

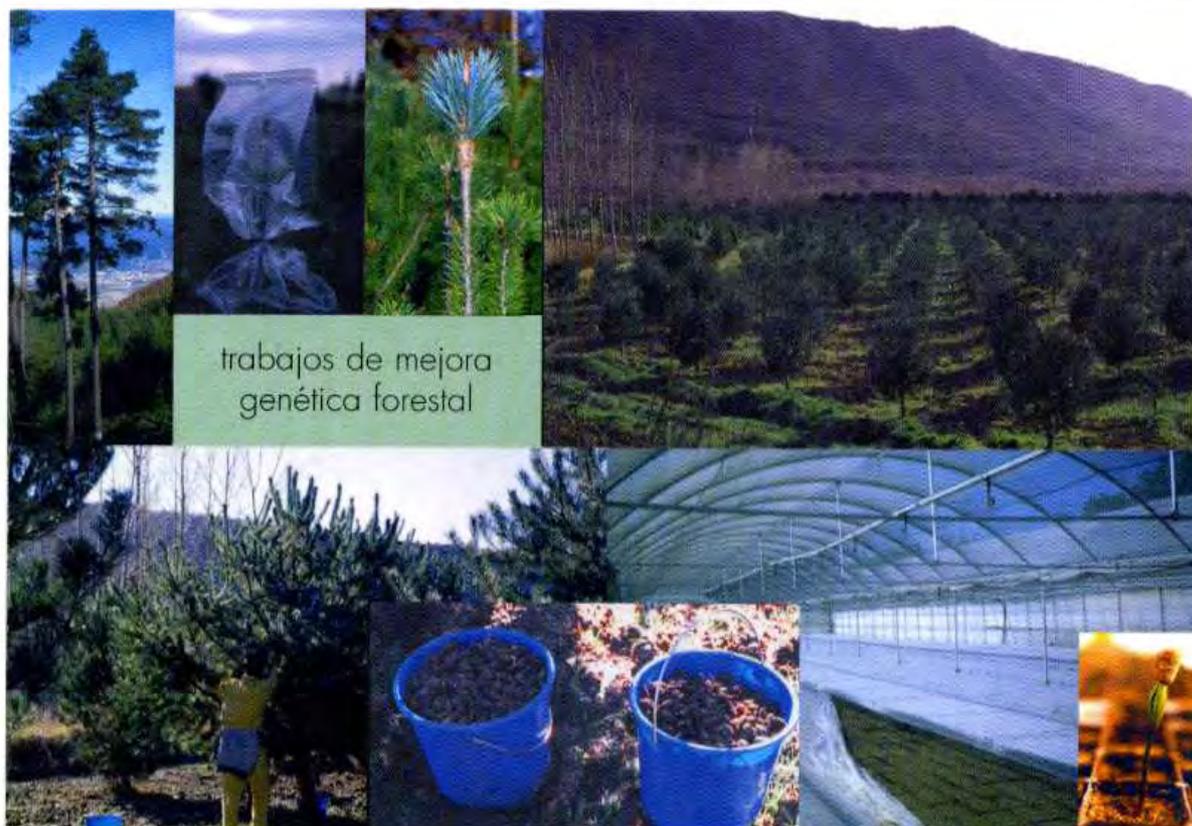
Mejora genética y masas productoras de semilla de los pinares españoles

Coordinadores

R. Alía, R. Galera y S. Martín

Autores

R. Alía, R. Galera, S. Martín,
D. Agúndez, J. de Miguel y S. Iglesias



MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN Y TECNOLOGÍA
AGRARIA Y ALIMENTARIA (INIA)

MONOGRAFÍAS INIA: FORESTAL N.1



**MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACION
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACION Y TECNOLOGIA AGRARIA Y
ALIMENTARIA**

**MEJORA GENÉTICA Y MASAS PRODUCTORAS DE
SEMILLA DE LOS PINARES ESPAÑOLES**

Coordinación y Edición:

**R. ALÍA
R. GALERA**

Área de Selvicultura y Mejora CIFOR-INIA
Carretera de la Coruña, km 7
28040 - Madrid

S. MARTÍN

Servicio de Material Genético, DGCONA
Avda. de San Francisco, 4
28005 - Madrid

*Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria
José Abascal, 56. Tfno. 91.347 39 16 Fax. 91.442 35 87
E-mail: publinia@inia.es. 28003 - Madrid (España)*

MADRID - 1999

Edita: Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria
Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación

ISSN: 1575-6106

ISBN: 84-7498-471-8

NIPO: 252-99-003-9

Depósito Legal: M-34089-1999

Diseño: INIA

Imprime: INIA. José Abascal, 56. 28003-MADRID

MEJORA GENÉTICA Y MASAS PRODUCTORAS DE SEMILLA DE LOS PINARES ESPAÑOLES

AUTORES

R. ALÍA
R. GALERA
D. AGÚNDEZ
J. DE MIGUEL
Área de Selvicultura y Mejora
CIFOR-INIA
Carretera de la Coruña, km 7
20040 - Madrid

S. MARTÍN
S. IGLESIAS
Servicio de Material Genético,
DGCONA
Avda. de San Francisco, 4
28005 - Madrid

COLABORADORES

J. L. NICOLÁS
M. DE TUERO
Servicio de Material Genético,
DGCONA
Avda. de San Francisco, 4
28005 - Madrid

G. CATALÁN
Área de Selvicultura y Mejora
CIFOR-INIA
Carretera de la Coruña, km 7
20040 - Madrid

J. GORDO
A. MUTKE
Servicio Territorial de M.A. y O.T.
de Valladolid
Junta de Castilla y León
Anexo I

A. PRADA
Unidad de Anatomía, Fisiología y
Genética Forestal. ETSI Montes
Ciudad Universitaria, s/n.
28040 - Madrid
Anexo I

ÍNDICE

Pág.

INTRODUCCIÓN	9
I. BASE DE LAS ACTUACIONES	
CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES Y OBJETIVOS	13
La mejora genética de las especies forestales	13
La mejora genética de los pinos en España	17
Objetivos del trabajo	18
CAPÍTULO 2: MARCO LEGISLATIVO DE LAS ACTUACIONES	21
Introducción	21
Sistemas de comercialización del material forestal de reproducción	22
Características del material forestal de reproducción	24
Material forestal de reproducción identificado	24
Material forestal de reproducción seleccionado	26
Material forestal de reproducción controlado	27
Nuevos tipos de material forestal de reproducción y de material de base	28
CAPÍTULO 3: LAS ESPECIES	31
Importancia de los pinares	31
El uso de los pinos en repoblaciones	32
Principales características de los pinares para su mejora genética	35
Zonas de mejora	37
CAPÍTULO 4: CONSUMO Y NECESIDADES DE SEMILLA	41
El consumo de semilla de <i>Pinus</i> en España	41
Necesidades de semilla	43
Planificación de la recolección anual	45
CAPÍTULO 5: PRODUCCIÓN DE SEMILLA. SISTEMAS Y CARACTERÍSTICAS	47
Introducción	47
Características de los distintos sistemas de producir semilla	50
Fuentes semilleras: Áreas de recolección de semilla de origen identificado ..	50
Masas y rodales selectos	52
Rodaes semilleros	56
Huertos semilleros	57
Otros sistemas de producción de material forestal de reproducción	58
Tratamientos selvícolas en masas productoras de semillas	59
CAPÍTULO 6: MÉTODOS DE MEJORA GENÉTICA	65
Introducción	65

II: RESUMEN DE ACTIVIDADES POR ESPECIE

CAPÍTULO 11: EL PINO ALBAR (<i>PINUS SYLVESTRIS</i> L.)	127
Introducción	127
Consumo y necesidades de semilla	130
Producción de semilla	130
Estimación de la superficie necesaria de áreas productoras de semilla	133
Regiones de procedencia	134
Actuaciones de mejora	136
Material de base para la producción de material de reproducción identificado ..	143
Material de base para la producción de material de reproducción seleccionado.	
Criterios y caracteres de selección	144
CAPÍTULO 12: SALGAREÑO (<i>PINUS NIGRA</i> ARN.)	147
Introducción	147
Consumo y necesidades de semilla	148
Producción de semilla	149
Estimación de la superficie necesaria de áreas productoras de semilla	151
Regiones de procedencia	152
Actuaciones de mejora	153
Material de base para la producción de material de reproducción identificado ..	159
Material de base para la producción de material de reproducción seleccionado.	
Criterios y caracteres de selección	160
CAPÍTULO 13: EL PINO NEGRAL (<i>PINUS PINASTER</i> AITON)	165
Introducción	165
Consumo y necesidades de semilla	167
Producción de semilla	167
Estimación de la superficie necesaria de áreas productoras de semilla	169
Regiones de procedencia	170
Actuaciones de mejora	172
Material de base para la producción de material de reproducción identificado ...	181
Material de base para la producción de material de reproducción seleccionado.	
Criterios y caracteres de selección	182
CAPÍTULO 14: EL PINO CARRASCO (<i>PINUS HALEPENSIS</i> MILL.)	187
Introducción	187
Consumo y necesidades de semilla	188
Producción de semilla	189
Estimación de superficie necesaria de áreas productoras de semilla	191
Regiones de procedencia	192
Actuaciones de mejora	194

	Pág.
Material de base para la producción de material de reproducción identificado ..	203
Material de base para la producción de material de reproducción seleccionado.	
Criterios y caracteres de selección	203
CONCLUSIONES	207
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	209
ANEXO I: EL PINO PIÑONERO (<i>PINUS PINEA</i> L.)	223
Introducción	223
Consumo y necesidades de semilla	225
Producción de semilla	226
Estimación de superficie necesaria de áreas productoras de semilla	228
Regiones de procedencia	228
Actuaciones de mejora	229
Material de base para la producción de material de reproducción identificado ..	237
Material de base para la producción de material de reproducción seleccionado.	
Criterios y caracteres de selección	237

INTRODUCCIÓN

El Servicio de Material Genético de la Dirección General de Conservación de la Naturaleza (DGCONA)¹ y el Área de Selvicultura y Mejora del Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA) iniciaron en 1989 una colaboración² para abordar distintas cuestiones derivadas de la armonización entre las legislaciones Española y Comunitaria sobre comercialización de material forestal de reproducción. Estos proyectos se encuadran dentro de la mejora genética de las especies forestales y del estudio de su variación genética. Su finalidad es la de lograr una mayor calidad y producción de las repoblaciones, con la máxima diversidad para evitar problemas causados por una mala respuesta ante los factores climáticos, o la aparición de enfermedades y plagas derivadas de una baja adaptación.

Las actividades contempladas en estos proyectos consistían en delimitar las regiones de procedencia, estudiar la variación genética de las poblaciones naturales, seleccionar materiales de base, implementar el Catálogo Nacional de Materiales de Base y por último hacer recomendaciones sobre el uso de estos materiales. Se consideró necesario establecer los criterios de selección fenotípica de las masas productoras de semilla, así como caracterizar las masas seleccionadas. De esta manera se facilita la información para utilizar el material de reproducción de forma adecuada.

La metodología de trabajo está bastante definida en la mejora de especies de crecimiento rápido (los ejemplos más claros en España se refieren a *Eucalyptus* spp., *Pinus radiata* y *Populus* spp.). En ellas la ganancia genética que se obtiene por unidad de tiempo justifica la realización de programas de mejora intensivos, debido a la relativamente pequeña duración del turno de corta. Sin embargo, cuando nos referimos a especies típicamente mediterráneas no se conocen las mejores estrategias de actuación, puesto que se trata de especies de usos múltiples, elevados turnos de corta, gran variabilidad ambiental y tratamientos selvícolas no intensivos.

El presente trabajo está referido dentro de este segundo grupo de especies mediterráneas al pino albar, salgareño, negral y carrasco³. Los pinos ibéricos constituyen los elementos básicos que han hecho posible la reconstrucción de gran parte de la cubierta forestal en España. Su importancia impulsó la definición de programas de mejora, de tal forma que a lo largo de los últimos años han llevado a reflexionar sobre el uso de las especies y la gestión de sus bosques.

¹ Antiguo ICONA.

² A través de los proyectos nº. 8600 (1989-1992) y CC93-195 (1993-1996) sobre mejora genética de coníferas.

³ Se ha incluido en un capítulo final diferenciado del resto de las especies a *Pinus pinea*, por la importancia de este pino mediterráneo, comparable en superficie a los otros considerados. Las referencias a la producción de piñón se realizan principalmente en el capítulo dedicado a esta especie.

Tal como señalan Zobel y Talbert (1984) un programa de mejora genética aplicada consiste en los siguientes pasos:

- Determinar la especie, o procedencia dentro de una especie, que puede usarse en un área determinada.
- Determinar la cantidad, clase y causas de variabilidad dentro de la especie.
- Reunir las cualidades deseadas en individuos mejorados.
- Producir masivamente individuos mejorados para usarlos en repoblaciones.
- Desarrollar y mantener una base genética suficientemente amplia para responder a las necesidades que se planteen en generaciones avanzadas.

Estos puntos reflejan las orientaciones seguidas para el trabajo de mejora realizado.

El presente trabajo se ha estructurado en dos partes diferenciadas. En la primera se analizan los aspectos teóricos en los que se han basado las actuaciones, así como una descripción de todas ellas. La segunda parte se centra en los trabajos realizados, por especie, durante los últimos años. Todo lo cual, pensamos, puede ser de utilidad para los interesados en la silvicultura y la producción de semilla mediante actuaciones de mejora a un coste económico bajo. Los datos ofrecidos van en el sentido de discutir estos aspectos y divulgar las actuaciones efectuadas, por lo que se hace especial referencia a las publicaciones consecuencia de los trabajos emprendidos, así como las españolas que se consideran más relevantes.

El material de reproducción es el resultado de la mejora genética que se pone a disposición de los usuarios, en este caso los repobladores. Las características de este material dependen de los recursos que se quieran destinar a su obtención. Pero existen otros factores intrínsecos a las especies forestales, como son sus propias características genéticas y de uso que marcan los límites dentro de los cuales se pueden llevar a cabo la mejora genética. La producción de semilla es un objetivo básico de los trabajos de mejora. Por tanto, se han de conocer los métodos disponibles para su obtención y los tratamientos selvícolas recomendados en las masas. Todo lo cual conduce al diseño de una estrategia de mejora semi-intensiva que consideramos es adecuada a los fines propuestos.

Las regiones de procedencia, dentro de un esquema de gestión forestal, constituyen la base de mejora de las especies, al permitir la división de la especie en subpoblaciones que se pueden caracterizar según las necesidades de actuación. Tanto el uso como el manejo de estas poblaciones dependen de las pautas de variación de las especies consideradas.

La recomendación de uso del material de reproducción tiene como objetivo ayudar al técnico a elegir un material que garantice la persistencia y producción de las masas establecidas. Esta recomendación se basa en las características genéticas del material de reproducción y sus condiciones ecológicas (principalmente climáticas) para establecer la idoneidad con el lugar de instalación.

Los materiales de base a partir de los cuales se obtiene la semilla (o material de reproducción) han de quedar recogidos en Catálogos, con una información que permita controlar en todo momento las características del material que se comercializa en España.

Por último, la conservación de recursos genéticos es un aspecto relativamente nuevo en las especies forestales, y más aún en los pinos mediterráneos, que no debe olvidarse al analizar la repercusión de un programa de mejora.

El resumen de las actividades recoge las regiones de procedencia, las recomendaciones de uso del material de reproducción, y la descripción de los catálogos de cada una de las especies; así como el estado actual de los trabajos iniciados y las perspectivas de futuro.

Este trabajo debe su existencia a la labor emprendida por los Profesores Dr. J. A. Pardo Carrión y Dr. Luis A. Gil Sánchez desde la Unidad Docente de Anatomía, Fisiología y Genética de la ETSIM. Muchas de las actuaciones que aquí se presentan se deben a sus planteamientos iniciales, a muchos de sus trabajos posteriores y a las sugerencias que en todo momento han realizado, como puede apreciarse de la lectura de este trabajo.

En su realización han participado un elevado número de personas. Conviene recordar, por tanto, a todos ellos: Pascual Gil Muñoz, José Benito Rodríguez Carballo, Ricardo Álvarez Villar, Lourdes González Navalón, Fernando González Casado, Francisco Miguel Errazti Esnal, Yolanda López, Álvaro Sánchez de la Orden y Enrique Sastre Callejo. En especial reconocer el impulso y apoyo ofrecido por Rafael Diez Barra, que inició y ha colaborado en gran parte de estos trabajos. También es necesario agradecer la colaboración de numerosos Técnicos Forestales pertenecientes a las distintas CCAA que han ayudado a la realización de estos trabajos, entre otros a Javier Donés Pastor del *Centro de Montes de Valsain* de la DGCONA, Alvaro Picardo y Mariano Torre del Servicio de Medio Ambiente y O.T. de la Junta de Castilla y León.

Por último agradecer los comentarios realizados a las sucesivas versiones de este trabajo de Carlos García Güemes, Eduardo Notivol Paño y Rosario Sierra de Grado. Por último, a Luis A. Gil Sánchez por la revisión del manuscrito.

Emilia Redondo ha realizado un magnífico trabajo de composición.

I. BASE DE LAS ACTUACIONES

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

La mejora genética de las especies forestales

Se acepta unánimemente que los principios rectores de la gestión e investigación forestal del futuro son la función múltiple de los bosques, su conservación y desarrollo sostenible (Resoluciones de Estrasburgo, 1990; Río-Agenda 21, 1992; Helsinki, 1993). La política forestal nacional y Comunitaria debe responder a varios aspectos como son la conservación y protección del patrimonio forestal, la adaptación de la gestión y explotación forestal a los principios de desarrollo sostenible para garantizar la función múltiple de los bosques y la garantía de los intereses económicos (B.O. del Parlamento Europeo, 1997). Dentro de este marco es donde la genética forestal, y la mejora genética en particular, tienen su campo de actuación.

La mejora genética proporciona la base teórica para lograr unos árboles, y por tanto unos bosques, *mejores*. Estos árboles mejores lo son en un sentido amplio bajo una concepción antrópica que admite una gestión del espacio forestal. Así, nos interesan bosques productivos, genéticamente diversos, adaptados y adaptables, estables en el tiempo, etc. Para lograr unos bosques que respondan mejor a las necesidades sociales hemos de tener en cuenta, entre otros factores, las características de sus individuos y de las semillas, plantas o partes de plantas a partir de las cuales se establecen y cómo la actividad antrópica en el pasado y en el presente altera y modifica su estructura genética.

La obtención del material de reproducción es uno de los fines de un programa de mejora, en general su resultado práctico más importante. Al decidir los requisitos que deben cumplir los materiales de reproducción inmediatamente se piensa en su calidad fisiológica y genética. La primera de ellas es fácil de evaluar, y los errores en su estimación se observan rápidamente. Se traducen en una escasa o nula germinación (en el caso de las semillas) o baja supervivencia (caso de las plantas o partes de plantas). La segunda, sin embargo, es más difícil de estimar y requiere un plazo más largo para ver su influencia, puesto que se puede manifestar a través de muy diversos caracteres, como una escasa producción de la masa instalada, la existencia de plagas o enfermedades, etc. Se deben producir materiales de reproducción con diferentes requisitos (más o menos severos) dependiendo del destino de uso. Así, unos genotipos con un alto nivel de selección van encaminados a ambientes determinados, donde los tratamientos selvícolas permiten aprovechar su mayor potencialidad. Sin embargo, en condiciones muy por debajo de su óptimo no justifican una inversión elevada en su obtención, a no ser en términos de adaptación y de persistencia de las masas forestales. Es decir, la mejora se orienta a la obtención de individuos que puedan sobrevivir en condiciones de una mayor sequía, con altos contenidos en elementos contaminantes, que fijen terrenos degradados, etc.

