

Pino albar o silvestre

Pinus sylvestris

Csaba Mátyás¹, Lennart Ackzell² y C.J.A. Samuel³

¹ Univ. de Hungría Occidental, Escuela Forestal, Sopron, Hungría.

² Comité Forestal Nacional, Jönköping, Suecia.

³ Investigación Forestal, Estación de Investigación Norte, Roslin, Midlothian, Reino Unido.

Esta guía técnica va destinada a aquellas personas implicadas en el manejo del valioso patrimonio genético del pino albar y de su herencia mediante la conservación de sus fuentes de semillas o su uso en la práctica forestal. El objeto de la misma es la conservación de la diversidad genética de la especie 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 la especie y en los métodos ampliamente aceptados para la conservación de recursos genéticos forestales.

Biología y ecología



El pino albar o silvestre (*Pinus sylvestris* L.) es una especie pionera que se regenera rápidamente después de perturbaciones naturales o de origen antrópico, siempre que la competencia de la vegetación herbácea y la presión del pastoreo sean bajas. Las poblaciones naturales de pino silvestre suelen ser monoespecíficas y relativamente coténeas. La especie crece predominantemente en suelos pobres, arenosos, con afloramientos rocosos, en turberas o cerca de

los límites de los bosques. En suelos fértiles, el pino silvestre es dominado por otras especies arbóreas, normalmente píceas o frondosas.

La especie es polinizada por el viento y presenta las flores masculinas y femeninas en un mismo pie (monoica). La floración es frecuente; la femenina empieza alrededor de los 15 años de edad en árboles aislados (en injertos, a los 6-8 años) o de los 25-30 años en rodales densos; la floración masculina copiosa tiene lugar algunos años después. Los años de fructificación abundante son relativamente frecuentes, pero en el límite del bosque boreal, la maduración de las semillas se ve muy condicionada por el corto período de crecimiento; en esta zona, una buena fructificación puede ocurrir tan solo una o dos veces en 100 años.

Pinus sylvestris Pino albar

Distribución

El pino silvestre tiene una amplia distribución a lo largo del continente euroasiático, extendiéndose desde los 37°00' N a los 70°20' N de latitud. En el límite del bosque boreal sobrevive con menos de 100 días libres de heladas al año y 300 mm de precipitación anual. Cerca de las llanuras esteparias de Asia Central, su presencia se ve limitada por la duración del periodo de sequía. En Europa meridional y Asia Menor existen poblaciones marginales que están confinadas a áreas de montaña (hasta 2.200 m de altitud en los Balcanes y en España, y hasta 2.700 m en el Cáucaso).

Importancia y uso

El pino silvestre es una especie comercialmente importante en Europa. Su madera es fácil de trabajar, con buenas propiedades mecánicas, y tiene muchos usos, principalmente como madera de construcción y de trituración.

Sus moderadas exigencias con respecto a la calidad de la estación hacen del pino silvestre una especie ideal para las repoblaciones. Por ello, su semilla se ha comercializado y utilizado en toda Europa durante siglos. En ocasiones, la plantación indiscriminada de individuos procedentes de

semillas de origen no controlado dio lugar a importantes pérdidas de calidad, promoviendo la investigación sobre sus procedencias mucho antes de que el conocimiento genético actual estuviera disponible.

Conocimientos genéticos

Rango taxonómico e hibridación

Los numerosos intentos de subdividir la gran superficie de distribución del pino silvestre en varias subespecies no han resultado convincentes, debido a la ausencia de disyunciones claras en un área de distribución más o menos continua. Algunas poblaciones meridionales aisladas, consideradas relictos glaciares, han sido descritas ocasionalmente como especies diferentes; son los casos de *Pinus hamata* (Stev.) Sosn., *P. armena* Koch y *P. sosnowskyi* Nakai en la región del Cáucaso.

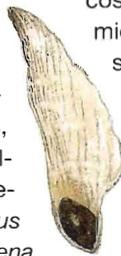
El pino silvestre no se hibrida fácilmente con otras especies de pinos en condiciones naturales. Se ha mencionado la existencia de cruzamientos espontáneos con *Pinus nigra*, *P. densiflora* y *P. mugo*. La especie muestra una fuerte incompatibilidad para cruzarse con otros táxones.

