosque colonizador o forman parte de bosques mixtos de especies de los géneros *Pinus* y *Quercus*.

El desarrollo óptimo de los bosques de *P. halepensis* tiene lugar con precipitaciones entre 350 y 700 mm y una temperatura media de las mínimas entre -2 °C y +10 °C (bioclimas semiárido y subhúmedo). El óptimo desarrollo de *P. brutia* requiere mayores precipitaciones, pero acepta un mayor rango de temperaturas (temperatura media de las mínimas entre -5 °C y +10 °C, bioclimas subhúmedo o húmedo).

Distribución

Pinus halepensis y *P. brutia* forman un grupo de especies emparentadas que pueden hibridarse, pero que ocupan diferentes distribuciones geográficas y bioclimas.

El pino carrasco ocupa grandes extensiones al oeste del Mediterráneo: España, Francia, Italia, Croacia, Albania, Grecia, Marruecos, Argelia, Túnez, Libia y Malta. Se lo puede encontrar formando pequeñas poblaciones, tanto naturales como artificiales, al este del Mediterráneo en Turquía, Siria, Israel, Jordania y Líbano. La superficie total ocupada se estima en 3,5 millones de hectáreas.

El pino brutia cubre extensas áreas al este del Mediterráneo: Grecia, Turquía, Chipre, Siria y Líbano, y unas pocas y pequeñas poblaciones en Irak e Irán.

Otras especies relacionadas taxonómicamente están presentes en Ucrania (Crimea: *P. stankewiczii* Sukaczew), alrededor del mar Negro (Georgia, Federación Rusa y Ucrania: *P. pithyusa* Stevenson) y en el Cáucaso (Azerbayán, Georgia, Irán y Turquía: *P. eldarica* Medw.). La superficie total ocupada se estima en más de 4 millones de hectáreas, de las que 3,8 millones están en Turquía.

Importancia y uso

Los pinos carrasco y brutia son la única o casi la única fuente de madera y cubierta forestal en muchos países mediterráneos. Económicamente, *P. brutia* es la especie de conífera más importante en Turquía, y *P. halepensis* lo es en el norte de África, con una gran importancia ecológica en el sur de Francia y de Italia, especialmente en zonas periurbanas. La productividad media para pino carrasco es de 1-2 m^3 ha^{-1} $año^{-1}$, y de 2-3 m^3 ha^{-1} $año^{-1}$ para el pino brutia. La producción media puede alcanzar los 12-15 m^3 en las dos especies. La madera de estos pinos mediterráneos tiene múltiples usos: construcción, industria, carpintería, leñas y pulpa. Las semillas se utilizan también en pastelería.

Conocimientos genéticos

Los análisis genéticos con marcadores bioquímicos y de ADN muestran que la diversidad genética de estas especies está estructurada geográficamente. Los mayores niveles de diversidad en *P. halepensis* se han encontrado en poblaciones españolas y griegas, aunque algunas poblaciones tienen niveles de diversidad más bajos que otras coníferas. Esto concuerda con la hipótesis de una expansión reciente de la especie (en los últimos 10.000 años) desde estas dos áreas de refugio, con poblaciones colonizadoras establecidas por migración de un número limitado de individuos (efecto fundación) y una dinámica de poblaciones regulada por el fuego (poblaciones cuello de botella).

La diversidad genética es mayor en *P. brutia*, separándose claramente las poblaciones del este de las del oeste.

Los ensayos de cruzamientos controlados y de seguimiento de poblaciones simpátricas del este mediterráneo usando marcadores moleculares han demostrado que el flujo genético es unidireccional, de *P. halepensis* hacia *P. brutia*, dando lugar a híbridos. La hibridación no es posible con polen de *P. brutia* como parental.

Los ensayos de procedencias y de laboratorio han revelado un claro patrón geográfico en la variación de caracteres adaptativos. Ambas especies tienen un patrón de crecimiento anual de tipo policíclico, y en *P. halepensis* los ciclos iniciales son más pequeños. Las procedencias más orientales de *P. halepensis* tienden a mostrar un crecimiento juvenil mayor. *P. halepensis* está mejor adaptado a la sequía que *P. brutia*, pero menos, al frío. Sin embargo, en condiciones de estrés hídrico severo, *P. halepensis* aumenta la sensibilidad al hongo *Sphaeropsis sapinea*. Ambas especies son sensibles a la procesionaria del pino *Thaumetopoea pityocampa*, que puede causar intensas defoliaciones. *P. halepensis* es sensible a la cochinilla *Matsucoccus josephii*, mientras que *P. brutia* es resistente.