La mejora genética ofrece respuestas determinadas cuando se desea obtener poblaciones productoras de madera, fruto, resina o cualquier otro tipo de aprovechamiento. En otras poblaciones los objetivos suelen ser múltiples y de evaluación difícil. La mejora genética forestal, en estos casos, no ofrece soluciones contrastadas, pero no por eso hemos de ignorar un aspecto tan importante en el manejo de nuestros bosques. Así, cada vez es de mayor importancia el mantenimiento de un alto nivel de variabilidad genética en las masas forestales. Este hecho implica el conocimiento de aspectos genéticos y reproductivos de las especies a las que nos referimos.

Los objetivos de la mejora dependen también de las propias características de las masas a las que se dirige, en el sentido que en las masas de regeneración natural su campo de actuación es bastante reducido: se limita a ciertas consideraciones cuando se efectúan tratamientos selvícolas (claras, clareos, tratamientos preparatorios de la regeneración), en los que la selección y el número de individuos que se dejan tienen importancia en la generación siguiente. En estas masas también se seleccionan masas y rodales productores de semilla y se efectúan labores de conservación "*in situ*" de recursos genéticos forestales. Pueden, bajo ciertas condiciones, realizarse plantaciones para ayudar a la regeneración natural, pero usualmente con procedencias locales. Es, sin embargo, en las nuevas plantaciones en las que juega un papel importante la regeneración artificial donde la mejora genética ofrece mayores alternativas entre las que elegir. Para tomar una decisión correcta es necesario que el técnico comprenda correctamente las características de cada uno de los materiales de reproducción que están a su disposición.

La mejora genética forestal parte de la selección de individuos con unas características deseables y que pueden ser transmitidas a su descendencia. La ganancia genética que se obtiene por la selección y propagación mediante semilla de éstos individuos para cada uno de los caracteres deseables, permite evaluar la eficacia de las actividades de mejora. Esta ganancia se calcula a partir de determinados parámetros relacionados con el control genético del carácter y con la selección que se aplica. Para el caso de un único carácter, puede expresarse mediante dos ecuaciones, que permiten aclarar la relación entre los resultados esperados de la mejora genética, y los factores que intervienen en dicha mejora.

$$\Delta G = S * h^2 \quad (F 1)$$

$$\Delta G = i * \sigma_p * h^2 \quad (F 2)$$

ΔG : ganancia genética

S : diferencial de selección (diferencia entre el valor de la población y la media de los árboles seleccionados)

h^2 : heredabilidad del carácter

i : intensidad de selección, (desviaciones típicas en que excede la media de los individuos seleccionados a la media de la población base. $i=S/\sigma_p$)

σ_p : Varianza fenotípica de los caracteres, es decir la varianza de los caracteres directamente observados por el mejorador.

La ganancia genética (F 1) que esperamos obtener depende del grado de control genético del carácter (medido a través de la heredabilidad del carácter, o cociente entre la varianza genética aditiva y la varianza fenotípica). Este control genético depende tanto del carácter como de la población en la que se trabaje, y bajo condiciones normales no puede ser alterado por el mejorador. Únicamente, el selvicultor, mediante técnicas apropiadas de preparación del terreno o eliminación de la competencia entre otras, puede disminuir la variabilidad ambiental debida a la heterogeneidad de las estaciones forestales no alteradas. El otro factor esencial es el diferencial de selección que estemos aplicando, que mide la superioridad fenotípica de los árboles seleccionados respecto a la media de la población de la cual proceden. Para incrementar el diferencial de selección es necesario seleccionar un número reducido de árboles para el siguiente ciclo de mejora. Por tanto, si no se quiere reducir en exceso la variabilidad genética (como es usual en las especies forestales naturales), esto sólo se consigue con un elevado número de árboles ensayados, lo que encarece enormemente las labores de testado de material.

También puede observarse que la ganancia genética (F 2) que obtengamos a través de selección depende de la magnitud de la varianza fenotípica de los caracteres, sobre la cual puede aplicarse la selección. En este sentido, por tanto, en poblaciones muy homogéneas la capacidad de realizar ganancias significativas se reduce.

Los programas de mejora forestal cuentan con numerosos ejemplos a nivel mundial, cuyos objetivos e intensidad en las actuaciones son muy diversos y de los cuales podemos referirnos a ejemplos cercanos, tanto en el espacio como por la especie considerada. En *Pinus sylvestris*, los programas más avanzados se encuentran en los países nórdicos. Así por ejemplo, en Suecia (Wilhelmsson y Andersson, 1993; Danel, 1993) los trabajos comenzaron hace más de 60 años. Se dispone de una exhaustiva información sobre la variación genética de esta especie asociada a su distribución geográfica. El programa que se lleva a cabo incluye 24 poblaciones, cada una con al menos 50 árboles padre por generación, siguiendo una estrategia combinada que incluye opciones para ensayos de progenies y/o selección fenotípica. El ciclo de mejora es reducido para la especie considerada (entre 20-30 años). Estas poblaciones están adaptadas a una combinación de latitud (fotoperiodo) y clima (duración del periodo de crecimiento). Los principales objetivos de mejora son la adaptación, la producción y la calidad del fuste y madera, cuya importancia depende de la población considerada. La ganancia obtenida difiere según los caracteres, así para la altura varía entre un 4 y un 12%, y para el diámetro entre un 3-10%.

En Alemania, la mejora de *Pinus sylvestris* es menos intensa, basándose principalmente en el manejo de rodales selectos, y el establecimiento de huertos semilleros de las mejores procedencias. No existe un programa de mejora a largo plazo para la especie.

En *Pinus nigra*, en Francia se lleva a cabo un programa de mejora genética basado en dos regiones de procedencia, una de ellas de Córcega (Guibert, 1997). Los trabajos realizados incluyen la elección de procedencias, la selección de masas y rodales, selección de árboles madre y la selección en huertos semilleros de familias. El criterio de selección en este último caso es la altura, evaluada por la altura total a los 7 años. La superioridad de las varie-



Pino salgareño en El Solsonés (Lleida), región de procedencia Prepirineo Catalán, donde tanto la producción como la conservación son aspectos igualmente importantes en su gestión forestal



Pino negral en Siles (Jaén), región de procedencia Sierra de Segura-Alcaraz. Masas de gran extensión que han demostrado una alta tolerancia a la sequía, unido a un crecimiento más lento al comparar con procedencias de otras áreas.

dades mejoradas respecto a las procedencias se encuentra entre el 11 al 24% para la altura a los siete años.

En *Pinus pinaster* se iniciaron los trabajos de selección de procedencias ya en 1928 (Duff, 1928). En Francia, se cuenta con el programa más avanzado de esta especie. El programa del INRA para el Macizo de Aquitania (Baradat y Pastuszka, 1992) está enfocado a la mejora de cerca de 1.000.000 ha, con una superficie de repoblación anual de 12.000 ha. Se ha calculado una ganancia (del volumen) del 7 - 15% obtenida a partir de los huertos semilleros de primera generación (G_0), del 35% para la segunda (G_1) y del 75% para la tercera (G_2). Actualmente, se dispone de masas seleccionadas utilizadas para producir semilla seleccionada. Este programa incluye otras poblaciones, con mejoras no tan avanzadas como son la del Sudeste de Francia (cuyo factor limitante es la resistencia a *Matsucoccus feytaudi*), o el Macizo de Orleans.

Por último en *Pinus halepensis* en Francia la mejora, se limita al ensayo de procedencias de la especie, y se enfoca principalmente a la adaptación del material de reproducción utilizado. En Grecia, donde el crecimiento de la especie es claramente superior al resto de su área de distribución, se cuenta con programas de selección y mejora, basándose en la rápida floración y crecimiento juvenil de la especie para establecer huertos semilleros de brinzales (Panetsos, 1986).

La mejora genética de los pinos en España

Los trabajos de mejora genética forestal en España se iniciaron con especies del género *Populus*. Tal como recoge Padró (1992) en la reseña histórica de la mejora realizada en este género, la selección empírica de clones productivos se inició a mediados del siglo XIX en Gerona, cuyos resultados fueron entre otros el clon "Bordils" y el clon "Poncella".

Centrándonos en los pinos, ya Molina en 1950 efectuó una descripción de un programa de mejora genética para *Pinus pinaster*. Posteriormente han sido varios los trabajos relacionados con la mejora genética de esta especie y de los pinos en general. Así, el intento de establecer huertos semilleros de árboles grandes productores de resina (Catalán, 1963), la selección de árboles sobresalientes (Catalán, 1963, Pardos *et al.*, 1976), la selección de masas productoras de semilla (IFIE, datos no publicados), o el estudio de procedencias de *Pinus pinaster* (Molina, 1965; Catalán, 1969) son actuaciones que permitieron avanzar en el conocimiento de las especies ibéricas. Existe una ruptura temporal hasta que se da un nuevo impulso al programa de mejora de *Pinus pinaster* (Pardos, 1984) que continúa con la creación de una red de huertos semilleros clonales del género *Pinus* (Pardos y Gil, 1986), con la elaboración del programa de mejora de *Pinus radiata* en el País Vasco y el programa de mejora genética de Galicia (Vega *et al.*, 1985).

El trabajo iniciado por Pardos y Gil (1986) es un claro intento de dar respuesta a una cuestión que se plantea en la silvicultura española, como es que la semilla empleada en las repoblaciones posea la calidad genética adecuada a las condiciones ambientales de uso. Este

trabajo, por los problemas derivados de la transferencia de las competencias forestales a las CCAA, no pudo continuarse tal como estaba planteado. El esquema de mejora subyacente ha sido descrito por Gil *et al.*, (1991), incluyendo diferentes actuaciones que se plantean de forma general en todas estas especies (Figura 1). Este esquema es el que se ha seguido, con ligeras modificaciones. La diferencia entre el nivel de actuación con cada una de las especies depende tanto de la importancia relativa de cada una de ellas y las procedencias utilizadas, como de los escasos recursos destinados a estos trabajos. En cualquier caso, se incluyen como aspectos esenciales la delimitación de regiones de procedencia, el estudio de la variabilidad genética de las especies y la selección de masas productoras de semillas y el establecimiento de huertos semilleros. Estas labores han sido abordadas por diferentes grupos de investigación. Los trabajos que se presentan posteriormente son una lógica continuación de este esquema de mejora, y dentro de las cuales se encuadran.

Objetivos del trabajo

El objetivo principal es describir las actuaciones de mejora realizadas en *Pinus sylvestris*, *Pinus nigra*, *Pinus pinaster* y *Pinus halepensis* y cada una de sus poblaciones, así como las bases que han llevado a abordar estos trabajos¹. Se propone un sistema de poblaciones múltiples, que permite abordar objetivos de mejora y conservación.

Para elaborar una estrategia adecuada a los fines y a los medios disponibles se consideran los siguientes factores:

- El marco legislativo
- Las especies objeto de las actuaciones de mejora
- La demanda del material de reproducción que se quiere satisfacer
- Los fines perseguidos y los caracteres a mejorar
- Las actuaciones de mejora

¹ Se incluyen actividades realizadas por el Area de Selvicultura y Mejora del INIA, el Servicio de Material Genético de la DGCONA y la Unidad Docente de Anatomía, Fisiología y Genética de la ETSIM.

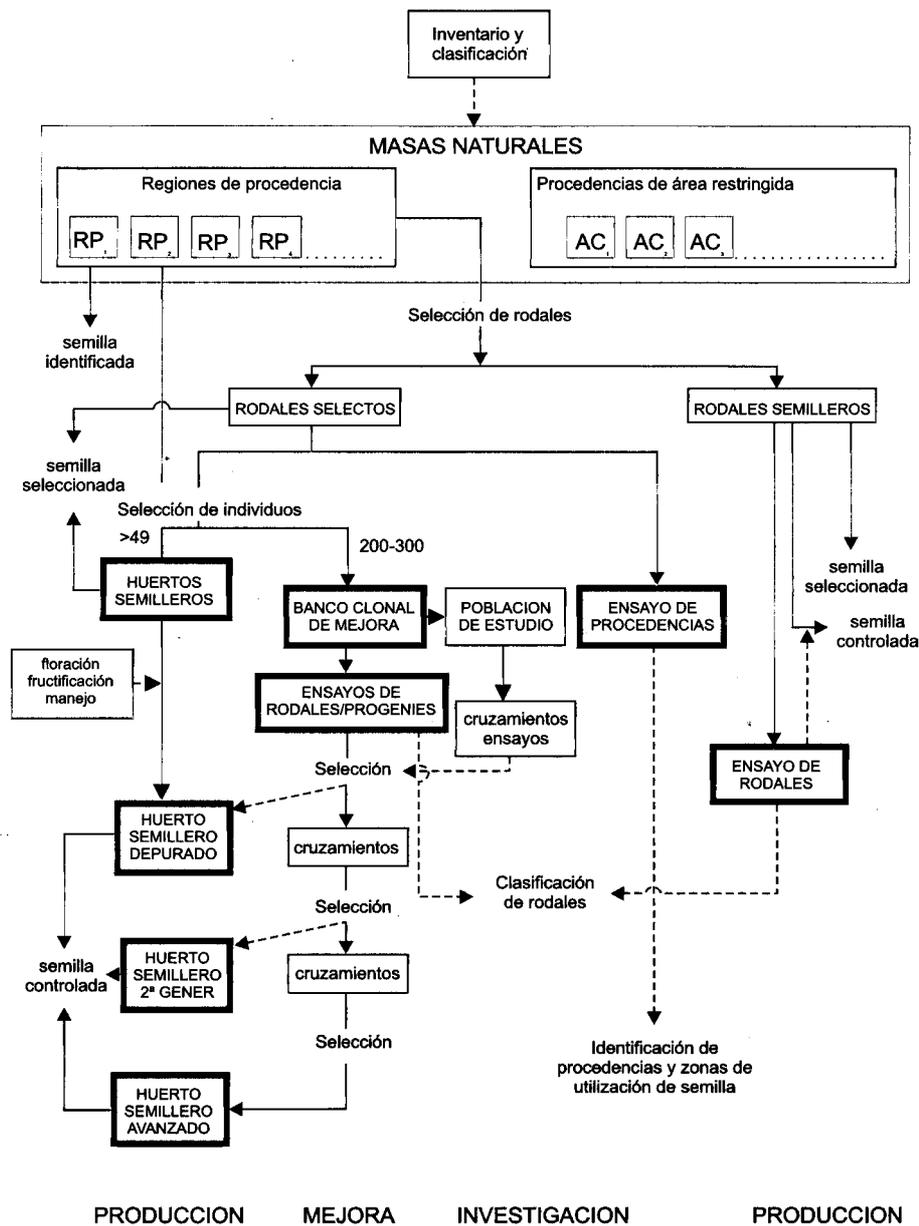


Figura. 1.- Plan de actuaciones propuestas para la mejora del género *Pinus* en España (Gil et al., 1991).

CAPÍTULO 2: MARCO LEGISLATIVO DE LAS ACTUACIONES

Introducción

Se entiende por *material forestal de reproducción* de una especie las semillas, piñas, infrutescencias, granos, partes de plantas, plantas cultivadas a partir de semillas o de partes de plantas, las estaquillas y los semilleros naturales, todos ellos destinados a la producción de plantas (OM 3079/89; Dir 66/404).

Teniendo en cuenta que además de garantizar el valor genético de los materiales de reproducción, hay que garantizar su identidad cuando vayan a ser destinados a la comercialización, se considera necesario establecer la correspondiente normativa, cuya aplicación tendrá especial importancia en las repoblaciones forestales.

Para poder garantizar la identidad de dicho material, éste ha de ir acompañado, en todas las fases del proceso de producción, de un certificado oficial emitido por el Organismo responsable del control (la *Autoridad Designada*).

En esta normativa se recogen las características mínimas que debe reunir cada tipo de material de reproducción, así como el proceso de selección y control al que se someten desde el momento de su producción hasta la venta al usuario final¹.

Por tanto, las actuaciones de mejora emprendidas han de adaptarse a la legislación existente, limitando los tipos de material a obtener a aquellos expresamente recogidos en la legislación, puesto que si no difícilmente pueden ser objeto de comercialización o uso. Por ello, como primer paso es necesario conocer esta legislación, así como los tipos de materiales forestales de reproducción permitidos, las características básicas de los materiales de base de los cuales se obtienen y los requisitos de calidad exterior establecidos.

A continuación se revisan los distintos sistemas de comercialización aceptados, así como sus principales características relativas a la obtención de dicho material. Los temas relacionados con la legislación han sido ya tratados en nuestro país en diversos trabajos (Michel, 1986, Iglesias *et al.*, 1993, Martín *et al.*, 1997b, Iglesias, 1997b) por lo que a continuación se van a señalar los aspectos más relevantes para la obtención del material de reproducción.

¹ Generalmente las normas internacionales y las extranjeras regulan exclusivamente la comercialización del material (venta a terceros). La norma española (RD 1356/98) regula también el uso del material de reproducción.

Sistemas de comercialización del material de reproducción

Los Sistemas que rigen a nivel estatal la comercialización de estos materiales son tres (Tabla 1):

Tabla 1. Sistemas de comercialización de material de reproducción en España. Principales características (Martín *et al.*, 1997)

	UE		ESPAÑA ¹
NORMAS	Directiva 66/404, 71/161 OM 21-01-89 (3079. 3080)	Consejo OCDE 5-3-74BOE29-11-94	RD 1356 de junio de 1998
CARÁCTER	Obligatorio	Voluntario	Obligatorio
ÁMBITO APLICACIÓN	Comercio interior y países UE	Comercio exterior	Comercio interior y uso de los materiales, carácter nacional
ESPECIES REGULADAS	<i>Abies alba</i> ; <i>Fagus sylvatica</i> ; <i>Larix decidua</i> , <i>L. leptolepis</i> ; <i>Picea abies</i> , <i>P. sitchensis</i> ; <i>Pinus nigra</i> , <i>P. sylvestris</i> , <i>P. strobus</i> ; <i>Pseudotsuga menziesii</i> ; <i>Quercus rubra</i> , <i>Q. robur</i> , <i>Q. petraea</i> ; Gen. <i>Populus</i> ;	Especies de los sistemas UE y español de las que existen regiones de procedencia	<i>Abies pinsapo</i> ; <i>Pinus canariensis</i> , <i>P. halepensis</i> , <i>P. pinaster</i> , <i>P. pinea</i> , <i>P. uncinata</i> ; <i>Quercus faginea</i> , <i>Q. ilex</i> , <i>Q. pyrenaica</i> , <i>Q. suber</i>
CATEGORÍAS	- <i>Exigencias reducidas</i> ²	-IDENTIFICADO (Etiqueta amarilla)	-IDENTIFICADO (Etiqueta amarilla)
	-SELECCIONADO (Etiqueta verde)	-SELECCIONADO (Etiqueta verde)	-SELECCIONADO (Etiqueta verde)
		-HUERTO SEMILLERO NO TESTADO (Etiqueta rosa)	
	-CONTROLADO (Etiqueta azul)	-CONTROLADO (Etiqueta azul)	-CONTROLADO (Etiqueta azul)

¹ La legislación se refiere a todo el territorio nacional. En varias CCAA están vigentes otras normas

² En caso de dificultades de aprovisionamiento de material seleccionado se admite la comercialización de material sometido a exigencias reducidas.