Variabilidad intraespecífica

El gran potencial migratorio del polen y las semillas da lugar a un flujo génico efectivo en poblaciones contiguas, ocasionando un patrón particular de variación clinal a nivel de especie, al menos para rasgos adaptativos. Ésta es la pauta típica que siguen los caracteres fenológicos y de crecimiento, que están determinados principalmente por las condiciones de temperatura en el periodo de crecimiento.

Las poblaciones septentrionales y continentales necesitan menos suma de grados por día para completar las fenofases y llegar al reposo vegetativo. Las procedencias meridionales y costeras tienen ciclos de crecimiento más largos y son más sensibles a las heladas intensas. El flujo génico intenso también mantiene niveles de diversidad altos en rasgos adaptativos y neutros dentro de las poblaciones.

La forma del tronco y de la copa y la ramificación muestran una gran variabilidad dentro del área de distribución. Sólo los orígenes del norte de Europa y Siberia y los procedentes de altitudes elevadas tienen el tronco recto, con una copa cónica ideal y ramas finas. Algunas poblaciones regionales (por ejemplo, poblaciones del sureste de la costa báltica) muestran superioridad en rasgos de crecimiento y una alta estabilidad fenotípica, mientras que en otras áreas, el crecimiento y la forma del tronco son en general pobres, sugiriendo



Pinus sylvestris Pino albar

do que las prácticas silvícolas realizadas en el pasado pudieron ser inadecuadas (por ejemplo, en Alemania o en los Cárpatos).

De acuerdo con el crecimiento y la forma del tronco, las propiedades mecánicas de la madera del pino silvestre muestran diferencias en función de su origen. Lo mismo ocurre con su composición química, como por ejemplo, el contenido de extractivos y de miera.

También se ha constatado la existencia de variación intraespecífica en caracteres de resistencia. La resistencia a hongos patógenos, como *Lophodermium* spp., es más elevada en las zonas más occidentales y costeras de la distribución, mientras que las poblaciones de los bosques de llanura del sureste son especialmente susceptibles.

Se ha comprobado la existencia de variación geográfica en la susceptibilidad a plagas de insectos; por ejemplo, las poblaciones de Europa central son susceptibles a *Hylobius abietis* y a *Dendrolimus pini*, pero más resistentes a *Rhyacionia buoliana* y a *Pissodes* spp.

Estudios bioquímicos y moleculares muestran con claridad que existe una elevada diversidad en el pino silvestre en toda Europa, con una mayor variación dentro de las poblaciones que entre poblaciones. En Escocia se han usado monoterpenos e isoenzimas para agrupar las poblaciones remanentes de

esta especie. Ambas aproximaciones identificaron una región situada en el extremo noroeste de la distribución de la especie con características particulares. Estas aproximaciones han sido reemplazadas por marcadores de ADN del genoma de cloroplasto mitocondrial y nuclear.

La variación en el ADN mitocondrial (heredado por vía materna en los pinos) indica que los tres grandes mitotipos presentes en las poblaciones españolas comprenden toda la variabilidad encontrada en el resto de Europa. Sin embargo, su particular distribución en Europa permite la separación nítida de las poblaciones italianas, de Europa central-occidental y fenoescandinavas en tres grupos. En los márgenes de su distribución natural, en las poblaciones aisladas de España meridional, solo está presente un mitotipo, mientras que en Escocia, aunque la mayor parte de los individuos analizados corresponden a la agrupación europea occidental-central, también está presente el mitotipo italiano. En términos generales, los estudios moleculares sugieren la existencia de tres rutas evolutivas para el pino silvestre en Europa y la existencia de un centro de origen de diversidad en España, dada la elevada variabilidad de sus poblaciones.



Amenazas sobre la diversidad genética

Las principales amenazas a la supervivencia de las poblaciones de pino silvestre afectan a los límites de su distribución, en particular en los extremos noroeste y suroeste (Escocia y sur de España). En estas zonas, la distribución de la especie es discontinua, siendo común la fragmentación en poblaciones aisladas. En circunstancias extremas, la presencia de la especie se reduce a relictos con menos de 100 árboles. La regeneración natural en el límite del bosque boreal es también problemática. En algunas áreas de su distribución los daños causados por el ramoneo han producido un cambio de especie. Se han puesto en práctica algunas medidas, como el cercado o la reducción de animales silvestres, con el objetivo de salvaguardar las poblaciones de pino silvestre, lograr una regeneración natural satisfactoria, incrementar el número de árboles y expandir las áreas afectadas. En ocasiones, se ha reconocido la necesidad de contar con huertos semilleros clonales para suministrar semillas de determinados orígenes específicos altamente vulnerables.