En algunos países, estos conocimientos genéticos, junto con estudios ecológicos, se han utilizado para la definición de zonas semilleras y rodales selectos (por ejemplo, Francia cuenta con 29 rodales selectos de *P. halepensis*).

Amenazas para la diversidad genética

Se considera que el pino carrasco y el pino brutia no están amenazados en su conjunto. Sin embargo *P. phityusa* está considerado como vulnerable (lista roja de UICN) debido a la reducción del tamaño de las poblaciones unido al deterioro de su hábitat. *P. eldarica* se distribuye en poblaciones disjuntas y su diversidad genética es la más baja de todos táxones de grupo.

Los insectos como *Matsucoccus josephii* son la principal amenaza en el este mediterraneo. *Thaumatopea pityocampa* también puede producir graves defoliaciones en toda el area de distribución de ambas especies, aunque no suele resultar mortal. Recientemente el chancro *Crumenulopsis sorona* ha empezado a causar defoliación y muerte en *P. halepensis* en Francia. El impacto del fuego es ambivalente, por un lado facilita la regeneración, pero puede dar lugar al cambio de alelos raros en generaciones, lo que explicaría la baja diversidad encontrada en *P. halepensis*, y promovería

la diseminación de genes de *P. halepensis* en masas de *P. brutia*. La transferencia de semillas entre regiones ha conducido a que se produzcan daños por heladas y estrés hídrico después de la plantación cuando se ha utilizado material no adaptado. La reducción de la adaptación de las poblaciones locales, a través del flujo genético procedente de plantaciones es también un riesgo. Finalmente, estas especies (y especialmente *P. halepensis*) son muy resistentes a la sequía, y son a menudo las últimas especies forestales que se encuentran en los límites de los desiertos y de las estepas. El cambio climático y sus modificaciones colaterales sobre las precipitaciones puede afectar drásticamente a sus rangos de distribución.

Recomendaciones para la conservación y el uso

Las medidas de conservación tomadas por los países incluyen principalmente redes de conservación genética *in situ* especialmente diseñadas para las especies objetivo (p.e., en Turquía, 52 unidades de conservación para *P. brutia*) y las reservas forestales o los parques nacionales que incluyan a la especie objetivo. Las medidas *ex situ* incluyen a los bancos clonales, bancos de semillas y bancos de ADN.

Para aumentar la eficacia de la conservación de los recursos genéticos *in situ* se recomienda llevar a cabo una gestión coordinada a lo largo del área de distribución de las especies. Aunque la transferencia de semillas sea legalmente posible, se debería evitar entre zonas y países con diferentes requerimientos ecológicos, poniendo especial atención al frío, la sequía y los riesgos de daños por insectos.

Localmente, algunas poblaciones requieren una especial atención y una gestión forestal adecuada.

Poblaciones marginales. Las poblaciones en los rangos superiores de altitud, en las periferias de los desiertos o que forman bosques mixtos pueden contener genes valiosos (resistencia a la sequía, al frío o a plagas y enfermedades) para la adaptación al cambio climático, y se deben conservar como reservas de genes.

Poblaciones sometidas a fuegos recurrentes. Al estar bien adaptados a los fuegos forestales, se regeneran bien tras el incendio a partir de banco de semillas que permanece en los conos serótinos. Si la regeneración es pobre en los dos primeros años tras un incendio, y si únicamente quedan unos pocos árboles semilleros en el área incendiada, se recomienda la repoblación artificial para paliar el riesgo de erosión genética en la nueva generación. En este caso, se deben usar lotes de semillas recolectados sobre una amplia base genética (por ejemplo, al menos 30 árboles por población y de un mínimo de 3 poblaciones dentro de una zona semillera).

Poblaciones en las que pueden ocurrir hibridaciones. Se debe evitar la introducción de pino carrasco en zonas donde el pino brutia está presente, particularmente en áreas donde las heladas y los daños por plagas pudieran ser factores limitantes, o estrictamente monitorizada en áreas donde la sequía es el factor limitante. Debido a la anisotropía del flujo genético entre ambas especies, el impacto debería ser reducido en el caso de que se plante pino brutia cercano a masas de pino carrasco.