Almacén de semillas del CMGF El Serranillo, donde se realiza todo el proceso -desde la extracción de la semilla al etiquetado- para su comercialización. Además de garantizar el valor genético de los materiales de reproducción se garantiza su identidad.



Huerto semillero de pino albar de Javierregay (Huesca), en 1993, seis años después de su instalación. Está sometido a programas de poda para controlar el crecimiento en altura y favorecer la producción y recogida de fruto.

- Sistema UE. Regulado por las Directivas de la UE 66/404 y 71/161 y adaptado en nuestro país por las OM 3079 y 3080 de 21 de enero 1989. Es de obligado cumplimiento para los países comunitarios.
- Sistema OCDE, referido exclusivamente al comercio exterior con países no comunitarios y al que España pertenece por incorporación voluntaria desde 1994.
- Normativa española, regulada por el RD 1356 de 1998, incluye las principales especies españolas -la mayor parte mediterráneas- no contempladas por la UE. Esta normativa ha sido elaborada coordinadamente con las CCAA.

Los sistemas internacionales (UE, OCDE) están siendo revisados con el doble objetivo de actualizar los materiales de base disponibles, y aproximar ambos sistemas. Estos aspectos se contemplan con más detalle posteriormente.

El ámbito de aplicación de cada una de estas normas, la especie y las categorías reconocidas marcan las principales diferencias entre ellas.

Dos de las especies consideradas en este trabajo (pino albar y pino salgareño) están incluidas en el ámbito de las directivas de la UE, y las otras dos (pino negral y pino carrasco) se incluyen en el Real Decreto que incluye las especies forestales españolas más importantes. Para la exportación a países no comunitarios, las cuatro especies están contempladas en la norma OCDE, al estar definidas las regiones de procedencia. Además existen normas sobre comercialización de material de reproducción en determinadas CCAA.

Características del material forestal de reproducción

A continuación se resumen las características de los distintos tipos de material de reproducción, indicando en primer lugar los recogidos por la legislación de la UE, OCDE y Normativa española que son las referencias más apropiadas para las actuaciones descritas en este trabajo. Por último se señalarán las principales aportaciones de las normas de las distintas CCAA.

Material forestal de reproducción identificado

El material de reproducción **identificado** procede de material de base en el que únicamente se controla la pertenencia a una región de procedencia determinada. Lo constituyen fuentes semilleras (montes catalogados como fuentes de semilla). Se comercializa con el nombre de la región de procedencia y se identifica con una etiqueta de color amarillo (Figura 1).

Esta categoría está permitida por el sistema OCDE y por la nueva normativa española, pero no por el sistema UE². No obstante, el sistema comunitario permite comercializar

² En la última revisión del Sistema UE se incluye la categoría identificada. Actualmente no está vigente esta modificación.

de forma provisional **material con exigencias reducidas**. Este material es aprobado anualmente por la Comisión Europea, y responde a la falta de material de base aprobado o a la escasez de cosecha, para evitar problemas de abastecimiento. En la práctica, todos los países miembros solicitan anualmente diferentes cantidades para alguna de las especies incluidas en el sistema. Esta *categoría* podría asimilarse a identificado, porque en ambos casos debe conocerse la región de procedencia. En ninguno de los sistemas se acepta la comercialización para fines forestales del material recogido a destajo, del que no se tenga ninguna información del material de base del cual procede.

	
MATERIAL FORESTAL DE REPRODUCCION IDENTIFICADO SEMILLAS	
Nº DE LOTE: _____	
ESPECIE : _____	
REG. PROCEDENCIA: _____	
COSECHA: _____	CANTIDAD: _____ Kg
MATERIAL: AUTOCTONO <input type="checkbox"/>	NO AUTOCTONO <input type="checkbox"/>
PUREZA: _____ %	GERMINACION: _____ %
PESO 1.000 SEM.: _____ grs.	Nº GERM. VIVOS/KG: _____
PRODUCTOR: Dirección General de Conservación de la Naturaleza	
Nº DEL DOCUMENTO DE PRODUCTOR: _____	

Figura 1.- Etiqueta amarilla usada por la DGCONA para comercialización de material de reproducción identificado.

La normativa española (RD 1356/98) incluye la categoría identificado. En el *Inventario de Montes de origen conocido*, que establece esta normativa, figuran las fuentes semilleras de las que se puede comercializar semilla con esta categoría. De esta forma se evita la recolección indiscriminada de semilla y principalmente en repoblaciones de origen desconocido. La UE, en el nuevo texto que está siendo revisado, exige que el material de base para la producción de material de reproducción identificado, para permitir su uso en repoblaciones, esté incluido en un Catálogo Nacional. La recolección no se debe realizar en zonas marginales o bordes de las masas, donde la producción en algunos árboles sea muy elevada pero no se asegure una base genética amplia. Por tanto, siempre que el número de árboles semilleros sea elevado el material presenta gran variabilidad, y lo hace aconsejable para un uso amplio de condiciones. En este caso no hay garantía de la superioridad genética de la semilla, puesto que no se realiza ninguna selección fenotípica en las masas.

Este material tiene un destino claro, entre otros, en las repoblaciones de carácter protector. Al disponer de poca información sobre el comportamiento de los distintos orígenes en ensayos de procedencia, el usuario debe elegir entre ellos basándose en criterios geográficos y en la homologación (o similitud) ecológica entre la zona de repoblación y las posibles regiones de procedencia del material a utilizar.

Material forestal de reproducción seleccionado

El material de reproducción **seleccionado** procede del material de base que se obtiene mediante selección fenotípica y está formado por las masas o rodales selectos, rodales semilleros y huertos semilleros tanto en el sistema de la UE como en el español. Se comercializa con el nombre de la región de procedencia, mediante una etiqueta de color verde (Figura 2). El sistema OCDE separa de esta categoría al material procedente de **huerto semillero no testado**, que identifica con una etiqueta rosa. La región de procedencia de un huerto semillero es la de los componentes del mismo, pudiéndose obtener variedades sintéticas por mezcla de material procedente de varias de ellas.

Las características de este material derivan del proceso de selección del material de base. Esta selección está respaldada por un Organismo que se hace responsable de que el material de base cumpla unos requisitos mínimos, definidos de forma muy general en la legislación, que están relacionados con:

- La calidad fenotípica de las masas, que hace referencia al crecimiento, forma, volumen y calidad tecnológica de los árboles y a la separación de masas de inferior calidad. Se evalúan caracteres con alta heredabilidad como son la rectitud, bifurcación y ramificación. La calidad aumentará con la intensidad de la selección, siendo lógicamente mayor en el caso de los huertos semilleros.
- La adaptación, a través de los criterios de estado sanitario y resistencia a factores ambientales desfavorables y la edad, que es importante tanto para que los árboles produzcan semilla como para que la evaluación de los caracteres sea eficaz porque se expresen de forma estable.
- La variabilidad genética, evaluada por el *efectivo de la población*, que asegura la recolección en un elevado número de árboles. En los huertos semilleros este aspecto se tiene en cuenta a través de un número suficiente de clones o familias, una correcta ubicación y un diseño adecuado.

	MATERIAL FORESTAL DE REPRODUCCION SELECCIONADO SEMILLAS NORMAS U.E./ESPAÑOLAS
Nº DE LOTE: _____ Nº: _____	
ESPECIE: _____	
REG. PROCEDENCIA: _____	
COSECHA: _____	CANTIDAD: _____ Kg
MATERIAL: AUTOCTONO <input type="checkbox"/>	NO AUTOCTONO <input type="checkbox"/>
PUREZA: _____ %	GERMINACION: _____ %
PESO 1.000 SEM.: _____ grs.	Nº GERM. VIVOS/KG: _____
PRODUCTOR: Dirección General de Conservación de la Naturaleza	
Nº DE DOCUMENTO DEL PRODUCTOR: _____	

Figura 2.- Etiqueta verde empleada por la DGCONA para la comercialización de material de reproducción seleccionado.

Material forestal de reproducción controlado

El material de reproducción **controlado** procede del material de base en el que se ha determinado su *valor de utilización mejorado* a través de ensayos comparativos. Se puede incluir, por tanto, el material obtenido de los rodales selectos y huertos semilleros, y por reproducción vegetativa cuando el material de base son clones o mezcla de clones, sometidos a los correspondientes ensayos.

Los ensayos, en el caso de la legislación vigente, han de efectuarse a partir del propio material forestal de reproducción obtenido, y no del material de base. Han de ser preparados, diseñados, realizados e interpretados sus resultados de acuerdo a procedimientos internacionalmente reconocidos. Se debe contar con controles ya aprobados o elegidos previamente a la instalación de los ensayos para evaluar la superioridad del material bajo ensayo (como ejemplo, el clon I-214 en Chopo). En general las variables medidas están relacionadas con la adaptación, crecimiento y resistencia a plagas y enfermedades. Los ensayos precoces se aceptan si existe una alta correlación con las variables que se evalúan normalmente en campo.

Se comercializa con etiqueta azul en todos los sistemas (Figura 3). La escasez de materiales de esta categoría (en España sólo hay material de base aprobado en el género *Populus*) se debe al largo periodo de tiempo -y el correspondiente coste- que se necesita para obtener resultados de los ensayos comparativos.

	MATERIAL FORESTAL DE REPRODUCCION CONTROLADO	
	SEMILLAS	NORMAS U.E./ESPAÑOLAS
	Nº DE LOTE: _____	Nº : _____
	ESPECIE : _____	
	MAT. DE BASE : _____	
	COSECHA: _____	CANTIDAD: _____ Kg
	MATERIAL: AUTOCTONO <input type="checkbox"/>	NO AUTOCTONO <input type="checkbox"/>
	PUREZA: _____ %	GERMINACION: _____ %
	PESO 1.000 SEM.: _____ grs.	Nº GERM. VIVOS/KG: _____
	PRODUCTOR: Dirección General de Conservación de la Naturaleza	
	Nº DE DOCUMENTO DEL PRODUCTOR: _____	

Figura 3.- Etiqueta azul utilizada por la DGCONA para comercialización de material de reproducción controlado.

Es un material mejorado, del que se espera mayor uniformidad y estabilidad en su comportamiento que en las categorías anteriores. La base genética de este material suele ser estrecha sobre todo cuando se utiliza material vegetativo, ya que usualmente se utilizan uno o muy pocos clones. Se emplean en turnos cortos, para aumentar la rentabilidad de la operación y para minimizar riesgos. Es conveniente identificar los factores ecológicos que afectan de forma significativa tanto a la adaptación como a la productividad del material.

Nuevos tipos de material forestal de reproducción y de materiales de base

El Sistema OCDE está en fase de revisión y actualización (Iglesias, 1997b). Se dispone de un texto ultimado desde el punto de vista técnico y que se encuentra pendiente de aprobación por el Consejo (OCDE, 1997). Las modificaciones propuestas afectan básicamente a dos aspectos:

Objetivos: El antiguo sistema cubría la comercialización de los materiales en los cuales se había operado una mejora de la calidad referida a la producción de madera. El nuevo sistema puede aplicarse a cualquiera de las *múltiples funciones del bosque* quedando por tanto cubiertos los trabajos realizados con especies mediterráneas como el *Quercus suber* (corcho), *Pinus pinea* (piñón), *Castanea sativa* (fruto), etc. Para ello la autoridad designada debe acordar los criterios de selección para cada uno de estos objetivos.

Categorías: Se han reorganizado considerando que el fin del sistema es dar una información clara y precisa tanto del nivel de calidad para cada categoría como de los riesgos de su utilización.

La Tabla 2 resume las categorías adoptadas por el nuevo sistema OCDE, indicando el nivel de selección y sus características.

Tabla 2. Características principales de los distintos tipos de material de reproducción en el sistema OCDE modificado (Iglesias, 1997b).

Categoría	Características del Material de Base	Nivel de Garantía
Identificado	Sin selección fenotípica o muy escasa	Se garantiza el origen. Se conoce la localización y altitud del material de base. No garantiza la superioridad genética. Base genética amplia.
Seleccionado	Selección fenotípica a nivel poblacional	Superioridad genética no evaluada. Base genética amplia.
Cualificado	Selección a nivel individual	La prueba del material no se ha realizado o no se ha completado. Base genética estrecha.
Controlado	Selección a nivel individual o poblacional	Superioridad demostrada por ensayos de sus componentes o de los materiales de reproducción. Base genética estrecha.

Los materiales de base para la producción de material de reproducción de las distintas categorías actualmente permitidas están constituidos por los *rodales* y *masas selectas*, los *rodales semilleros*, los *huertos semilleros* y los *clones*. Estos materiales de base se han ampliado con aquellos obtenidos gracias al avance en los trabajos de mejora, y se producen actualmente en algunos países sin poder comercializarse por no adaptarse al esquema antiguo. La lista de materiales de base incorporados³ es la siguiente:

- *Fuente semillera*: Árboles situados en una zona en la que se recolecta semilla.
- *Plantación de procedencias*: Plantación de brinzales en la que pueden coexistir material procedente de más de una región de procedencia, y en la que se ha efectuado una selección fenotípica que ha eliminado los peores individuos y procedencias. Este es el caso, por ejemplo, de *Picea sitchensis* en Gran Bretaña. Este material de base no se incluye en la propuesta de modificación de la legislación de la UE.
- *Progenitores de familias*: Los árboles seleccionados se utilizan para obtener progenies por cruces controlados con el polen de un sólo padre (fratrias) o de un número variable de padres identificados o no (semifratrias). Este tipo de reproducción se realiza en algunos países europeos con *Pseudotsuga menziesii*, *Picea sitchensis* y *Pinus pinaster*.
- *Mezcla de clones*: Una mezcla de clones identificados inicialmente en proporciones definidas. Pero no se identifica cada uno de ellos de forma individual. Se está utilizando con *Picea abies*.

La relación entre los tipos de materiales de base y las categorías del material de reproducción, de acuerdo a estas nuevas categorías, se recogen en la Tabla 3.

Tabla 3. Relación entre tipos de materiales de base y categorías en las que se puede certificar el material de reproducción (OCDE, 1996)

TIPO DE MATERIAL DE BASE	CATEGORÍA DEL MATERIAL FORESTAL DE REPRODUCCIÓN			
	Origen Identificado (Amarillo)	Seleccionado (Verde)	Cualificado (Rosa)	Controlado (Azul)
<i>Fuente semillera</i>	X			
<i>Masa o Rodal selecto</i>	X	X		X
<i>Plantación de procedencias</i>			X	X
<i>Huerto semillero</i>			X	X
<i>Progenitores de familia(s)</i>			X	X
<i>Clon</i>			X	X
<i>Mezcla de clones</i>			X	X

³ Los términos en inglés son respectivamente: Seed Source; Seed plantation; Parents of family(ies); Clonal mixture. Para Seed source se ha aceptado la traducción de fuente semillera, que es la seguida en Iberoamérica. Estos materiales se analizan con mayor detalle en el Capítulo 5.

Desde 1995 la UE está trabajando en el mismo sentido, es decir, en la revisión y unificación de las categorías de comercialización del material de reproducción. Actualmente se dispone de un proyecto de revisión de las directivas vigentes (European Commission, 1996) y el plazo previsto para su aprobación es el año 2000. Del análisis de este proyecto se deduce una armonización prácticamente completa con el nuevo sistema OCDE. Las diferencias entre ambas normas quedan reducidas a su carácter (obligatorio para los países miembros en el caso de la UE) y a las especies incluidas (lista abierta para la OCDE en tanto que cerrada para los países comunitarios).

Las normas autónomas tienen como ámbito de aplicación el territorio gestionado por cada Comunidad. El País Vasco (BOPV 40 de 27-II-92) regula el comercio de la planta de pino radiata, estableciéndose la categoría de *planta mejorada* para aquella obtenida de semilla procedente de *rodal semillero* o *huerto semillero*. La Comunidad de Galicia (DOG, 161 de 22-VIII-94) regula 13 especies de carácter claramente productivo (algunas de las reguladas por la UE, además de *Castanea* sp y *Pinus pinaster*) junto con otras 44 especies arbóreas y arbustivas en las que se pretende asegurar la variabilidad genética. En Extremadura (DOE, 130 de 9-XI-93 y 37 de 2-IV-98) se determina que, para poder acogerse a los programas de ayudas al fomento de inversiones forestales, el material de *Quercus suber* debe provenir de material seleccionado o controlado. Por último la normativa establecida por la Comunidad Valenciana (DOGV, 2949 de 3-VI-97) tiene como carácter más destacado el tratamiento que se hace del uso de los materiales regulados, restringiéndolos a aquellos que estén incluidos en *regiones* o *dominios*, término análogo al de región de procedencia que incluya territorios de la Comunidad Valenciana, salvo autorización expresa del organismo competente.

CAPÍTULO 3: LAS ESPECIES

Importancia de los pinares

Las coníferas representan más del 45 por 100 de la superficie forestal, ocupando las especies del género *Pinus* el 94,4 por 100 de esa superficie (Figura 1). Estas especies, junto con las fagáceas, han tenido una papel preponderante en el paisaje forestado ibérico a lo largo del Cuaternario (Costa *et al.*, 1990).

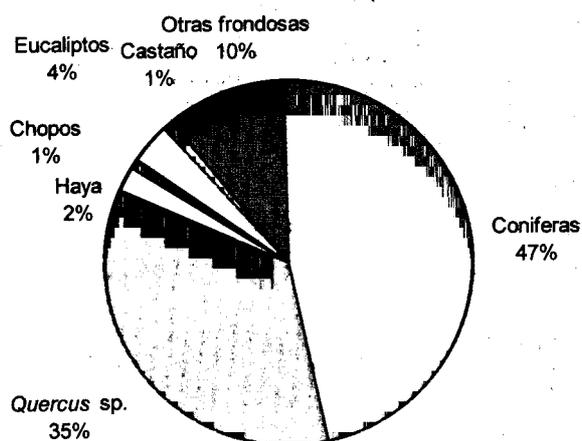


Figura 1.- Distribución de las especie forestales en España. (ICONA, 1994)

Con frecuencia se trata a las distintas especies de pinos, y por extensión a los pinares que forman, como si fuera una única entidad. Sin embargo, basta fijarse con interés para apreciar su diversidad: cada especie presenta diferente fisonomía, distintos requisitos ecológicos, es objeto de diversos aprovechamientos, etc. La importancia de los pinos en nuestro país queda remarcada por varios hechos. En latitudes superiores a los 45º existen en Europa solamente 5 especies de coníferas y 45 de frondosas, frente a las 23 y 148 respectivamente presentes en América. En España nos encontramos naturalmente con 7 especies del género *Pinus* (*Pinus uncinata*, *P. sylvestris*, *P. nigra*, *P. pinaster*, *P. halepensis*, *P. pinea* y *P. canariensis*) que se extienden de forma natural por gran parte de la superficie forestal (Figura 2)

Los pinares cumplen funciones múltiples, que ya se han señalado repetidamente y por tanto no van a ser analizadas. Hay que señalar que los pinares han de ser contemplados con sus múltiples peculiaridades que dependen tanto de las especies que los componen, los diferentes ecosistemas de los que forman parte, y de la propia riqueza intraespecífica de cada uno de los pinos. Existe una marcada diversidad genética en nuestro país, que será discutida posteriormente. Esta diversidad implica que para su gestión y conservación debemos descender a niveles subespecíficos para poder tomar unas medidas eficaces.