En muchas zonas del área central de la distribución europea, en donde se ha plantado pino silvestre a gran escala durante mucho tiempo, se puede haber producido la pérdida de poblaciones autócto-

Pinus sylvestris pino albar Pinus sylvestris pino albar Pinus sylvestris pino albar Pinus sylvestris pino albar



nas localmente adaptadas. Las plantaciones de pino silvestre establecidas en regiones fuera de su área natural (por ejemplo, en Alemania, Francia o Hungría) son, frecuentemente, de muy baja calidad. Las plantaciones de origen desconocido pueden constituir una amenaza por contaminación genética de las poblaciones naturales próximas. El presumible cambio climático prolongará las sequías en el sureste de Europa continental y en la región mediterránea; esto debe ser reconocido como una amenaza potencial, no sólo para las poblaciones de los límites meridionales del área de distribución, sino también para las poblaciones que viven en montañas elevadas. Es posible que esta situación provoque un desplazamiento hacia el norte del área potencial de la especie, donde podría ser cultivada con éxito.

Recomendaciones para la conservación y uso

Prioridades en la conservación

Debido a que el pino silvestre es una especie con una distribución muy amplia y que ocupa una gran variedad de hábitats, su conservación genética podría no considerarse prioritaria. Sin embargo, la necesidad de gestionar los recursos genéticos del pino silvestre está justificada por la reconocida diversidad genética existente entre poblaciones, por los efectos negativos de su cultivo secular y por los cambios ambientales esperados en los márgenes de su distribución.

La influencia antrópica en el pino silvestre es obvia, ya que es una de las especies arbóreas más importantes de las sometidas a gestión forestal en Europa. El inventario y registro de las poblaciones locales autóctonas es importante para la conservación genética. Estos registros podrían incluir varios datos identificativos, tarea en la que los marcadores moleculares son cada vez más útiles.

Los ensayos de procedencia a largo plazo han demostrado el valor y la importancia de las poblaciones localmente adaptadas. Esto es válido fundamentalmente para sitios de condiciones extremas (elevadas altitudes, ambientes costeros, condiciones boreales extremas, enclaves rocosos o semiáridos). Las poblaciones que sobreviven en este tipo de lugares muestran menos plasticidad cuando se

transfieren a otras condiciones, pero, en general, son superiores localmente. Se debe tener especial cuidado, por lo tanto, en la selección de poblaciones representativas para su conservación en esos ambientes. Las poblaciones autóctonas seleccionadas para la conservación genética pueden servir como poblaciones de referencia con las cuales comparar las masas establecidas por el hombre.

Como ocurre con las poblaciones de localizaciones extremas, las poblaciones aisladas podrían haber estado expuestas a presiones selectivas específicas o a deriva genética, pudiendo además ser portadoras de alelos raros. Se debe proteger ese tipo de poblaciones y tomar medidas para la recolección de materiales forestales de reproducción en estas localidades. Se debe utilizar el material local para la regeneración; el material procedente de poblaciones amenazadas tiene que establecerse en rodales de conservación *ex situ*. El cambio climático esperado afectará primero a las poblaciones en los límites meridionales de la distribución. Estas poblaciones son a menudo extraordinariamente vigorosas y tolerantes, y pueden ser valiosas para programas de mejora genética en el futuro. En este caso se deberían aplicar medidas de conservación *ex situ* para salvaguardar su supervivencia a largo plazo.