Distribución del pino carrasco

Distribución del pino brutia

EUFORGEN

Esta guía técnica ha sido realizada por los miembros de las Redes de trabajo de EUFORGEN. El objetivo es identificar las necesidades de conservación genética a largo plazo en Europa para reducir el coste total de conservación e implantar estándares de calidad en cada país.

*Cita: Fady, B., H. Semerci y G.G. Vendramin. 2008. EUFORGEN Guía técnica para la conservación genética y utilización del pino halepensis (*Pinus halepensis*) y el pino brutia (*Pinus brutia*).*
Traducción: A. Prada Foresta. Madrid. España.
6 páginas.

Primera publicación realizada por Bioversity International en inglés en 2003

Dibujos: Pinus halepensis, *Claudio Giordano. © Bioversity, 2003.*

ISSN 1575-2356

Publicaciones recomendadas

Bariteau, M., R. Huc, G.G. Vendramin (coordinators). 2001 Adaptation and selection of Mediterranean *Pinus* and *Cedrus* for sustainable afforestation of marginal lands. Final report of EU Project FAIR CT95-0097, 173 pp.

Bucci, G., M. Anzidei, A. Madaghiele, G.G. Vendramin. 1998. Detection of haplotypic variation and natural hybridization in halepensis-complex pine species using chloroplast simple sequence repeat (SSR) markers. Molecular Ecology 7(12):1633-1643.

Conkle, M.T., G. Schiller, C. Grunwald. 1988. Electrophoretic analysis of diversity and phylogeny of *Pinus brutia* and closely related taxa. Systematic Botany 13(3):411-424.

Kaundun, S.S., B. Fady, Ph. Lebreton. 1997. Genetic differences between *Pinus halepensis, Pinus brutia* and *Pinus eldarica* based on needle flavonoids. Biochemical Systematics and Ecology 25(6):553-562.

Ne'eman, G., L. Trabaud (eds.). 2000. Ecology, biogeography and management of *Pinus halepensis* and *P. brutia* forest ecosystems in the Mediterranean basin. Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands. 407 pp.

El mapa de distribución ha sido realizado por miembros de la Red de Coníferas de EUFORGEN, modificando el publicado por W.B.Critchfield & E.L.Little, Jr. en 1966 (Geographic Distibution of the Pines of the World, USDA Forest Service Misc. Publication, 991 pages).

Foresta

Ministerio de Ciencia e Innovación · INIA · Recursos Genéticos Forestales

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

Más información

www.euforgen.org

Pino carrasco

Pinus halepensis

España

Arantxa Prada
Banc de Llavors Forestals, Valencia, España

Presencia de la especie

El pino carrasco es, tras la encina, la segunda especie arbórea por superficie ocupada en España (1.770.000 ha). Se distribuye en las Islas Baleares y en las provincias del litoral mediterráneo, desde Gerona hasta Málaga, adentrándose hacia el interior por la cuenca del Ebro, La Mancha, La Alcarria y el Sistema Bético. Aunque no muestra preferencia por un determinado tipo de sustrato, es frecuente encontrarlo sobre suelos pobres, calizos o margosos, desde el nivel del mar hasta los 1.000 m, llegando puntualmente a los 1.600 m.

Amenazas

La principal amenaza a la que están sometidos los pinares de carrasco es el fuego, sobre todo por el aumento de su frecuencia debido a causas de origen antrópico. Su reiteración en un intervalo escaso de tiempo puede dar lugar a la desaparición de muchas poblaciones debido a la imposibilidad de una efectiva regeneración natural por falta de semillas.

El flujo genético procedente de las extensas repoblaciones efectuadas en el área de distribución natural de la especie con material de origen, calidad y variabilidad genética desconocidos también podría ser un factor de amenaza sobre los recursos genéticos de ciertas poblaciones locales de reducido tamaño y para su adaptabilidad.

Las plagas y enfermedades presentes de manera natural en los pinares de carrasco españoles no parecen amenazar ninguna población, si los grados de afección se mantienen en los niveles de fluctuación actuales.

Distribución en España del pino carrasco

Actividades de conservación

En la actualidad se están tomando medidas de carácter estático; la más extendida es la conservación de lotes de semillas recolectadas en poblaciones localizadas en comarcas con alta frecuencia de incendios o en regiones de procedencia con áreas reducidas.