El uso de los pinos en repoblaciones

Los pinos son las principales especies en las que se apoyaron las labores de reconstrucción de la cubierta vegetal sobre terrenos degradados, alejados del óptimo para la introducción de especies más exigentes. Estas especies fueron empleadas por ser frugales, xerófilas, de carácter pionero en la progresión vegetal, heliófilas, de temperamento robusto e invasor, sencillas de manejar en vivero y de fácil implantación y pervivencia (Gil *et al.*, 1990), puesto que presentan adaptaciones estructurales y funcionales que proporcionan una óptima economía del agua (Gil y Prada, 1993). A estos aspectos hay que añadir su capacidad de mejorar el ambiente en el que se han instalado y el valor alcanzado por sus masas una vez establecidas. Esto se tradujo en un empleo intenso de estas especies en las repoblaciones derivadas del Primer Plan Nacional de Repoblación Forestal (Ximenez de Embún y Ceballos, 1938).

Para evaluar la importancia de las distintas especies y el uso que se realiza del material de reproducción es necesario recordar algunos aspectos que se manifiestan tras el análisis del proceso repoblador en España, tal como han señalado Ortuño (1990) y Montero (1997).

En este proceso se pueden diferenciar varias etapas, que se resumen en la Tabla 1. La primera de ellas corresponde a la actividad realizada por el Patrimonio Forestal del Estado (PFE). La segunda comprende desde 1972 hasta 1982, y se extiende desde la desaparición del PFE y la creación del ICONA hasta que se produce el traspaso de las competencias forestales a las CCAA. En este período se repoblaron 492.000 ha por el ICONA y 226.000 ha por la iniciativa privada con la subvención de la Dirección General de la Producción Agraria (DGPA). La tercera comprende desde 1983 hasta 1993 y está caracterizada por la gestión directa por parte de los servicios forestales de las CCAA, momento en el que se produce de hecho la desaparición del Plan Nacional de Repoblación Forestal. La cuarta se inicia en 1994, al aplicarse el Reglamento de la UE núm 2080/92 de ayudas a la reforestación de terrenos agrícolas marginales, adaptado en España a través del RD 378/93 (actualmente prorrogado y ampliado por el RD 152/96). Durante este último período se conocen las superficies repobladas acogidas a dicho reglamento, pero falta información sobre las repoblaciones realizadas por iniciativa de las CCAA.

Tabla 1. Superficie total, natural y repoblada anualmente, por especie o grupo de especies durante los años 1940-95. (Montero, 1997).

Especie	Superficie		Superficie repoblada en el periodo							
	Total (x1000 ha)	Natural (ha)	1940-71 (ha/año)	(%)	1972-82 (ha/año)	(%)	1983-93 (ha/año)	(%)	1994-95 (ha/año)	(%)
<i>P. sylvestris</i>	922	441	10.062	19	11.067	12	5.285	13	7.557	8
<i>P. nigra</i>	693	350	7.102	13	8.744	10	2.362	6	4.535	5
<i>P. pinaster</i>	1.505	521	15.230	29	14.979	17	5.260	13	6.637	7
<i>P. halepensis</i>	1.182	805	7.979	15	11.375	13	7.659	20	15.326	16
<i>P. pinea</i>	456	175	2.901	5	7.614	8	4.522	11	6.687	7
<i>P. canariensis</i>	100	66	461	1	596	1	193	0	193	0
<i>P. radiata</i>	244	-	2.813	5	4.566	5	3.233	8	7.414	8
<i>Populus sp.</i>	98	-	368	1	3.303	4	2.070	5	2.008	2
<i>Eucalyptus</i>	460	-	5.014	10	20.034	21	1.413	4	590	1
Otras especies	6.577	-	830	2	8.390	9	8.045	20	42.983	46
Total	12.200	-	52.760	100	90.668	100	40.042	100	93.930	100

Durante los años 1983-93 los pinos fueron utilizados en el 71 por 100 de la superficie repoblada en España. Esta cifra baja al 51 por 100 en el periodo 1994-95. Sin embargo, la duración tan reducida de este último periodo no permite extraer conclusiones sobre los comportamientos futuros.

El uso de los pinos en repoblaciones y su papel ha sido muy discutido, lo que ha puesto en duda su utilización futura, intentando dotar de características negativas tanto a los montes de repoblación como a las masas naturales. Esta actitud negativa ha sido criticada en anteriores trabajos (Gil *et al.*, 1990, Gil *et al.*, 1996, Alía *et al.*, 1996, Prada *et al.*, 1998) en los que se ha analizado detalladamente el papel de los pinares a lo largo de la historia, los antecedentes históricos y palinológicos que afirman la presencia de los pinos así como su importancia. Siguiendo a estos autores conviene remarcar varios aspectos, que en general han sido señalados como críticas, y que inciden decisivamente en la importancia y uso futuro de los pinares:

- Los pinares representan importantes formaciones naturales en nuestro país que se encuentran en zonas de muy diversas características ecológicas. Les une vivir sobre terrenos pobres que no acumulan agua, lo que impide el desarrollo de especies más exigentes.
- Los pinares son bosques, y por tanto cumplen todas las funciones que de ellos demanda la sociedad.
- Los cultivos de pinos, o las masas asilvestradas de ellos, tienen importancia económica, lo que no implica renunciar a su aprovechamiento racional acorde con nuestra



Los pinos se han utilizado intensamente para reconstruir la cubierta vegetal sobre terrenos degradados. Repoblación con pino carrasco en Valbuena de Duero (Valladolid) sobre páramo calizo.



Masas de Pinus halepensis en Ricote (Murcia), región de procedencia Bética Septentrional. Es una de las regiones de procedencia de mayor amplitud de uso de la especie. El consumo de semilla de esta región es elevado, próximo a los 800 Kg al año, lo que supone una superficie de 800 ha de rodales selectos.

cultura y nuestros ecosistemas. En este sentido, algunas críticas que se hacen a las repoblaciones se derivan de su relativa juventud (no más de 40 años en las más antiguas, que en general es menos de 1/3 del turno de estas especies), lo que no ha permitido reconducir estas formaciones hasta su aspecto definitivo. La estructura de un pinar joven procedente de repoblación está simplificada, y solamente tras un largo periodo de tiempo se podrán sacar conclusiones definitivas. En general no se han realizado tratamientos selvícolas a las repoblaciones de forma regular, siendo éste uno de los retos que la selvicultura tiene con estas formaciones, puesto que se puede dotar a estas masas de las características que el propietario, o la sociedad, demanden.

- Los pinares mejoran los ecosistemas, favoreciendo el aumento de la biodiversidad e incrementando la protección del suelo.
- Los pinares han jugado un papel importante a lo largo de la historia, y forman parte de nuestra cultura.

Los pinares han sido criticados desde diferentes foros, obligando a reafirmar un papel que nunca debería haber sido puesto en duda. Todo trabajo enfocado al desarrollo rural, la producción de los montes, y la conservación de la biodiversidad, no puede ignorarlos e incluso debe basarse principalmente en ellos. Su papel en la reconstrucción de los ecosistemas forestales hace imprescindible su mejora dentro de los objetivos que se demandan para estas especies.

Principales características de los pinares para su mejora genética

Dentro del género *Pinus*, las especies objeto de estudio son el pino albar (*Pinus sylvestris* L.), el pino salgareño (*Pinus nigra* Arn.), el pino negral (*Pinus pinaster* Ait) y el pino carrasco (*Pinus halepensis* Mill). *Pinus pinea* es objeto de varios programas de mejora enfocados a la producción de piñón (Gordo *et al.*, 1997b; Abellanas *et al.*, 1997; Iglesias, 1997a) y se ha incluido en un capítulo final¹. La especie *Pinus radiata* y las procedencias del Noroeste de *Pinus pinaster* no se han considerado en este estudio por ser objeto de programas específicos en el Norte de España (Espinel y Aragonés, 1997; Vega *et al.*, 1993), cuya metodología de mejora es diferente a la presentada aquí. Finalmente, *Pinus uncinata* y *Pinus canariensis* tienen gran importancia regional, y son objeto de programas específicos (Notivol, 1997; Climent *et al.*, 1997a).

Las principales características comunes a todos los pinos en España, y que influyen en su mejora genética son las siguientes:

- Gran parte de la superficie que ocupan estas especies está constituida por montes de propiedad pública.

¹ Las actuaciones con esta especie se han realizado por la DGCONA, ETSIM y Junta de Castilla y León.

- El turno de aprovechamiento en el área mediterránea es largo, variando entre los 80-120 años. El ciclo de mejora es amplio y determina, en gran medida, la rentabilidad de las actuaciones. Cuando este ciclo es muy elevado la rentabilidad en caracteres de producción disminuye drásticamente.
- La productividad en madera suele ser baja dependiendo de la especie y estación (0,5-4 m³/ha y año), así como la rentabilidad del aprovechamiento por la difícil orografía.
- Los pinares cumplen otros objetivos como son la protección del suelo, obtener otras producciones (resina, fruto, hongos, etc.) y el ocio, que con frecuencia son de mayor importancia que la producción de madera.
- La variación ecológica dentro de sus masas es alta. Se observa una gran variación edáfica entre las distintas masas de una misma especie y entre zonas próximas de una misma región. Asimismo, existe en las zonas mediterráneas una gran variabilidad climática anual que puede manifestarse en adaptaciones a un amplio espectro de condiciones climáticas.
- En sus masas se aplica una selvicultura extensiva. No se suelen realizar tratamientos para incrementar la productividad de la estación, lo que no permite aprovechar completamente la productividad de los genotipos. En general, este hecho es una de las principales limitaciones a la mejora genética para la producción de madera y abre posibilidades a otros caracteres ligados a la adaptación. Esto conduce a la necesidad de considerar poblaciones de mejora con diversos objetivos incluso dentro de una misma especie. Existen áreas de repoblación donde sí se justifica la obtención de material de mayor productividad.
- La regeneración en sus masas suele ser natural. Sólo a veces se ayuda introduciendo genotipos bien por siembra o por plantación. La mejora genética es difícil cuando se regenera naturalmente, pues en este caso únicamente se puede aprovechar una selección fenotípica de los árboles semilleros, así como su graduación en el tiempo y en espacio para evitar la contaminación con polen de fuentes no deseadas.
- Las cuatro especies de pinos tienen una gran importancia en las repoblaciones. Se utilizaron en el 52 por 100 de la superficie repoblada en el periodo 1983-93 y en el 36 por 100 de la superficie repoblada en el periodo 1994-95.
- En el periodo 1940-95 la mayor parte de ellas (65 por 100) se realizaron en terrenos carentes de vegetación (Montero, 1997). Este tipo de repoblaciones constituye el destino del material obtenido a través de las actuaciones de mejora.
- La superficie repoblada dentro de masas ya existentes, en rasos y calveros (a las que se añaden zonas cortadas e incendiadas), suponen el 11,7 por 100 del total. En estas condiciones se han de utilizar fuentes locales de semilla e incluso la recogida en los mismos montes. Para ello se ha de contar con fuentes de semilla en las principales masas forestales españolas.

- Al papel protector que poseen los pinares, se une otro productor al final del turno. Así, las repoblaciones realizadas con fin básicamente protector representan en las coníferas el 73,8 por 100 del total durante los años 1992-94 (MAPA, 1996).
- El método de propagación utilizado es la semilla, que se consume en grandes cantidades. Representa un coste pequeño en comparación a los demás de la repoblación.
- El suministrador principal de material de reproducción es la propia Administración.
- Los recursos destinados a la mejora suelen ser escasos. Esta mejora está financiada principalmente por la propia administración forestal (DGCONA) y por programas nacionales de Investigación, puesto que son bienes que repercuten directamente en los montes de las distintas Administraciones (CCAA y Ayuntamientos).
- Los resultados de la mejora son observables a largo plazo, por lo que no suele ser demandada por el gestor.

De todo lo anterior podemos concluir que las actuaciones a realizar han de cubrir objetivos diferentes. Por un lado la mayoría (en superficie) de las masas demandan actuaciones extensivas, puesto que el material forestal de reproducción (semillas en estas especies) usualmente va a ser instalado en medios con gran variabilidad ecológica, tanto en el tiempo (por el largo turno de las especies) como en el espacio (por la gran variación de las estaciones forestales). La aplicación de una selvicultura extensiva, junto a la gran variación ambiental, reduce la utilidad en estas condiciones de los genotipos muy especializados.

Pero tampoco conviene olvidar que los cultivos forestales representan sólo el 20% de la superficie forestal, pero producen el 80% de la madera. Es decir, para las especies de crecimiento rápido, una superficie pequeña es suficiente para justificar la mejora genética y hacerla rentable. Por este motivo se ha de considerar la mejora con objetivos particulares (producción de resina, producción de madera, adaptación a ciertas condiciones) que necesitan de material mejorado puesto que es para emplear en zonas concretas en las que los genotipos pueden aprovechar perfectamente las características del medio.

Zonas de mejora

Para planificar las actuaciones de mejora hemos de proceder a la división de las especies. Las poblaciones suelen manifestar diferencias genéticas entre ellas debidas a la selección humana, deriva genética, o a procesos de adaptación, principalmente a condiciones climáticas distintas, por lo que es adecuado aprovechar estas diferencias para distintas condiciones de uso. Por tanto, la caracterización de cada una de las procedencias, así como los principales objetivos que cumplen y su uso permiten identificar el nivel de intensidad de las actuaciones de mejora que se quieren realizar en cada población. Esto constituye el primer paso en los programas de mejora. Las **zonas de mejora**² se definen para aquellas poblaciones

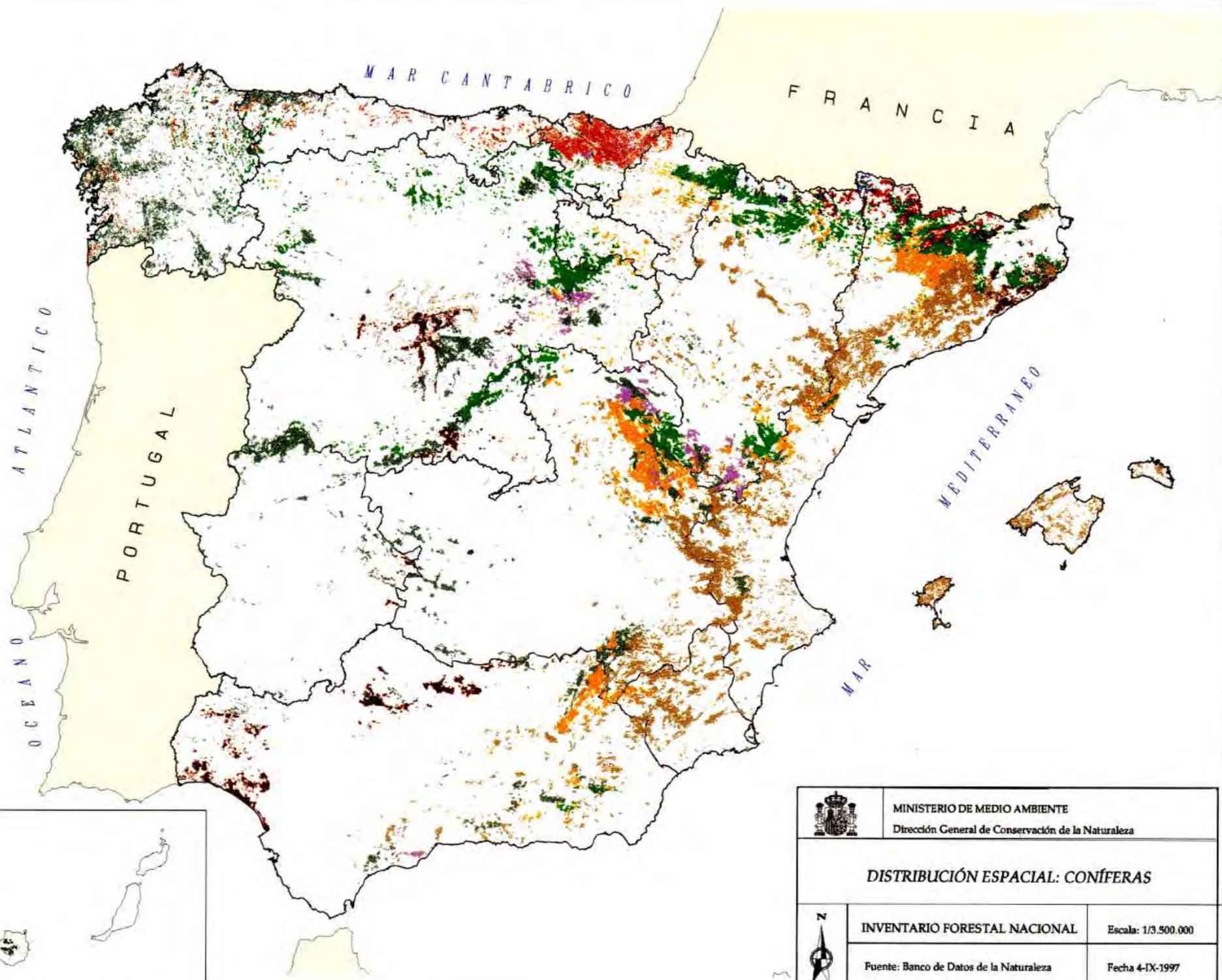
² Zona de mejora: es el territorio para el que se obtiene un material mejorado y en el que muestra su valor mejorado.

que justifiquen la obtención de material forestal de reproducción. En nuestro caso se ha optado por hacer equivalente la región de procedencia a la zona de mejora de esa región. La región de procedencia asegura una cierta homogeneidad ecológica y la adaptación de las masas que la forman, lo que permite asegurar que el material obtenido a partir de árboles situados en dicha región pueda expresar su valor mejorado en condiciones de uso similares a las definidas para la región de procedencia. Por tanto la delimitación de éstas supone el primer paso para la posterior elección de aquellas susceptibles de eventuales actuaciones de mejora.

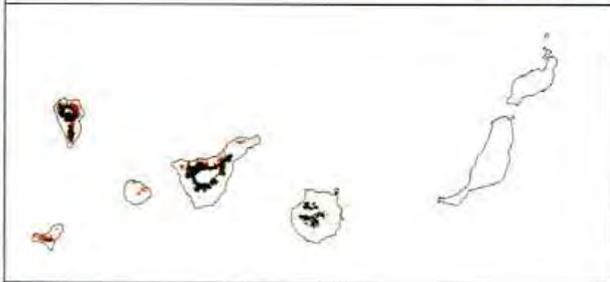
Las actuaciones de conservación de recursos se concentran principalmente en las denominadas **procedencias de área restringida**³ (Díaz-Fernández *et al.*, 1995). Estas poblaciones suelen presentar problemas derivados de su tamaño o situación marginal frente a otras poblaciones de la especie, lo que las hace especialmente sensibles.

La importancia de cada una de las especies y de las regiones de procedencia se establece en función de las necesidades de material de reproducción de cada una de ellas.

³ Son poblaciones marginales fuera del ámbito geográfico o ecológico habitual de la especie y de las que es difícil obtener semilla comercial.



- Pinus sylvestris*
- Pinus nigra*
- Pinus pinaster*
- Pinus pinea*
- Pinus halepensis*
- Pinus uncinata*
- Pinus canariensis*
- Pinus radiata*
- Abies alba*
- Otras coníferas y mezclas



	MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Dirección General de Conservación de la Naturaleza	
DISTRIBUCIÓN ESPACIAL: CONÍFERAS		
	INVENTARIO FORESTAL NACIONAL	Escala: 1/3.500.000
	Fuente: Banco de Datos de la Naturaleza	Fecha 4-IX-1997

CAPÍTULO 4: CONSUMO Y NECESIDADES DE SEMILLA

El consumo de semilla de Pinus en España

La semilla y las plantas obtenidas de ella constituyen actualmente el primero de los materiales de reproducción comercializados en los pinos. La cantidad de semilla que se quiere obtener de cada especie condiciona de una forma determinante el plan de mejora. La estrategia para suministrar anualmente 100 kg de semilla no es la misma que para obtener 1.000 kg. Es además el punto de partida para ajustar los medios necesarios que hay que dedicar y determinar la intensidad de las actuaciones.