La extensa tradición de plantaciones de pino silvestre puede

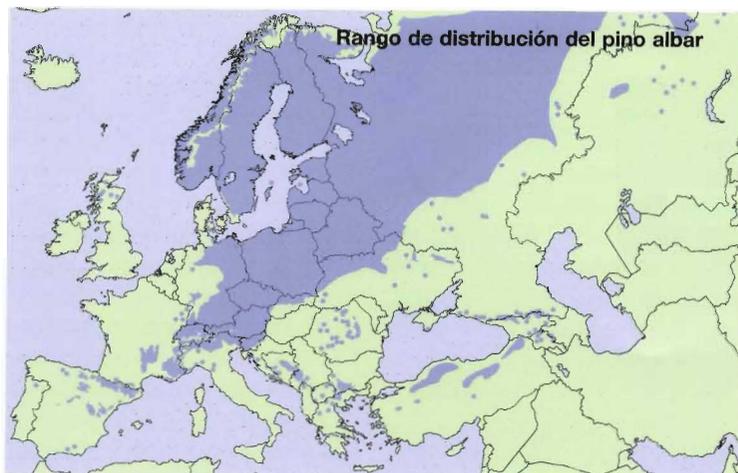
Pinus sylvestris pino albar

haber generado razas locales que podrían ser, también, objeto de los esfuerzos de conservación genética en esta especie. Estas poblaciones normalmente representan recursos genéticos diferentes, bastante plásticos, valiosos para la mejora y la reproducción en el futuro.

Establecimiento y gestión de unidades de conservación genética

En la selección de unidades de conservación genética a lo largo de una clina continua se debería emplear la información ecológica en vez de los marcadores neutrales. En ausencia de deriva genética y con distribución continua, es esperable encontrar poblaciones con adaptaciones diferentes en distancias en las que la temperatura media anual difiera en un mínimo de 1,0-1,5° C (aproximadamente 200 km en un paisaje llano).

El tamaño de la unidad de conservación genética de pino silvestre tendría que ser lo suficientemente grande como para compensar y amortiguar flujos génicos externos: se debería considerar 100 ha como mínimo. Habría que evitar la proximidad con plantaciones genéticamente degradadas o inadecuadas por otras razones o incluso eliminarlas. Una unidad de conservación tendría que estar constituida por múltiples rodales contiguos de diferentes edades, aunque de un mismo origen. En áreas con presencia dispersa, el tamaño inicial puede ser de 10 ha como



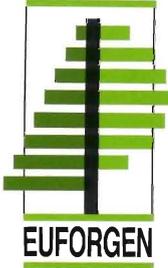
mínimo, pudiendo ser incrementado en los ciclos sucesivos de regeneración natural.

En muchos casos, el carácter pionero del pino silvestre requiere la intervención humana para prevenir la sucesión ecológica. En la medida de lo posible, se debería promover la regeneración natural, lo que es menos problemático en las localizaciones más secas y pobres. Se podría tolerar la regeneración mixta con otras especies por razones ecológicas. Las exigencias de luz de la especie no permiten el desarrollo de una estructura de bosque compleja, pero esto no es necesario, dado que las poblaciones coetáneas tienen la misma diversidad. Habría que realizar las cortas de regeneración de forma paulatina, permitiendo el reclutamiento de semillas durante muchos años. El pino silvestre es genéticamente bastante insensible al tipo de

corta de regeneración utilizado; sin embargo, si se pudiera minimizar el flujo de polen exterior (un objetivo que sólo se puede cumplir con un éxito parcial), sería preferible el sistema de aclareos sucesivos en comparación con otros regímenes de regeneración. Se debería considerar el cercado de la zona cuando la alta densidad de animales silvestres amenace los procesos naturales de regeneración.

En ciertos casos, puede ser necesario efectuar regeneración artificial (por ejemplo, en la conservación *ex situ*). Para muestrear los recursos genéticos adecuadamente se tendría que recolectar piñas de 50 ó más árboles bien distribuidos (preferiblemente, en un año de buena fructificación). La cantidad de semillas de cada árbol debe ser la misma para obtener una participación equilibrada en el lote. La mezcla de cosechas sucesi-

Pinus sylvestris



Estas guías técnicas han sido realizadas por los miembros de la red EUFORGEN de Coníferas. El objetivo de la red 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: Mátyás, C., L. Ackzell y C.J.A. Samuel. 2004. EUFORGEN Guía técnica para la conservación genética y utilización del pino albar (*Pinus sylvestris*). Foresta. Madrid. España. 6 páginas.

Primera publicación realizada por Bioversity International en inglés en 2004.

Dibujos: *Pinus sylvestris*, Claudio Giordano. © IPGRI, 2003.

ISBN 1575-2356

Foresta



MINIA
Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria



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

vas de semillas es beneficiosa y no es necesario aplicar ningún tipo de clasificación o selección.