De manera indirecta, dentro de las medidas estáticas *ex situ* se pueden integrar a los huertos semilleros y ensayos de procedencias y progenies establecidos en diferentes puntos del territorio español, aunque se debe tener en cuenta que estas plantaciones cuentan en general con bajo número de genotipos conservados por población.

No se han definido todavía unidades de conservación *in situ*, pero existen poblaciones bajo alguna figura de protección (4% de la superficie total de la especie), aunque sin planes específicos sobre el manejo de los recursos genéticos. Se debería promover el establecimiento de una red de unidades de conservación dinámica que cubra el espectro ecológico de la espe-

cie, con un alto grado de coordinación entre los responsables de su gestión.

De manera indirecta, la normativa sobre comercialización de materiales de reproducción (RD 289/2003) puede ser una herramienta para la conservación de los recursos genéticos cuando se efectúan reforestaciones, pues permite la trazabilidad del material hasta su uso final en las repoblaciones.

Uso del material forestal de reproducción

Se han establecido 18 regiones de procedencia incluyendo masas autóctonas, y una región de procedencia de origen no autóctono en repoblaciones de la meseta norte. El Catálogo Nacional de Materiales de Base cuenta con fuentes semilleras de todas las regiones de procedencia y por tanto abundantes materiales de la categoría identificada. El número de rodales aprobados para la producción de material seleccionado es bastante escaso. Se cuenta con dos huertos semilleros clonales con genotipos seleccionados (por la forma de fuste, crecimiento, estado sanitario). Debido a que las repoblaciones que se efectúan con esta especie tienen un objetivo principalmente protector, no se prevé a medio plazo la aprobación de material de base para la producción de material de categoría controlada.

Para repoblaciones con dicho carácter se recomienda el uso de la procedencia local, con material recogido a partir de semillas recolectadas de un elevado número de pies, como garantía de adaptabilidad y para promover la conservación de las poblaciones locales. Esta pauta debería ser especialmente considerada en procedencias de escasa superficie o con un alto grado de aislamiento, como pueden ser las insulares, el sur peninsular o algunas poblaciones de las procedencias continentales.

Flores femeninas en dos ciclos de crecimiento de un brote apical y flores masculinas en brote lateral

Publicaciones recomendadas

Gil, L., P. Díaz, M.P. Jiménez, M. Roldán, R. Alía, D. Agúndez, J. de Miguel, S. Martín y M. de Tuero. 1996. Las regiones de procedencia de *Pinus halepensis* Mill. en España. Organismo Autónomo Parques Nacionales, Madrid. 200 pp.

Alía, R., A. Gómez, M.D. Agúndez, M.A. Bueno y E. Notivol. 2001. Levels of genetic differentiation in *Pinus halepensis* Mill. in Spain using quantitative traits, isozymes, RAPDs and cp-microsatellites. In: Genetic Response of Forest Systems to Changing Environmental Conditions (Muller-Starck, G. and R. Schubert, eds). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands. 363 pp.

Gómez, A., G.G. Vendramin, S.C. González Martínez y R. Alía. 2005. Genetic diversity and differentiation of two Mediterranean pines (*Pinus halepensis* Mill. y *Pinus pinaster* Ait.) along a latitudinal cline using chloroplast microsatellite markers. Diversity and Distributions, 11: 257-263.

Mapa de distribución de *Pinus halepensis* Mill. en España. Elaborado por D. Sánchez de Ron (CIFOR-INIA) a partir del Tercer Inventario Forestal Nacional (1998-2007) y el Mapa Forestal de España escala 1:50000. Disponible en www.inia/GENFORED

Cita: Prada, A. 2008. Guía técnica para la conservación genética y utilización del pino carrasco (Pinus halepensis) *en España. Foresta. Madrid. España. 2 páginas.*

Esta publicación es un anexo a: Bruno Fady, Hacer Semerci y Giovanni G. Vendramin. 2008. EUFORGEN Guía técnica para la conservación genética y utilización del pino carrasco (Pinus halepensis) *y pino brutia* (Pinus brutia).
Traduccion: Prada, A. Foresta. Madrid. España.6 páginas.
ISSN 1575-2356

Foresta

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