El mejor método para determinar la necesidad de semilla es el señalado por Willan (1991), en el que los usuarios de la semilla han de definir la cantidad que necesitan de cada especie, procedencia o rodal. Para ello es necesario conocer la superficie de plantación que se va a establecer anualmente y el espaciamiento que se va a emplear, junto con una estimación de las pérdidas y rechazos que se van a producir en el vivero. Este método, sin embargo, es de difícil aplicación en nuestro país, debido a la ausencia de planes de reforestación a medio plazo.

La necesidad de semillas forestales en España fue analizada por Pardos y Gil (1986) con el fin de planificar una red de huertos semilleros clonales del género *Pinus*. Estos autores consideraron el consumo medio durante el periodo 1979-84 como valor orientativo a partir del cual calcularon la superficie necesaria de huertos semilleros.

En este trabajo se parte de las estimaciones efectuadas por estos autores y se actualizan con la información sobre el consumo medio de un periodo más reciente. En los capítulos dedicados a cada especie, se analizan de forma más detallada los aspectos relacionados con cada una de ellas.

Los datos de consumo de semilla proceden de la estadística llevada a cabo por el Servicio de Material Genético de la DGCONA. Este Servicio ha sido prácticamente el único encargado de comercializar semilla en ese periodo, aunque en los últimos años han surgido algunas empresas privadas y administraciones autonómicas que pueden suponer a medio plazo un cambio sustancial en este campo.

Como características más destacables del consumo de semilla en España se pueden señalar los siguientes aspectos:

- La variación anual en el consumo es importante (Figura 1). Este hecho responde a aspectos coyunturales del sector forestal, como fueron las transferencias de las com-

petencias forestales, así como los cambios legislativos, el recorte en la disponibilidad presupuestaria de los organismos públicos, etc., aspectos que repercuten en la superficie a repoblar. Para *Pinus pinaster* destaca el descenso del consumo de semilla en valores absolutos principalmente a partir de 1986.

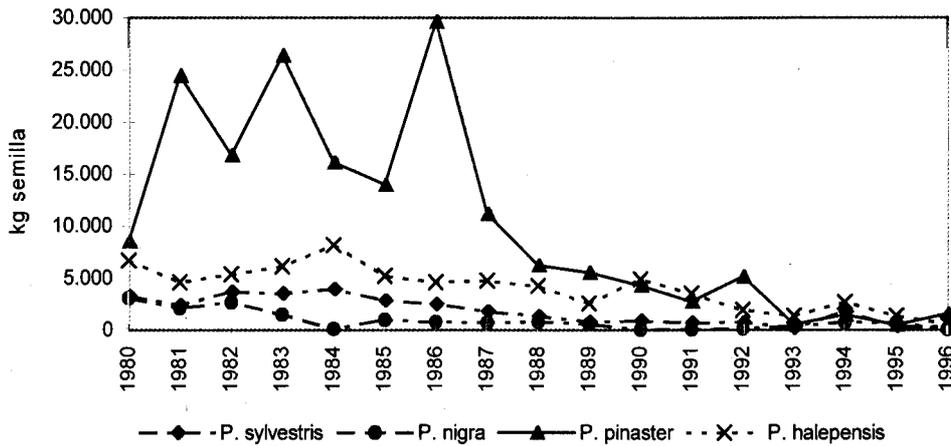


Figura 1.- Consumo de semilla en el periodo 1980-1996. (Fuente: Servicio de Material Genético, DGCONA).

- En algunas provincias se utiliza semilla en siembras directas, práctica que eleva considerablemente la cantidad requerida de semilla. Según el estudio realizado por Pardos y Gil (1986) para el periodo 1981-83 esta práctica fue importante en *Pinus pinaster*, pues solamente el 6,5 por 100 de la semilla fue utilizada en viveros, mientras en *Pinus sylvestris* este valor es del 70 por 100. Actualmente la práctica de siembras directas ha disminuido, como parece deducirse del descenso tan importante en el consumo de semilla de *Pinus pinaster*.
- El consumo por parte de los organismos oficiales, que corresponde a los Ayuntamientos y los Servicios Forestales provinciales, representa un alto porcentaje del consumo total, aunque ha disminuido en los últimos años (Figura 2). Estas cifras no incluyen el consumo realizado por algunos Servicios Forestales de las CCAA que recogen y utilizan su propia semilla. Al no comercializarse este material, no es objeto de control, y por tanto no es fácil conocer su consumo. El realizado por otras entidades (distintas de los Servicios Forestales, incluyendo la exportación) representaba en el periodo 1979-83 el 10,0 por 100 en *Pinus sylvestris*, el 3,0 por 100 en *Pinus nigra*, el 6,3 por 100 en *Pinus pinaster* y el 15,5 por 100 en *Pinus halepensis* (Pardos y Gil, 1986). Actualmente se detecta un cambio sustancial, aumentándose el consumo por parte de los particulares, ya que las repoblaciones han comenzado a realizarse por empresas con planta producida, en muchos casos, en viveros privados. Este cambio ha coincidido prácticamente con la puesta en marcha del programa de ayuda a la reforestación de terrenos agrícolas. La tendencia a la reducción en el consumo de semilla se interpreta, por tanto, como consecuencia de una mejora de las

técnicas de reforestación y un mejor aprovechamiento de la semilla, puesto que la superficie repoblada anualmente no ha disminuido.

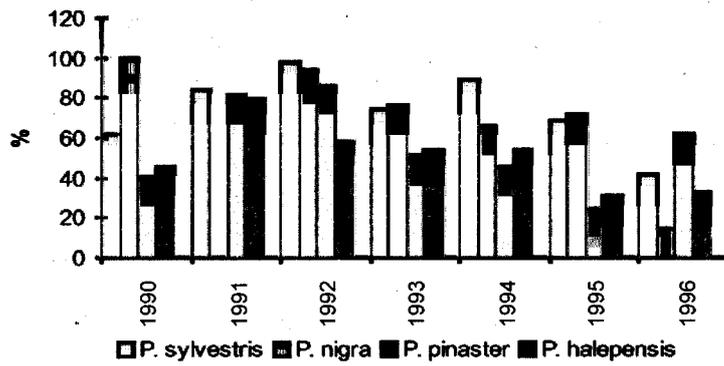


Figura 2.- Porcentaje del consumo de semilla por organismos oficiales respecto del total para *Pinus sylvestris*, *P. nigra*, *P. pinaster* y *P. halepensis*. (Fuente: Servicio de Material Genético, DGCONA.)

Necesidades de semilla

Para efectuar una primera aproximación a las necesidades de semilla puede aceptarse el valor medio durante un periodo amplio, para así evitar las oscilaciones anuales del consumo. Otra posible estimación es la obtenida a partir de la superficie repoblada.

En la Tabla 1 se recogen los valores de las necesidades anuales de semilla de las cuatro especies bajo dos conjuntos de hipótesis diferentes: las relacionadas con el consumo de semilla y con la superficie repoblada.

Tabla 1. Necesidades de semilla de las cuatro especies de *Pinus* considerando dos grupos de hipótesis basadas en el consumo medio y en la superficie repoblada durante un periodo determinado.

Especie	Consumo medio		Valor teórico empleado en las repoblaciones**	
	1979-84*	1988-1996	1983-1993	1994-1995
	kg/año	kg/año	kg/año	kg/año
<i>P. sylvestris</i>	3.563	815	174	249
<i>P. nigra</i>	3.228	558	142	272
<i>P. pinaster</i>	13.227	3.641	757	956
<i>P. halepensis</i>	5.990	3.183	444	889

* Pardos y Gil (1986)

** Explicación en el texto

A partir del consumo se ofrecen los datos que corresponden a dos periodos. El primero es el consumo medio del periodo 1979-1984, y que sirvió para planificar la red de huertos semilleros del género *Pinus*. El segundo es el consumo medio del periodo 1988-1996, que es un periodo más largo, e incluye las tendencias actuales. Se ha producido una reducción del consumo en todas estas especies, como corresponde a un mejor uso de la semilla y al mayor empleo de frondosas, especialmente tras la aplicación de los decretos sobre reforestación de terrenos agrícolas. La reducción del consumo de semilla, para una misma superficie de repoblación, está ocasionado por el abandono de la plantación a raíz desnuda y el uso de planta en contenedor. El elevado precio del mismo hace que el número de semillas empleado por alveolo sea reducido y el número de plantas producidas se aproxime a la posible venta.

En la misma tabla se incluyen las estimaciones basadas en la cantidad teórica de semilla empleada en plantar la superficie repoblada en los dos periodos. Estos valores se han calculado siguiendo las hipótesis establecidas por Pardos y Gil (1986), actualizando el tamaño de la semilla (nº de semillas/kg) para pino silvestre, que se han tomado de Catalán (1977), y considerando una densidad de plantación de 2.000 plantas/ha¹. Según estos cálculos, para repoblar 100 ha se necesitan 3,3 kg de semilla para el pino albar, 6,0 kg para el salgareño, 14,4 kg para el resinero y 5,8 kg para el pino carrasco. Se ha considerado el periodo 1983-93 y los dos años de vigencia del Real Decreto sobre reforestación de tierras agrícolas, 1994-95. En ambos casos se rebaja la cantidad de semilla requerida de cada una de las especies respecto del consumo real, indicando una probable tendencia actual de ajuste entre el consumo medio y el valor teórico empleado en repoblaciones. Contamos, por tanto, con unas estimaciones reales y los valores hacia los que parecen estar ajustando estos consumos, debido a la generalizada, y casi exclusiva, producción de planta en envase.

El consumo medio de semilla en el periodo 1988-1996 (Tabla 2) creemos que es, sin embargo, el dato que mejor estima la demanda futura de semilla que han de cubrir los distintos tipos de materiales de base. Esto es debido a que las prácticas forestales no cambian tan rápidamente para que la reducción continúe hasta que la demanda alcance los valores teóricos antes señalados. También se ha de contar con suficiente semilla para evitar problemas de abastecimiento.

Pueden diferenciarse dos grupos de especies en función del consumo medio. *Pinus pinaster* y *Pinus halepensis* presentan un consumo anual durante este periodo de 3.641 y 3.183 kg respectivamente. En el caso de *P. sylvestris* y *P. nigra* estos son claramente inferiores, con valores de 905 y 558 respectivamente. Si tenemos en cuenta el tamaño de la semilla, el consumo de *P. halepensis* es claramente más alto (165 millones de semillas) que el de *P. pinaster* y *P. sylvestris* (entre 75-85 millones de semillas), mientras en *P. nigra* este consumo es claramente inferior (28 millones de semillas). Estos valores están relacionados con la superficie repoblada de cada especie.

¹ Se ha prescindido en los cálculos de las variaciones de las densidades de plantación. A veces se utilizan densidades de plantación menores (hasta de 1000 pies/ha).

Tabla 2. Necesidad de semilla de las distintas especies de *Pinus* sp, basado en la cantidad comercializada (kg) durante el periodo 1988-1996. (Fuente: Servicio de Material Genético, DGCONA).

Especie	Consumo de semilla			Nº. Medio de semilla (x 10 ⁶)
	Periodo 1988-96 (kg)			
	Medio	Máximo	Mínimo	
<i>P. sylvestris</i>	815	2.008	267	74,4
<i>P. nigra</i>	558	1.121	0	28,1
<i>P. pinaster</i>	3.641	6.249	1.121	75,7
<i>P. halepensis</i>	3.183	4.943	402	165,6

Planificación de la recolección anual

La producción de estas cantidades de semilla es por tanto, el objetivo práctico de las actuaciones de mejora. Hemos de disponer de suficientes áreas productoras de semilla para cubrir esta demanda, independientemente de que no todos los años se recoja fruto de ellas. La semilla de los pinos es fácil de almacenar, por lo que las oscilaciones anuales de la producción debido a la vejería pueden ser cubiertas por la recogida en años de buena cosecha.

Cuando se trata de recolecciones a gran escala, es preciso contar con algunos meses de antelación con datos sobre la demanda de semilla. Casi todas las especies necesitan pasar un año o más en vivero, por tanto las estimaciones de la demanda de semilla deben efectuarse unos años antes de la plantación en el campo. Esto exige un cambio de actitud en los repobladores, puesto que han de suministrar dicha información a los viveros con antelación suficiente, lo que conduciría a una racionalización en el uso de la semilla, evitando la producción de planta que posteriormente no se va a utilizar o la escasez de planta de una especie o procedencia. En algunos casos ha ocasionado la utilización de material no recomendable procedente, incluso, de otros países. Por ello, se deben arbitrar medios para mejorar la planificación de la semilla necesaria en periodos cortos de tiempo. En este sentido los técnicos deberían prever en las prescripciones técnicas de los proyectos la cantidad y características del material de reproducción a emplear. Esto permitiría que con antelación suficiente (nunca superior a un año) se pudiera producir la planta (y recogida de semilla si fuese necesario) del material deseado.

Actualmente el método de previsión se basa en los consumos habidos en los últimos años y la semilla existente en los almacenes. El consumo de cada una de las regiones de procedencia se puede aproximar a través del consumo de cada una de las provincias.

En conclusión, existe un consumo que se ha ido reduciendo y pensamos que se estabilizará en un valor ligeramente superior a la demanda teórica para repoblaciones. Puesto que la demanda anual no puede ser fijada con suficiente antelación, el plan de mejora ha de ser flexible combinando la producción de una cantidad mínima de semilla a partir de una infraestructura fija (huertos semilleros, rodales semilleros, etc.) y un infraestructura variable de escaso costo de mantenimiento (rodales selectos, áreas productoras de semilla, etc.).

CAPÍTULO 5: PRODUCCIÓN DE SEMILLA. SISTEMAS Y CARACTERÍSTICAS

Introducción

Los diferentes tipos de materiales de base permitidos por la legislación para cada una de las categorías son el punto de partida para la obtención y comercialización del material de reproducción. Sin embargo, en el futuro la mejora genética puede ofrecer nuevos materiales, que podrán ser admitidos por las normativas.

El tipo de material de base marca las características genéticas del material de reproducción, al fijar la constitución de los parentales, la selección efectuada y las condiciones ambientales en las que se ha ensayado o de las cuales procede. Conviene, por tanto, analizar las principales características que presentan los distintos tipos disponibles actualmente, que se resumen en la Tabla 1. En una escala subjetiva se indican la variabilidad genética del material de reproducción y la ganancia esperada (relacionada con el nivel de selección efectuado), así como el tiempo necesario para obtener dichos materiales de reproducción desde que se inician los trabajos, el coste económico de la instalación, recogida y mantenimiento y el nivel técnico requerido para completar las actuaciones. Se han separado aquellos actualmente reconocidos para los sistemas de comercialización vigentes, de aquellos que se van a incluir próximamente en los sistemas OCDE y UE.

Tabla 1. Evaluación de distintos tipos de los materiales de base aplicables en los pinos ibéricos.

Materiales de base	Variabilidad	Ganancia esperada	Nivel técnico requerido	Tiempo necesario ⁽¹⁾	Coste de instalación	Coste de mantenimiento	Coste de Recogida
Fuente semillera	* / ****	*	*	*	*	*	**
Masa o rodal selecto	****	* / **	**	*	**	*	**
Rodal semillero	****	**	**	***	***	***	**
Masa o rodal controlado	***	**	***	***	**	**	***
Huerto semillero	**	***	****	***	****	****	*
Plantación de procedencias	***	**	***	****	***	**	**
Progenitores de familias	*	****	****	***	***	***	*
Mezcla de clones	*	****	****	***	****	***	*

* bajo ** medio *** alto **** muy alto

(1) Se refiere al tiempo necesario desde el momento en que se inician los trabajos de selección.

Los sistemas de recogida han sido descritos en diversos trabajos (entre otros, Catalán, 1977; Willan, 1991). Estos van desde la recolección del suelo a la escalada al árbol. Se aplican dependiendo de los recursos y especialización del personal de cada organismo o empresa, y no se van a tratar en este trabajo.

La recogida de *árboles individuales* tiene como fin la producción de pequeñas cantidades de semilla, generalmente para investigación. No puede constituirse en alternativa para la producción de semilla a escala regional o nacional.

La producción de piña en las masas es muy variable. Por un lado depende de las características intrínsecas de las poblaciones, entre las que se encuentran la edad, calidad de estación, densidad y estado sanitario del arbolado. Por otro, depende de las condiciones anuales del clima y de la vecería de la especie. Finalmente, el momento y la forma de realizar la recogida del fruto condicionan de forma importante el resultado final.

Conviene resaltar la importancia de la variación anual en la producción de semilla en las masas forestales, puesto que condiciona en gran medida la posibilidad de su recolección. En la Figura 1 se presenta un ejemplo de la variación anual de la producción en el caso de tres coníferas norteamericanas. En *Pinus pinea* (Figura 2) en Valladolid se cuenta con una serie histórica de la producción de piña para dos situaciones diferentes, en páramo y campiña, y se aprecia también la existencia de ciclos irregulares y grandes oscilaciones entre los distintos años (Gordo, 1999). En las especies españolas se suelen manejar cifras de vecería que indican los años que transcurren entre cosechas buenas, valor que no debe tomarse como un intervalo exacto.

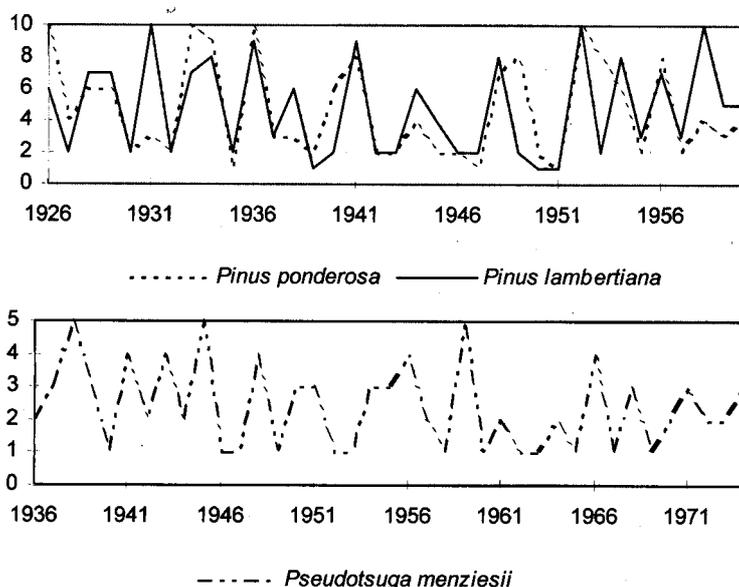


Figura 1.- Índice de producción de piñas para árboles dominantes de dos especies de *Pinus* en EE.UU. (Fowels y Schubert, 1956) y para *Pseudotsuga menziesii* en Canadá (Willan, 1991).

(Escala: *P. ponderosa* y *P. lambertiana*: 1-Ninguna piña, 2-Muy pocas, 4-Pocas, 6-Mediana, 8-Muchas, 10-Gran Cantidad.