Es preferible la siembra directa a la plantación. Si es posible, la plantación debe efectuarse con una densidad más elevada que la habitual para permitir una mayor selección natural.

Las claras, de baja intensidad, y la gestión deberían mantener una estructura de población relativamente densa. Habría que limitar la eliminación selectiva de árboles a los individuos malformados; por lo demás, se debería permitir una amplia variación de fenotipos.

En resumen, las prioridades para la conservación genética serán específicas, variables regionalmente. La conservación

de recursos genéticos del pino silvestre se debe contemplar considerando las prácticas de gestión forestal locales (en especial, el control de las fuentes de semilla para la regeneración artificial), la extensión de las áreas protegidas o no gestionadas y la presencia, densidad o fragmentación de la especie en el paisaje, junto con las amenazas y los riesgos existentes. La urgencia en la puesta en marcha de unidades de conservación genética será mucho mayor en un área con restos de poblaciones locales rodeadas por plantaciones de origen desconocido que en una región donde se practique una selvicultura sostenible basada en la regeneración natural y en las fuentes de semilla locales.

Publicaciones recomendadas

Giertych, M. y Cs. Matyas, eds. 1991. Genetics of Scots pine. Developments of Plant Genetics and Breeding, Vol. 3. Elsevier, Amsterdam.

Sarvas, R. 1962. Investigations on the flowering and seed crop of *Pinus sylvestris*. Comm. Inst. For. Fenniae 33.4, Helsinki

Scots pine breeding and genetics. 1994. Proc. IUFRO Symp. Lithuania, Lithuanian Forest Research Institute, Kaunas/Girionis.

Silviculture and Biodiversity of Scots pine forests in Europe. 2000. Proc. EU Concerted Action meeting, Valsain, Spain, June 1999. Investigación Agraria, Sistemas y Recursos Forestales, Fuera de Serie Nº. 1, Madrid.

Más información

www.euforgen.org

Pino albar o silvestre

Pinus sylvestris

España

Santiago C. González Martínez¹, Arantxa Prada²
 1. Centro de Investigación Forestal, Madrid, España.
 2. Banc de Llavors Forestals, Valencia, España

Presencia de la especie

Pinus sylvestris encuentra en España su límite de distribución occidental y meridional, localizándose en los Pirineos, la cordillera Costero-Catalana, el sistema Ibérico y el sistema Central; también en los núcleos marginales de Lillo y Velilla del Río Carrión en las estribaciones meridionales de la cornisa Cantábrica, en los arenales segovianos (Coca y Cuéllar) y en las poblaciones granadinas de El Trevenque y Prados del Rey (sierra de Baza). La superficie ocupada por sus pinares autóctonos es de 760.000 ha, a la que hay que sumar 339.000 ha en las que se encuentra en mezcla con otras especies. Dado el alto valor comercial y ecológico de la especie, se han efectuado extensas repoblaciones en un

total de 717.000 ha.

Presenta una enorme amplitud ecológica, prefiriendo climas continentales húmedos, con inviernos y primaveras lluviosos y sequía estival corta. Se manifiesta tanto en sustratos silíceos como calizos, pero alcanza los mejores portes en suelos arenosos, ácidos y humíferos. Los pinares de mayor extensión se encuentran en los Pirineos, a 1.000-1.700 m de altitud, donde también forma parte de hayedos, abetales y pinares de *Pinus uncinata*. En cotas más bajas puede sustituir, dominar o mezclarse con *Quercus faginea*, *Q. humilis* y *Pinus nigra*. Sus pinares mediterráneos se localizan entre 1.400-2.100 m de altitud, mezclándose en zonas culminales con enebros o sabinas rastreros

y en cotas inferiores con *Quercus pyrenaica*, *Q. ilex*, *Pinus nigra*, *P. pinaster* y, ocasionalmente, con *P. halepensis*. En ambientes mediterráneos con influencia oceánica también aparece junto a *Fagus sylvatica*.

Amenazas

Las poblaciones mediterráneas culminales y las marginales pueden extinguirse por un aumento de la aridez. El flujo génico procedente de repoblaciones de origen desconocido puede hacer desaparecer variantes alélicas particulares y adaptaciones locales en poblaciones pequeñas, como ocurre en El Trevenque, con una tasa de introgresión muy elevada. El pequeño tamaño poblacional también supone un riesgo por aumento de la endogamia, como sucede en la población marginal de Cuéllar.