P. menziesii: 1-Producción Inexistente, 2-Muy escasa, 3-Escasa, 4- Intermedia, 5-Abundante)

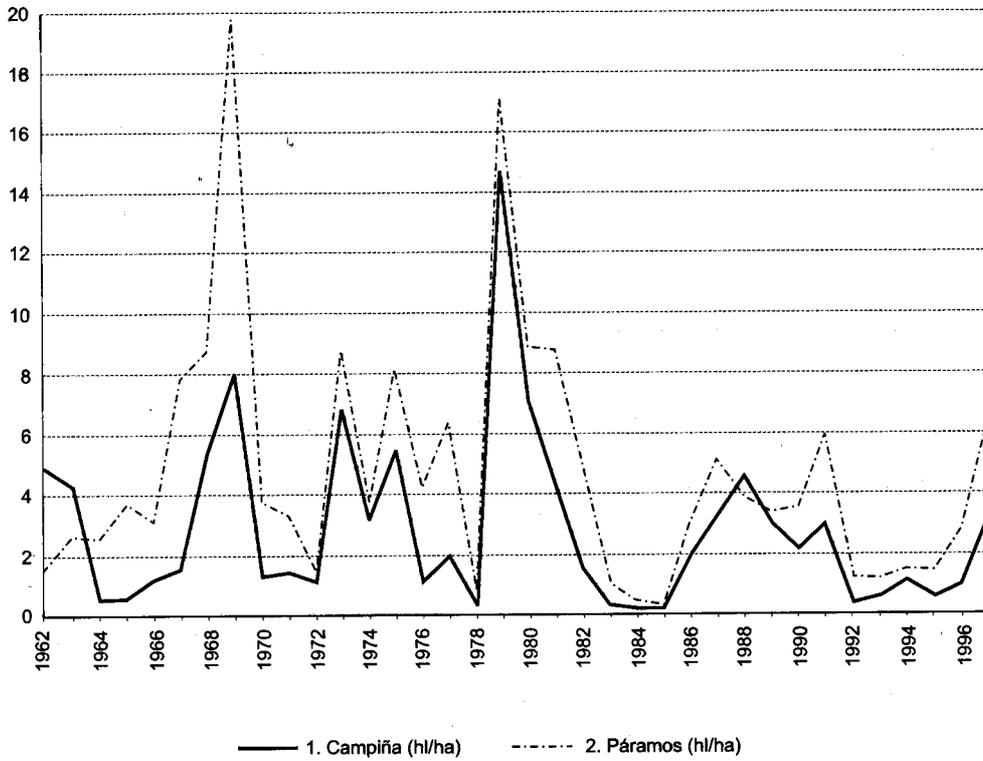


Figura 2.- Producción de piña en masas de *Pinus pinea* L. en Valladolid (Gordo *et al.*, 1999).

Características de los distintos sistemas de producir semilla

A continuación se van a describir cada uno de los tipos de materiales de base y sus principales características.

Fuentes semilleras: Áreas de recolección de semilla de origen identificado

Las áreas de recolección para material de reproducción de la categoría identificada *-fuentes semilleras-* son montes o partes de montes cuyo origen está identificado¹. En su comercialización sólo es obligatorio identificar la región de procedencia, pudiendo perderse la identificación del lugar de recolección. Puede comercializarse como material de origen autóctono, no autóctono o desconocido. Estas áreas están caracterizadas por unos límites claros, generalmente los del monte - propiedad - o por las unidades dasocráticas de la ordenación. La única condición previa es que pueda precisarse el origen del material de base. Debido a que suelen ser áreas extensas la producción de semilla global es elevada, aunque en la práctica la producción por unidad de superficie será escasa de no realizarse ninguna labor tendente a aumentar esta producción. Esto hace que los costes de instalación y mantenimiento sean muy reducidos. La semilla puede ser recolectada desde el mismo momento de la delimitación del área de procedencia reconocida, sin necesidad de ningún tiempo de demora. No existe selección del arbolado, por lo que no se espera ninguna ganancia (aunque hay que recordar la derivada de la correcta elección del origen a emplear). Esta escasa ganancia puede estar asociada a altos niveles de variabilidad del material obtenido, que exige la recolección en un gran número de árboles dentro de una superficie extensa. Así, en zonas de cortas se puede efectuar la recolección de un elevado número de pies a un coste bajo. En la recolección de árboles en pie los costes aumentan. En general se ha de recoger la semilla en años de buena cosecha y se han de evitar los árboles que se encuentran en situaciones marginales o aislados para evitar el aumento de la tasa de endogamia.

Por tanto, este material de base permite la recolección de gran cantidad de material de reproducción sin contar con una gran inversión en la infraestructura para producirla. Su uso fundamental, creemos, se dirige a la recogida en años excepcionales, para cubrir necesidades extraordinarias o en procedencias de uso local.

¹ Actualmente la legislación de la OCDE y de la UE diferencia entre material autóctono e indígena.

Un *rodal autóctono* es uno que ha sido regenerado continuamente por regeneración natural. El rodal puede ser regenerado artificialmente a partir de material reproductivo recolectado en el mismo rodal o en rodales autóctonos de la proximidad.

Un *rodal indígena* es un rodal autóctono o un rodal regenerado artificialmente con semilla cuyo origen está situado en la misma región de procedencia.

La Autoridad Designada, decide cual de los dos términos se usará en su país. Utilizaremos el término autóctono, a expensas de la decisión que se tome.



Pino carrasco en Paterna (Albacete), región de procedencia Bética Septentrional. Podría utilizarse como fuente semillera ya que el único requisito es la identificación, sin selección ninguna.



Banco clonal de pino pinaster en el CMGF de Valsain (Segovia). Detalle de la abundante floración y producción de piña que se obtiene en los huertos semilleros y bancos de clones.

Masas y rodales selectos

Un *rodal selecto* es una población claramente definida, fenotípicamente superior a la media según los criterios fijados. Su aceptación puede estar condicionada a la extracción de los pies deformes para que se cumplan los requisitos establecidos (Barner y Koster, 1976). Por tanto, son sometidos a un proceso de selección en el que se evalúan sus caracteres fenotípicos.

La correcta elección de un rodal selecto implica su aislamiento, bien sea de masas próximas de mala calidad o de otras especies susceptibles de hibridarse. También pueden extraerse los pies muy defectuosos o de otras especies, por la misma razón.

El reconocimiento del rodal es imprescindible para facilitar el acceso y el control posterior durante la recogida del fruto. La identificación en el terreno - por accidentes geográficos o límites dasocráticos- es el único medio de asegurar un control efectivo del mismo (Figura 3). En la información básica sobre el rodal selecto debe constar tanto las vías de acceso y medios necesarios como el croquis del mismo, señalado en un mapa a una escala adecuada.

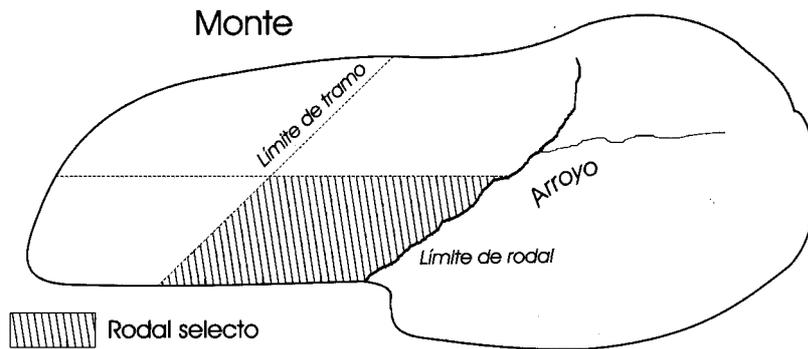


Figura 3.- Los límites de los rodales han de referirse a divisiones geográficas o dasocráticas de los montes.

La recolección de semilla puede efectuarse por cualquiera de los sistemas tradicionales de recogida, que son la escalada al árbol o aprovechando las cortas finales de madera. Suelen denominarse rodales selectos *temporales* a aquellos que se delimitan en el momento de la corta final o cuando se definen áreas que van a ser cortadas en un futuro próximo y por tanto su uso se ve limitado en el tiempo. Los rodales selectos *permanentes* no presentan esta limitación, pudiéndose utilizar durante un prolongado periodo de tiempo.

La recolección de piña aprovechando las cortas es el sistema más empleado en toda Europa, pues es el más rentable, principalmente cuando la masa tiene una estructura que permite una producción de fruto media o alta. La recolección en el momento de la corta final presenta algunos inconvenientes. En primer lugar, la propia realización de las cortas depende de multitud de factores que influyen en la recogida de fruto y que muchas veces

son imprevisibles, tales como la situación del sector maderero (que hace que en ocasiones se retrasen las cortas ya subastadas), el año de la corta (que muchas veces no coincide con un año de buena cosecha), y finalmente, el momento de realizarse la corta (que puede no coincidir con el momento de maduración del piñón, al programarse en función de las necesidades del maderista, las condiciones meteorológicas u otros condicionantes como la nidificación de aves protegidas). En ocasiones los árboles son de edad avanzada y copa pequeña, con el resultado de un rendimiento bajo en la recolección.

Los rodales selectos aseguran una gran variabilidad de la semilla, al recolectarse de un gran número de individuos que están dentro de una masa de buena calidad, evitando efectos de borde. Dependiendo de la selección practicada, podemos esperar ganancias genéticas moderadas, que en el caso de pino albar se han estimado entre un 5-10% en volumen tras la extracción de los pies no deseables (Krusche *et al.*, 1980). Esta ganancia también se deriva de la propia variación genética existente entre procedencias cercanas. Así en *Pinus pinaster* existen diferencias entre rodales de la misma región de procedencia, que llegan a representar una superioridad sobre la media de la región del 7% en supervivencia, 3% en altura a los 18 años, y una mejora en la calidad del fuste del 10% (Tabla 2), pero que se incrementa notablemente al considerar los valores extremos entre rodales de la misma procedencia. Esta variación permite asegurar la eficiencia de las actuaciones de selección de rodales.

Tabla 2. Valores medios y superioridad respecto a la media de la región (ΔS , ΔH , ΔC) de varios rodales pertenecientes a dos regiones de procedencia de *Pinus pinaster* (Modificado de Alía *et al.*, 1995).

Localidad	Provincia	Supervivencia		Altura		Calidad Fuste ⁽¹⁾	
		(%)	ΔS (%)	(m)	ΔH (%)	(Nota)	ΔC (%)
RP no. 8							
Bayubas	SO	87,2	-0,24	6,21	-3,42	5,11	+8,96
Villanueva de Gumiel	BU	88,0	+0,67	6,26	-2,64	4,68	-0,21
Traspinedo	VA	88,8	+1,59	6,63	+3,11	4,49	-4,26
Ataquines	VA	87,3	-0,13	6,35	-1,24	4,99	+6,40
Coca	SG	85,8	-1,84	6,35	-1,24	4,91	+4,69
Moraleja de Coca	SG	81,2	-7,10	6,47	+0,62	4,62	-1,49
Arévalo	AV	93,9	+7,42	6,46	+0,47	4,50	-4,05
Turégano	SG	87,1	-0,35	6,69	+4,04	4,21	-10,23
Media		87,4		6,43		4,69	
RP. no. 12							
Poyatos	CU	88,6	-2,36	6,84	+1,18	3,25	+0,06
Boniches-1	CU	90,4	-0,37	7,00	+3,55	2,54	-21,80
Boniches-2	CU	95,0	+4,69	6,98	+3,25	2,67	-17,80
Almodóvar del Pinar	CU	88,6	-2,36	6,61	-2,22	3,57	+9,91
Chelva	V	91,1	+0,40	6,37	-5,77	4,21	+29,62
Media		90,7		6,76		3,25	

(1) La calidad del fuste evaluada por una nota: 2-árboles rectos a 6-árboles tortuosos

En los rodales selectos los costes de establecimiento son superiores, pues se incluyen los derivados del proceso de selección, lo que exige la valoración de los rodales por técnicos especializados². La evaluación, y posterior inclusión en el Catálogo Nacional de Materiales de Base, supone una demora para la recolección de semilla, que puede ser de un año. El mantenimiento es muy reducido al no realizarse tratamientos para incrementar la producción de semilla.

La utilidad de los rodales selectos como fuente productora de semilla depende de diversos aspectos que están asociados a las características de las especies y de los propios rodales, que repercuten en los costes de recogida de la semilla y su disponibilidad. Las principales características son las siguientes:

- Se seleccionan árboles de buenas características fenotípicas, con fustes de gran tamaño y generalmente sin ramificación hasta los 10-15 m.
- Los rodales de *Pinus sylvestris* y *P. nigra* que se localizan en zonas de montaña presentan un reducido periodo de cosecha, entre la maduración y diseminación del piñón, por factores meteorológicos que dificultan la recolección.
- La producción de piña por árbol suele ser baja, por el pequeño tamaño de las copas al estar gestionadas las masas para la producción preferente de madera, con una elevada espesura.
- En pino albar y salgareño, la producción es reducida y con periodos de 3-4 años entre dos cosechas comercialmente rentables. En el pino negral y carrasco es mayor la producción de piña por árbol y más regulares las cosechas, siendo posible la recogida comercial anual.
- Actualmente en España no existe personal especializado suficiente para la recogida de semilla en *Pinus* por escalada al árbol (excepto *Pinus pinea* que presenta unas características totalmente diferentes).

Se debe favorecer, por tanto, que en los montes gestionados por las administraciones públicas se modifiquen los pliegos de condiciones de los aprovechamientos madereros. Estos cambios se encaminarían a facilitar la recolección de frutos, restringiendo la época de corta a la más adecuada para obtener una buena cosecha. La extensión de los rodales selectos representa generalmente un bajo porcentaje respecto del total, por lo que no ocasiona grandes perjuicios a la gestión de los montes.

Las *masas selectas* son similares a los rodales en cuanto a sus características. Se diferencian por tener una superficie mayor y ser, por tanto, menos homogéneas fenotípicamente. El tamaño de los rodales es muy diferente dependiendo de las características propias de

² Actualmente los costes de selección son superiores a 100.000 pts para una masa de 100 ha.

las especies y de las masas (por ejemplo, ser o no autóctona). Así, en general en masas introducidas el tamaño de estas masas suele ser pequeña (incluso menores de 1 ha, como en *Pinus nigra corsicana* en Francia). En pino silvestre pueden alcanzar desde 50 a más de 1.000 ha.

La producción de piña por unidad de superficie es un valor difícil de predecir, puesto que depende de numerosos factores. En los apartados correspondientes a cada una de las especies se señalan los rangos entre los que suelen oscilar, a partir de los cuales se han estimado las necesidades de zonas productoras de semillas (masas y rodales selectos y semilleros). Las alternativas manejadas son el rendimiento de semilla en áreas de recolección (datos manejados por la DGCONA resultado del control de diferentes partidas), los aforos medios de los montes (datos de un inventario del IFIE sobre masas productoras de semillas) y las posibles producciones en rodales semilleros. La superficie necesaria de las áreas productoras se han estimado partiendo del consumo medio del periodo 1988-96, que corresponde a unas necesidades medias suponiendo que el consumo se mantiene estable (Tabla 3). Estos valores son altamente especulativos, pero permiten fijar los límites entre los que oscilan las necesidades. Por ejemplo, para una especie como el pino albar, con una producción por ha en las zonas de recolección de 3 a 12 kg, se necesitaría recolectar en 85 ha en un año de cosecha excepcional para obtener los 905 kg en que se ha cifrado el consumo medio. En un año con una producción muy baja sería necesario recolectar en unas 600 ha. Estas cifras hemos de trasladarlas a rodales o masas selectas teniendo en cuenta que no podremos recolectar todos los años (entre otras razones por la vecería) lo que obliga a considerar un factor de corrección del doble o triple de estas superficies.

Tabla 3. Producción de semilla estimada por unidad de superficie para las distintas especies de *Pinus* y bajo distintas alternativas y superficie necesaria de áreas productoras de semillas.

Especie	Area de recolección (Datos de la DGCONA)		Aforo medio de las masas (Datos IFIE)		Rodales semilleros	
	Producción	Superficie necesaria	Producción	Superficie necesaria	Producción	Superficie necesaria
	kg/ha	ha/año	kg/ha	ha/año	kg/ha	ha/año
<i>Pinus sylvestris</i> L.	3-12	85-600	0,58	1.500	10	90
<i>Pinus nigra</i> Arn.	1,6-31,5	16-300	0,57	850	15	30
<i>Pinus pinaster</i> Ait.	12,8-54	65-275	5,2	670	15	240
<i>Pinus halepensis</i> Mill.	7,8-35	100-450	1,05	3.300	15	210

En conclusión, los rodales selectos son una vía fácil y segura para obtener semilla de gran calidad y elevada variabilidad genética en el caso de especies prolíficas (*Pinus halepensis* y varias regiones de procedencia de *Pinus pinaster*, por ejemplo) en los que la recogida por escalada es fácil y la productividad por hectárea es grande, y por tanto el rendimiento es elevado.

Las masas y rodales selectos son de menor utilidad en especies que no cumplen estos requisitos (*Pinus sylvestris* y *Pinus nigra*). En este caso la recolección en masas y rodales selectos se suele restringir a los años de buena cosecha, teniendo en cuenta la facilidad de conservación de la semilla, y cuando coinciden con las cortas finales, por su mayor rendimiento. Es en este caso donde son más necesarias las áreas especialmente preparadas para la producción de semilla como los rodales o los huertos semilleros.

Rodales semilleros

Un *rodal semillero* es un rodal superior o una plantación joven, suficientemente aislada contra la contaminación de polen y derivado de un origen deseable, que se aclara extra- trayendo los árboles no deseables y se gestiona para producir semilla rápidamente y en abundancia (Barner y Koster, 1976).

Los rodales semilleros son de menor superficie que los rodales selectos y la intensidad de selección es mayor. Su función principal es la de producir semilla, por lo que son gestionados y manejados para incrementarla, a través de klareos, claras, podas y otros trabajos selvícolas. Estos rodales pueden seleccionarse dentro de los propios rodales o masas selectas, entre aquellos rodales jóvenes que respondan a los tratamientos selvícolas adecuados (Figura 4). De esta forma se puede actuar dentro de los rodales ya seleccionados, sin necesidad de realizar un nuevo proceso de evaluación del rodal.

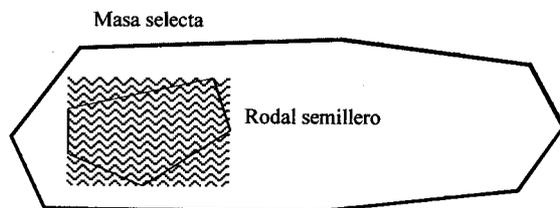


Figura 4.- Los rodales semilleros pueden seleccionarse en las masas selectas, eligiendo zonas jóvenes de gran calidad que se someten a tratamientos selvícolas para incrementar la producción de semilla.

Existen diversos trabajos en los que se describen los diferentes aspectos relacionados con la gestión y selección de rodales semilleros (Quijada, 1980; Barret, 1980; Mesén *et al.*, 1996; Anónimo, 1997; Puerto y Toval, 1985). En síntesis, entre las principales características que deben manejarse en su evaluación, además de sus características fenotípicas, están la edad, aislamiento, accesibilidad, facilidad de recogida y superficie. La edad debe ser tal

que permita conducir la masa a una espesura pequeña. Por tanto debe efectuarse la selección antes de la mitad del turno de corta, y posteriormente hacer un seguimiento detallado del rodal. También debe asegurarse la accesibilidad como criterio esencial. Debe establecerse un área de borde, para mantener aislado el rodal de fuentes de polen no deseables.

El tamaño del rodal ha de asegurar la variabilidad genética de la semilla obtenida y el rendimiento económico de las operaciones selvícolas y de cosecha (en general, superiores a 1 ha). La ganancia genética esperada es superior a la de los rodales selectos y similar a la de los huertos semilleros no testados. Hay un coste derivado de la eliminación de los árboles no deseables. El mantenimiento requiere efectuar periódicamente tratamientos selvícolas. Desde el establecimiento hasta la entrada en producción plena de los rodales puede pasar un tiempo que depende de la especie y de la edad de comienzo de los tratamientos. Los costes de recogida son menores que en los rodales selectos por tener un mayor rendimiento, aunque mayores que en los huertos semilleros.

Los rodales semilleros pueden complementar la producción de semilla obtenida de los rodales selectos en *Pinus sylvestris* y *Pinus nigra*, mediante la creación de una infraestructura permanente en las regiones de procedencia que no justifiquen, por su interés, la realización de huertos semilleros.

Huertos semilleros

Un *huerto semillero* es una plantación de clones o de progenies seleccionadas, suficientemente aislada o manejada para que la polinización externa sea inexistente o escasa, dirigida a la producción de semilla frecuente, abundante y de fácil recogida (Feilberg y Søegaard, 1975). Los huertos semilleros son una parte esencial de los programas de mejora para la producción de semilla de calidad.

Las características y las bases teóricas de los huertos semilleros instalados en España han sido revisadas con gran detalle por Pardos y Gil (1986). Son huertos semilleros clonales, obtenidos por injerto, de forma que se conserva la composición genética de los individuos seleccionados y por tanto se incrementa la ganancia genética de la semilla obtenida. Mediante el injerto se disminuye el tiempo necesario para lograr el inicio de la producción de semilla viable, que varía desde aproximadamente 5 años en pino carrasco, a los 10 años en pino albar. Están enfocados tanto a la producción comercial de semilla de las procedencias más interesantes, como al estudio de los aspectos relacionados con la fenología y reproducción de estas especies.

Los niveles de variabilidad genética se mantienen por la inclusión de un número suficiente de clones (nunca menos de 50) y por un diseño adecuado en campo que favorece la panmixia. Los costes de instalación son más elevados que en los casos anteriores, pues se incluyen labores de injerto, trasplante, etc., así como los de mantenimiento por la necesidad de tratamientos selvícolas y de estimulación de la floración. Las actuaciones para el control de enfermedades y plagas en este tipo de plantaciones también son importantes.

La producción de semilla es mucho más elevada, además de ser más regular. Así, las estimaciones ofrecidas por Pardos y Gil (1986) para la producción en huertos semilleros son de 15 ± 5 kg/ha/año para *Pinus sylvestris*, y *Pinus nigra*, de 35 ± 5 kg/ha/año para *Pinus pinaster* y de 20 kg/ha/año para *Pinus halepensis* (en los huertos actuales se alcanzan los 70 kg/ha). La recogida también es más sencilla por concentrarse en individuos podados para facilitar la recolección, y que son accesibles fácilmente desde el suelo.

Los huertos semilleros de primera generación, como los referidos anteriormente, son la base de cualquier programa de producción de semilla en las especies del género *Pinus*, puesto que a través del injerto se incrementa la producción de semilla muy significativamente. Presenta el inconveniente de requerir una infraestructura técnica adecuada, puesto que han de ser manejados continuamente para la producción de semilla. Por tanto deben constituir las actuaciones permanentes en las regiones de procedencia más importantes.

A partir de estos huertos semilleros, y mediante los ensayos de progenies del material incluido, se pueden establecer huertos semilleros de generaciones avanzadas, en los que la ganancia genética es mucho mayor. En este caso los ensayos de progenie se pueden constituir, mediante un diseño adecuado, en huertos semilleros de brinzales. Esta flexibilidad permite encadenar en el tiempo estas actuaciones para lograr un sistema de producción de semilla a largo plazo combinando las ventajas de todos los sistemas de producción hasta ahora comentados.

Otros sistemas de producción de material forestal de reproducción

Las *masas o rodales controlados* son masas, rodales selectos o rodales semilleros que han sido evaluados en ensayos comparativos en campo. Por tanto se ha estimado su valor de uso mejorado. El ensayo en campo tiene una duración que nunca suelen ser inferior a 15 años para las especies consideradas, aunque bajo ciertas circunstancias se aceptan los resultados de los ensayos precoces. Esta demora, y los costes derivados, limitan enormemente la utilidad de estos materiales de base como productores de semilla. En general, son de utilidad como caso particular de rodales presentes en ensayos de procedencia. Los costes de recogida y mantenimiento serían similares a los de los rodales semilleros. La ganancia esperada nunca será superior a la de un huerto semillero.

Las *plantaciones de procedencias*³ consisten en brinzales obtenidos a partir de mezclas de procedencias, generalmente situadas en ensayos, en las que se seleccionan tanto a nivel poblacional e individual. Estas plantaciones sirven, por tanto, para obtener variedades sintéticas altamente productivas a las condiciones de ensayo y en las que se conoce la ganancia genética esperada. No es una solución aceptable para uso en especies o procedencias

³ Willan (1984) denomina *rodal semillero de procedencia (provenance seed stand)* a un rodal de procedencia conocida, preferentemente ensayado y que ha demostrado su superioridad en ensayos de procedencias y con una base genética amplia que ha sido: 1) plantado con el principal objetivo de producir semilla, 2) aislado para reducir la polinización externa y 3) aclarado eliminando los árboles indeseables y cultivado para producir semilla precoz y abundante.

autóctonas, aunque sí puntualmente para obtener semilla destinada a condiciones especiales. Por ejemplo, en un ensayo situado en Cabañeros (Ciudad Real) se ha demostrado la superioridad de ciertas procedencias. Al finalizar el periodo de vigencia de la parcela de ensayo, o como continuación de ésta, se pueden eliminar todas las procedencias e individuos de baja calidad. Posteriormente se podría recoger semilla de esta parcela, que formaría una variedad sintética destinada a su uso en condiciones similares de los Montes de Toledo.

Los *progenitores de familias*, combinan la propagación sexual a través de cruces controlados entre individuos con un elevado diferencial de selección y en los que se puede conocer su capacidad de combinación específica, y una posterior multiplicación vegetativa de los brinzales así obtenidos. También pueden obtenerse por policruzamiento dando lugar a familias de semi-fratrias. Es un sistema que necesita conocer el valor de los individuos y que debe dirigirse a objetivos muy concretos. La ganancia esperada es muy alta, aunque se reduce la variabilidad genética de la población obtenida. Una aplicación de este sistema puede ser la obtención de poblaciones con gran producción maderera en la región Noroeste Costera, o plantaciones grandes productoras de resina de *Pinus pinaster*. Por ejemplo, se seleccionarían grandes productores de resina (aquellos 15 individuos controlados con producciones superiores a 20 kg miera/año). Se cruzarían entre ellos (bien por policruzamientos o con padres y madres controladas). La semilla obtenida presentaría un gran diferencial de selección y podría utilizarse directamente o multiplicarse vegetativamente en las primeras edades para aumentar la cantidad de planta obtenida de estos cruces.

Por último, la *mezcla de clones* se obtiene por propagación vegetativa de individuos seleccionados. No es de gran utilidad en las especies del género *Pinus*.

Tratamientos selvícolas de masas productoras de semillas

La producción de piña está influida por diversos factores que es necesario conocer para poder incrementarla mediante métodos selvícolas sencillos (Quijada, 1980, Barret, 1980). Los factores que vamos a revisar son aquellos intrínsecos a las propias especies, aspectos climáticos, la fertilización, la eliminación de la vegetación, las podas, los tratamientos que protejan la fructificación como la aplicación de fungicidas e insecticidas, la protección contra incendios, las claras y la extracción de árboles inferiores.

Existen factores propios de las masas, como son la *edad* y la *calidad de estación*. García-Güemes *et al.* (1997) en masas de pino piñonero encuentran una correlación significativa entre dos variables de masa (calidad de estación y edad) y la producción de piña. Esta relación se puede expresar, para la calidad III, mediante una ecuación con un máximo de producción alrededor de los 100 años (contados a 1,3 m), a partir de la cual decrece. La relación con el *tamaño de los árboles* (edad, diámetro) es un hecho ampliamente demostrado en numerosas especies. En pino negral, se aprecia una relación entre diámetro normal y producción de piña (para una calidad determinada), tal como se observa de los datos de producción de piña en 100 árboles de un rodal en Talayuelas (Cuenca). En estas condiciones la producción media fue de 22,5 kg piña/árbol (Figura 5).

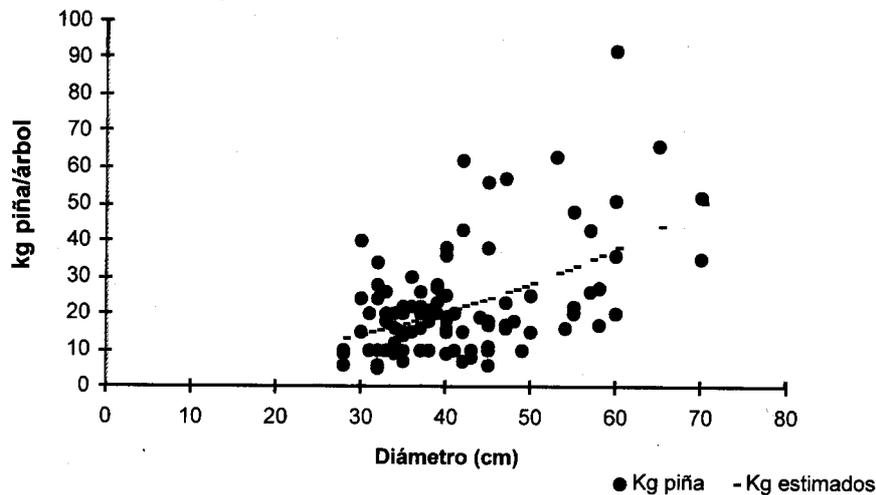


Figura 5.- Producción de piña de 100 árboles de *Pinus pinaster* en Talayuelas, Cuenca. (Edad media 110 años, altura maderable media: 12 m, diámetro medio de 41,3 cm).

Existe una gran variación individual como ha quedado demostrado en trabajos realizados en huertos semilleros de pino silvestre, en los que se observa un alto grado de control genético de la producción (por ejemplo, Notivol, 1997). En una especie que produce poca piña, como *Pinus nigra*, existe relación entre la producción de piña y el diámetro normal, aunque los árboles gruesos no siempre presentan una buena producción de piña (Figura 6).

La influencia ambiental ocasiona una gran variación tanto en la cuantía de la floración como en la fructificación. Estas diferencias se deben a la variación climática anual (heladas tempranas o tardías, granizo, lluvias en el periodo de polinización, sequía, etc.), y también a diferencias microclimáticas y edáficas entre masas adyacentes. La variación climática no sigue patrones regulares, por lo que para efectuar una adecuada planificación de la recolección anual la producción de fruto se estima varias veces al año (usualmente 2), mediante escalas numéricas fáciles de utilizar. Estas escalas han de adaptarse para cada especie, tal como recogen en Willan (1991), Barner y Olesen (1984) y Gordon y Faulkner (1992).

El estado nutritivo del suelo es de gran importancia. Si es satisfactorio (se puede medir a través de análisis de suelo y de nutrientes en acículas), el abonado no incrementa la producción, tal como se ha mostrado en huertos semilleros de *P. sylvestris* (Saarsalmi *et al.*, 1994). Sin embargo, en masas de *Pinus pinaster* en terrenos muy arenosos en las Landas francesas es un tratamiento muy efectivo, junto con la eliminación de la vegetación accesoría. En este sentido Alazard (1995) estima la ganancia en la producción de piña entre un 30-100% dependiendo de la edad de la masa y los tratamientos realizados (Tabla 4).

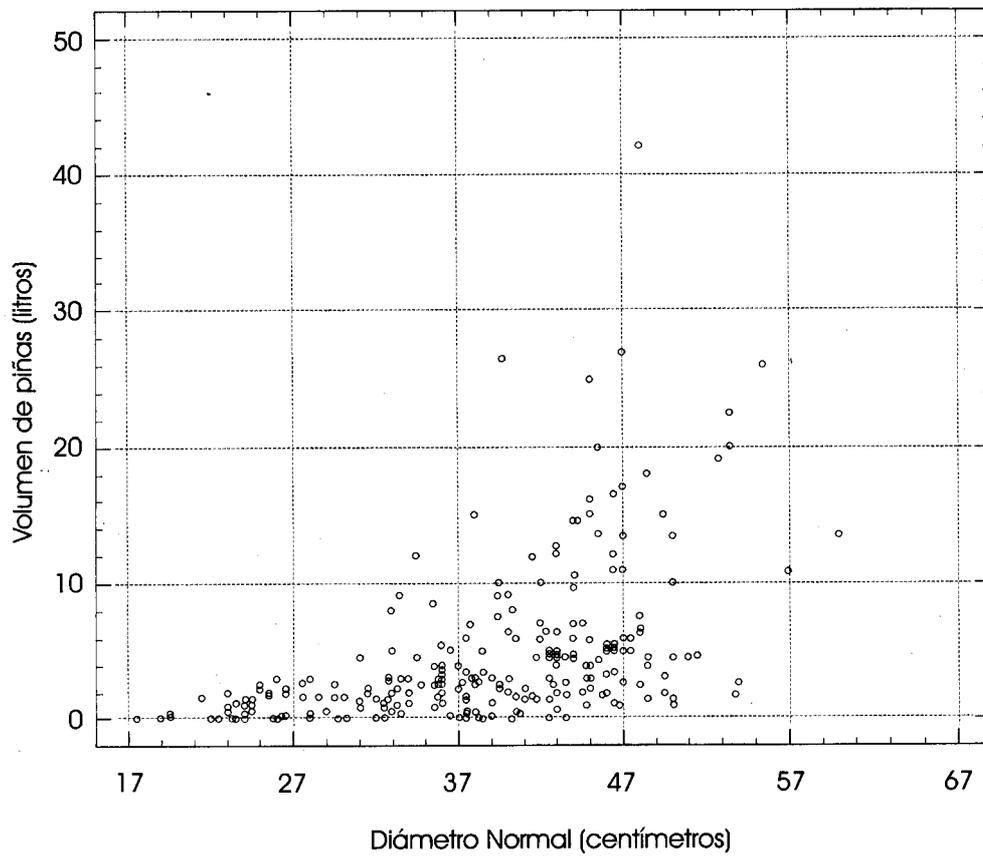


Figura 6.- Producción de piña (1) de árboles de *Pinus nigra* Arn en Cerro Candelar (Cuenca)

Tabla 4. Tratamientos culturales para incrementar la producción de madera y piñas en *Pinus pinaster* de las Landas (Alazard, 1995)

Categoría	Operación cultural ⁽¹⁾	Ganancia obtenida	
		Volumen	Piñas
Huertos semilleros (Hasta 20 años)	-Eliminación química de la vegetación acompañante (verano año n) - (Facultativo) Fertilización nitrogenada (100 unidades) en primavera (verano año n+1 o n+2)	+2-3 m ³ /ha/año	30-50 %
Masa selectas (Edad >40 años)	- Fertilización fosfórica (100 unidades/ha P ₂ O ₅) en primavera (año n) - Eliminación química de vegetación acompañante (verano año n).	+5-6 m ³ /ha/año	50-100 %

(1) El año n es aquel en el que se inician los tratamientos.

El control de la vegetación accesoria facilita, además, la recogida de semilla y el desplazamiento por la zona de recolección.

Las *podas* son esenciales para facilitar la recolección en los árboles en pie, pues permite un acceso bueno a las copas para poder escalar.

Por último conviene hacer *barreras cortafuegos* alrededor de los rodales seleccionados, además de vigilar la presencia de *plagas* o *enfermedades* que mermen la producción de piña.

Los efectos de las *claras* en los rodales semilleros y sobre la producción de piña son varios:

- Se eliminan los árboles con caracteres fenotípicos no deseables.
- Se consigue que el tamaño de las copas aumente. Existe una relación positiva entre el diámetro de copa y el diámetro normal, y entre estas dos variables y la producción de piña. Por tanto, las claras aumentan la producción de piña por árbol.
- Se concentra la producción de piña en un menor número de árboles, aumentando el rendimiento de la recolección. En este sentido la producción de piña presenta un efecto clonal muy fuerte. Por ello, podrían eliminarse aquellos árboles que en las masas presenten una escasa producción de piña. De este modo la recolección puede restringirse a un número reducido de árboles (40-60 pies /ha) que son los árboles semilleros en los que se justifica económicamente la recolección de fruto.

Por ejemplo, los cambios en las distribuciones diamétricas en una masa de pino silvestre a los 20 años de realizar la clara se observa en la Figura 7 (del Río, no publicado). Partiendo de la misma distribución diamétrica, se observa la diferencia de los diámetros entre el testigo (Tratamiento A, sin clara) que es mucho menor que en el tratamiento más intenso (Tratamiento E, clara fuerte). Este incremento de diámetro se corresponde con un incremento de la copa, y por tanto de la producción de piña. La clara, aunque elimina un gran número de árboles no afecta apenas la diversidad genética puesto que incluso en los tratamientos más fuertes el número de pies/ha es suficiente.

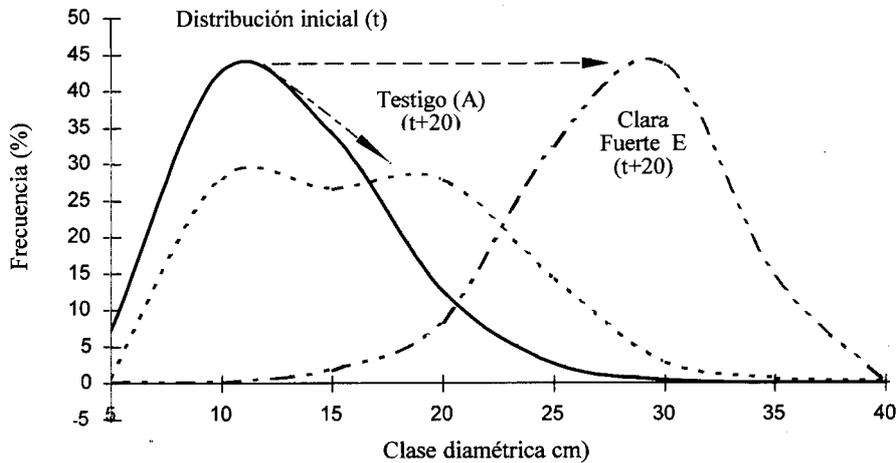


Figura 7.- Distribución diamétrica de una masa de pino silvestre, y su evolución bajo dos regímenes de clara (testigo y clara fuerte), tras 20 años de realizarla (Del Río, no publicado).

Este efecto beneficioso, sin embargo, obliga a efectuar estos tratamientos periódicamente, a partir de una edad no muy elevada y con antelación a la producción comercial de piña. Estas consideraciones son más importantes en los dos últimos puntos. Las experiencias sobre claras permiten avanzar en la elaboración de normas para el manejo de rodales semilleros. En este sentido, las claras más fuertes son las que pueden recomendarse en estos casos, puesto que son las únicas en que se aprecian efectos significativos en el incremento en diámetro.