Las plagas y las enfermedades no resultan una amenaza grave si los grados de afección se mantienen en los niveles actuales. Sin embargo, se observa un aumento de la afección por muérdago que requiere medidas silvícolas, y también un decaimiento en poblaciones mediterráneas naturales y en repoblaciones asociado a varias causas (cambios en el régimen de precipitaciones, contaminación, aumento de la aridez, tratamientos silvícolas inadecuados o uso de orígenes no adaptados).



Actividades de conservación

Las poblaciones ibéricas presentan muchos de los mitotipos encontrados en Europa. Además, se han encontrado mitotipos específicos, en particular en el sur peninsular. También se ha estimado una alta diversidad genética neutral con otros marcadores. Se debe conservar esta alta variación, resultado de la historia evolutiva y del relativo aislamiento genético de las poblaciones españolas. Se ha encontrado también una diversidad genética muy elevada en caracteres adaptativos. Los ensayos muestran que la procedencia local suele ser la mejor adaptada.

Se recomienda establecer unidades *in situ* que cubran el rango de distribución ecológica y geográfica de la especie, ya que solo un 4,5 % de sus bosques se incluye en espacios protegidos. Estas unidades deben delimitarse en montes con regeneración

natural, aisladas de repoblaciones de origen no local. Deben conservarse las poblaciones de las zonas más áridas, cuyos recursos serían de utilidad ante el cambio climático.

La recolección y renovación constante de semillas es una garantía del mantenimiento *ex situ* de las procedencias más usadas en forestaciones. Se conservan a largo plazo semillas de las poblaciones marginales. Se están instalando bancos clonales *ex situ* de poblaciones marginales amenazadas por introgresión genética. Existen plantaciones de evaluación genética y de producción que pueden considerarse también unidades *ex situ*, aunque el número de genotipos representados es muy reducido.

En forestaciones no productivas dentro del área natural de la especie se recomienda el uso de materiales con alta variación genética de la procedencia local.

Uso del material forestal de reproducción

Se han definido 19 regiones de procedencia, cinco de ellas muy reducidas, que incluyen los pinares relictos. La existencia de un gran número de fuentes semilleras permite el uso de materiales de la categoría identificada, incluso de las procedencias de pequeña extensión. Se ha dado de alta a varios rodales con buenas características fenotípicas para la producción de semillas de la categoría seleccionada. Se dispone de semillas de la categoría cualificada de dos huertos semilleros instalados con genotipos del Pirineo oscense y de la sierra de Guadarrama.

Cita: Santiago C. González Martínez y Arantxa Prada 2010. Guía técnica para la conservación genética y utilización del pino albar (Pinus sylvestris) en España. Foresta. Madrid. España. 2 páginas.

Esta publicación es un anexo a: Mátyás, C., L. Ackzell y C.J.A. Samuel. 2004. EUFORGEN Guía técnica para la conservación genética y utilización del pino albar (Pinus sylvestris). Foresta. Madrid. España. 6 páginas. ISSN 1575-2356



Foresta
Avda. Menéndez Pelayo 75, bajo izqda.
28007 Madrid. España.
Tfno.: 34 91 5013579
www.forestales.net

Publicaciones recomendadas

- Alía, E., Moro-Serrano, J., Notivol, E. 2001. Genetic variability of Scots pine (*Pinus sylvestris*) provenances in Spain: Growth traits and survival. *Silva Fennica* 35: 27-38.
- Catalán, G. (ed.). 1991. Las regiones de procedencia de *Pinus sylvestris* L. y *Pinus nigra* subsp. *salzmannii* (Dunal) Franco en España. ICONA, Madrid.
- Robledo-Arnuncio J.J., Alía R., Gil L. 2004a. Increased selfing and correlated paternity in a small population of a predominantly outcrossing conifer, *Pinus sylvestris*. *Molecular Ecology* 13: 2567-2577.
- Robledo-Arnuncio J.J., Navascués M., González-Martínez S.C., Gil L. 2009. Estimating gametic introgression rates in a risk assessment context: a case study with Scots pine relicts. *Heredity* 103: 385-393.
- Sinclair W.T., Morman J.D., Ennos R.A. 1999. The postglacial history of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in Western Europe: evidence from mitochondrial DNA variation. *Molecular Ecology* 8: 83-88.