En pino piñonero, probablemente por la poca espesura de las masas, no se correlaciona la producción de piña por ha con la densidad de la masa (García-Güemes *et al.*, 1997), lo que es excepcional. En pino negral se ha comprobado esta relación (Alazard, 1995), ya que en masas de 38 años de edad se duplica la producción de piña tras 5-6 años de efectuar la clara. En Australia (Hopkins y Butcher, 1994), en masas semilleras de pino negral se realizan claras muy fuertes seguidas de fertilización (N y P) que produce un incremento significativo en la producción de piña (en 16 ha se producen 109 kg de semilla).

La red de sitios de ensayos de claras establecidas en España para distintas especies (*Pinus sylvestris*, *Pinus pinaster* y en menor medida *Pinus nigra*) y los modelos de crecimiento de rodales permiten definir los mejores tratamientos, tanto por su intensidad como por su rotación. Aquellos más intensos, compatibles con la estación, serán los más eficaces para la producción de piña. Actualmente se cuenta con modelos que permiten precisar los límites entre los que pueden realizarse estos tratamientos en *Pinus sylvestris* (Rojo y Montero, 1996, del Río, 1998), *Pinus pinaster* de Galicia Costera (Rodríguez Soalleiro *et al.*, 1994), etc.

CAPÍTULO 6: MÉTODOS DE MEJORA GENÉTICA

Introducción

En el capítulo anterior se han analizado las diferentes formas de materiales de base para producir semilla (o material de reproducción), que es el resultado práctico de la mejora genética.

Para conseguir un material que reúna las características más apropiadas se combinan diversas actuaciones dentro de un programa de mejora, entre las que destacan las de selección, cruzamiento y evaluación del material obtenido. Estas actuaciones se encadenan en el tiempo dando lugar a distintos ciclos de mejora. Las actuaciones que se incluyen dentro del programa dependen tanto de la especie como de la procedencia, pues se tienen que considerar diversos factores como son las características biológicas de las especies (floración, fructificación, crecimiento, etc.), de su empleo en reforestaciones, de la importancia económica de la especie, de los niveles de ganancia genética que se desean obtener y los niveles de variabilidad que se quieren mantener, y por último de los recursos económicos disponibles.

A continuación se analizan distintos aspectos que influyen en la definición de la estrategia seguida, como son los caracteres considerados, los patrones de variación de estos caracteres, la importancia de los distintos niveles de variación, el esquema de selección, la evaluación y los cruzamientos, así como los recursos que pueden destinarse.

Caracteres de mejora

Un carácter que se desea incluir en un programa de mejora ha de cumplir una serie de requisitos como son que tenga importancia económica, que tenga variabilidad genética y heredabilidad alta, que tenga correlación genética positiva con otros caracteres importantes y que no tenga correlación genética negativa con caracteres importantes (Michel y Gil, 1984). Esto hace que los caracteres a mejorar dependan de la especie, o procedencia, que se considere.

Los caracteres que presentan mayor importancia en los pinos dentro de las condiciones españolas son:

- la adaptación a los ambientes en que habitan.
- la producción de madera o en, menor medida, resina, frutos, etc.

Estos caracteres están relacionados, de tal forma que las plantas mal adaptadas presentan una mayor mortalidad y una menor producción, aunque en ocasiones las plantas bien adaptadas pueden dar bajas producciones. La gran variabilidad climática anual en la zona mediterránea motiva que la adaptación sea importante para asegurar la persistencia de las

masas a largo plazo. Es, también, un aspecto esencial en las repoblaciones protectoras. La adaptación es un carácter difícil de evaluar por los complejos mecanismos fisiológicos implicados en los procesos de tolerancia a ambientes adversos. Es un carácter complejo que puede subdividirse en otros más simples bajo un control genético mayor. Los caracteres fáciles de evaluar y que son indicadores de una buena adaptación de las poblaciones a los ambientes en que habitan son la supervivencia, ausencia de plagas y enfermedades, la tolerancia a la sequía, así como la capacidad de floración y fructificación. Se ha comprobado la adaptación a factores climáticos como las heladas o la sequía a través de la fenología del crecimiento, el tamaño de las semillas, etc. También es importante la adaptabilidad, es decir la capacidad de adaptarse de los individuos o poblaciones, en especies de turnos largos en los que las condiciones ambientales son muy variables o pueden producirse cambios climáticos que exijan nuevas adaptaciones. La adaptabilidad depende tanto de la plasticidad de los genotipos como de la variabilidad genética dentro de las poblaciones que actúa como almacén de combinaciones que pueden estar disponibles en el futuro.

La producción en madera está condicionada por caracteres relacionados con el crecimiento, la forma de los fustes y la supervivencia de las masas. En la Figura 1 se muestra la relación entre los caracteres más usuales medidos en ensayos de procedencias y progenies, relacionados con el crecimiento y la adaptación de las especies. Los más importantes tienen que ver con el volumen de madera (determinada por el crecimiento, la altura y diámetro de los árboles), su calidad que puede ser estimada por la presencia de defectos en los fustes (ahorquillamiento, bifurcación, fibra revirada, etc.), por la rectitud y la verticalidad, y por los caracteres de ramificación de los árboles. En esta figura no se han incluido los parámetros físico - mecánicos que evalúan la calidad tecnológica de la madera que tienen una influencia decisiva en el rendimiento y valor de la madera. Tampoco se han incluido caracteres fisiológicos complejos.

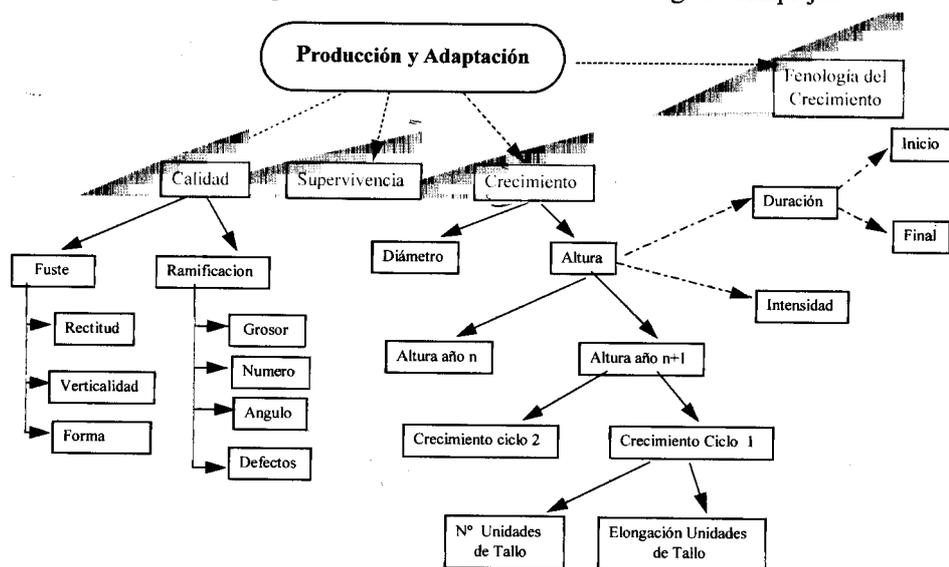


Figura 1.- Relación entre caracteres medidos en ensayos de campo, dependiendo del nivel de descomposición de los caracteres complejos.

La importancia de cada uno de estos caracteres simples dependerá de la especie considerada. Así en *Pinus pinaster*, la rectitud es esencial en algunas procedencias, mientras en *Pinus sylvestris* no suele representar un factor limitante en la mayoría de ellas.

Para analizar la estrategia de mejora a seguir hemos de tener en cuenta el grado de control genético de cada uno de estos caracteres y su valor para ser incluido en un programa de selección. En el caso de selección de poblaciones vamos a considerar dos factores esenciales: la heredabilidad de los caracteres y la interacción genotipo - ambiente. Estos dos aspectos marcan, en gran medida, la posibilidad de selección.

Heredabilidad

El grado de control genético de los distintos caracteres es esencial para evaluar la eficacia de la selección de individuos tanto en masas como en ensayos de campo. Si la heredabilidad es nula, no podremos obtener ninguna ganancia para ese carácter, independientemente de lo importante que sea. La heredabilidad puede ser determinada a diferentes niveles, dependiendo de la estrategia de selección y propagación utilizada (Tabla 1), puesto que modifican enormemente la proporción de la varianza genética que puede ser convertida en ganancia. Así cuando utilizamos poblaciones estamos transmitiendo la superioridad de la población en su conjunto respecto al resto de las poblaciones ensayadas. Mientras que por selección y propagación clonal se transmite la composición genética completa del ortet. El diferencial de selección varía entre las distintas estrategias de selección disponibles: material identificado (sin selección), material seleccionado (selección escasa) o material controlado (diferencial ya evaluado, y con conocimiento de la ganancia esperada). Entre todas las estrategias, las alternativas se producen principalmente para materiales procedentes de selección individual y familiar.

En estos esquemas, la selección de los mejores rodales puede producir una ganancia significativa durante el primer ciclo de selección, pero una vez elegida los mejores rodales la ganancia se estabiliza. Por el contrario, con los otros métodos de selección la ganancia esperada va aumentando en cada ciclo de mejora.

Dado que la selección de masas es el primer nivel de los manejados, conviene analizarla en detalle. Los factores que influyen en su variabilidad, determinando los patrones geográficos de variación quedan recogidos en las regiones de procedencia de la especie, puesto que la variación genética en los principales caracteres se consideran en su delimitación (ver capítulo 7). El otro factor determinante es el de analizar los valores que determinan la heredabilidad a este nivel.

La heredabilidad depende tanto de las poblaciones estudiadas, como de la especie, y en general se pueden esperar niveles altos de ganancia para la mayoría de los caracteres que tienen importancia económica seleccionando las fuentes semilleras más apropiadas.

Tabla 1. Métodos de selección aplicados en Mejora Genética Forestal (modelo de Namkoong, 1976).

Método de selección	Material de base	Varianza genética transmitida	Heredabilidad		Tipos de Ensayos	Cruces controlados
			Numerador	Denominador		
Masal de rodales	Rodales	Población	σ^2_p	σ^2_{TW}	Proceden	No
Clonal	Clones	Genética	σ^2_G	σ^2_T	Clonales	No
Recurrente normal	Individuos	Aditiva	σ^2_A	σ^2_T	Progenies	No
Recurrente con ensayos clonales o de familias autofecundadas.	Individuos	Aditiva	σ^2_A	σ^2_{TP}	Clonales / Progenies	Sí
Individuos dentro de familias de medio-hermanos	Individuos	Aditiva	$\frac{3}{4} \sigma^2_A$	σ^2_{TW}	Progenies	No
Masal sin control del polen paterno	Individuos	Aditiva	$\frac{1}{2} \sigma^2_A$	σ^2_T	Progenies	No
Masal sin control del polen paterno, con ensayos clonales	Individuos	Aditiva	$\frac{1}{2} \sigma^2_A$	σ^2_{TP}	Clonales	No
Acumulativa dentro de familias de hermanos - completos	Individuos	Aditiva	$\frac{1}{2} \sigma^2_A$	σ^2_{TW}	Progenies	Sí
Familias de medios hermanos	Familias	Aditiva	$\frac{1}{4} \sigma^2_A$	σ^2_{TP}	Progenies	No
Familias de hermanos completos.	Familias	Aditiva y Dominante	$\frac{1}{2} \sigma^2_A + \frac{1}{4} \sigma^2_D$	σ^2_{TP}	Progenies	Sí

σ^2_p : Varianza debida a la población; σ^2_G : Varianza genética total; σ^2_A : Varianza genética aditiva; σ^2_D : Varianza genética dominante.

σ^2_T : Varianza fenotípica para parcelas monoárbol; σ^2_{TP} : Varianza fenotípica entre medias de familias; σ^2_{TW} : Varianza fenotípica para parcelas con varios árboles.

Cuando consideramos una especie en su conjunto, es decir sin división en regiones de procedencia, la heredabilidad del carácter depende de la existencia de interacción genotipo-ambiente. Esta interacción determina, según su importancia, la necesidad de establecer zonas de mejora diferentes, y en la estrategia seguida de mejora.

En el caso de un ensayo en diversos ambientes, la heredabilidad viene estimada por:

$$h^2 = (\sigma^2_A / \sigma^2_P) = \sigma^2_A / (\sigma^2_A + \sigma^2_{NA} + \sigma^2_{GE} + \sigma^2_E)$$

La varianza fenotípica está determinada por la varianza genética aditiva (σ^2_A) y no aditiva (σ^2_{NA}), por la heterogeneidad ambiental (medida por σ^2_E) y por la interacción genotipo ambiente (σ^2_{GE}).

Podemos señalar la importancia de la interacción a partir de los resultados obtenidos en algunas de estas especies, y centrándonos en la selección de masas, evaluada a través de los ensayos de procedencias. Al considerar procedencias hemos de escribir la heredabilidad (o repetibilidad):

$$h^2 = \sigma^2_p / (\sigma^2_p + \sigma^2_{pl}/s + \sigma^2_e/sr)$$

Donde:

σ^2_p : varianza de la procedencia

σ^2_{pl} : varianza de la interacción procedencia - sitio

s: nº de sitios de ensayo

r: nº de repeticiones

La influencia de los distintos componentes sobre la heredabilidad, y por tanto en la posibilidad de mejora, se puede analizar a través de los dos coeficientes siguientes:

- La relación de la varianza de la procedencia a la residual: $k_1 = \sigma^2_p / \sigma^2_e$
- La relación de la varianza de la interacción procedencia - sitio a la residual: . . . $k_2 = \sigma^2_{pl} / \sigma^2_e$

En la Tabla 2 se recogen los componentes de la varianza obtenidos en varios ensayos de procedencias de *Pinus pinaster* (Alía *et al.*, 1995, Alía y Moro, 1996), *Pinus sylvestris* (Alía *et al.*, 1998) y *Pinus nigra* (Wilcox y Miller, 1975), así como los valores de la heredabilidad y de los dos coeficientes antes señalados (k_1 y k_2).

Si tomamos como punto de partida los datos disponibles en nuestras especies, en *Pinus pinaster* nos estamos moviendo por un valor medio de la interacción (k_2 de 0,15) y ligeramente superior en el caso de *Pinus sylvestris* (k_2 de 0 a 0,3). No contamos con valores para *Pinus nigra* ni para *Pinus halepensis* en España, aunque los señalados por Wilcox y Miller (1975) se basan en muchas procedencias de todas las subespecies entre las que se incluyen 7 españolas. En la Figura 2 se representa la ganancia genética obtenida por la selección de rodales dependiendo de la importancia de la variación existente entre las procedencias (valor de k_1) y de la interacción genotipo ambiente (valor de k_2), todo ello suponiendo que seleccionamos los rodales que superen el 20% de la media. Se observa que bajo una misma hipótesis de interacción genotipo ambiente (mismo valor de k_2), al aumentar la varianza ambiental (que equivale al aumento de la heterogeneidad de la zona de mejora) se produce una reducción significativa de la repetibilidad, y por tanto de la ganancia genética esperada. Se

observa que podemos realizar una selección eficaz de los mejores rodales en todos los casos, y que es aconsejable reducir la importancia de la interacción, cosa que podemos hacer a través de la reducción de la heterogeneidad de la zona de mejora, es decir de la región de procedencia.

Tabla 2. Componentes de la varianza estimados en *Pinus sylvestris*, *P. nigra* y *P. pinaster*.

Variable	σ_p^2	σ_l^2	σ_{pl}^2	$\sigma_{b:l}^2$	σ_e^2	h^2	k_1	k_2
<i>Pinus sylvestris</i> edad: 7 n° sitios:5								
Altura (7 años)	18.1837	234.468	20.0496	13.076	63.117	0.72	0.29	0.31
Diámetro	0.0540	8.4961	0.7224	1.8118	3.9248	0.14	0.01	0.18
Supervivencia	0.0000	0.0433	0.0003	0.0039	0.0349	0.00	0.00	0.00
N°ramas(6 año)	0.0274	0.3773	0.0872	0.0431	0.2913	0.46	0.09	0.29
<i>Pinus nigra</i> edad: 20 n° sitios:4								
Altura	81.50	193.59	32.25	0.0	384.14	0.94	0.21	0.08
Diámetro	320.63	741.85	160.45	79.45	1232.1	0.90	0.26	0.13
Rectitud	0.842	0.486	0.428	0.228	1.998	0.90	0.42	0.21
Ahorquillamiento	101.99	293.65	46.57	185.73	619.80	0.76	0.16	0.07
<i>Pinus pinaster</i> edad: 20 n° sitios:5								
Altura	0.157	4.53	0.106	0.223	1.052	0.68	0.15	0.10
Diámetro	0.487	6.13	0.814	0.333	3.343	0.59	0.15	0.24
Supervivencia	0.0071	0.0035	0.0056	0.002	0.045	0.70	0.16	0.12
Policiclismo	0.031	0.176	0.0121	0.0032	0.075	0.83	0.41	0.16
Volumen	0.012	0.315	0.0223	0.0180	0.126	0.53	0.09	0.18

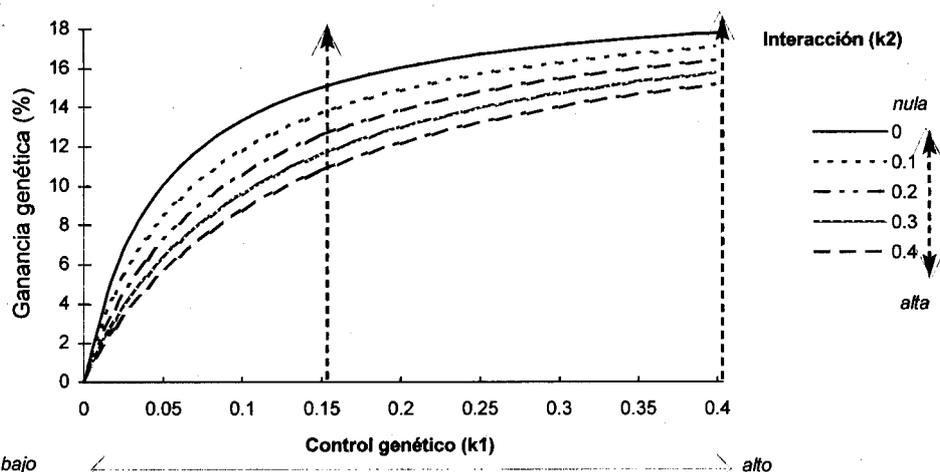


Figura 2.- Relación entre los componentes de la varianza debido a la procedencia, a la interacción y el error y la ganancia genética obtenida por selección de masas para un carácter determinado.



Ensayo de progenies de pino carrasco en Altura (Castellón) con material de la región Levante. En este caso los caracteres objeto de la mejora, son el crecimiento y la adaptación a condiciones xéricas.



Medición del crecimiento en un ensayo de progenies de pino negral en Arenas de San Pedro (Ávila) con material de la procedencia Sierra de Gredos. El objeto de la mejora es la producción de madera, demostrada la superioridad en crecimiento junto a una amplia adaptación a distintos medios.

Por otra parte se ha de considerar la ganancia obtenida por selección dentro de las poblaciones. En estas especies la propagación clonal suele ser poco común y restringida a poblaciones determinadas, y por tanto nos podemos ceñir a la variación individual. El valor de la heredabilidad suele ser moderado para los caracteres relacionados con el crecimiento, y mayor para la densidad de la madera (Tabla 3). Los caracteres relacionados con la forma del fuste presentan valores muy diversos. Estos valores son similares a los de otras especies como *P. radiata* (Matheson y Raymon, 1984; Shelbourne, 1972; Cotterill *et al.*, 1987).

Tabla 3. Heredabilidad de distintos caracteres de mejora.

Especie	Carácter	Heredabilidad	Autores	Edad
<i>P. sylvestris</i>				
	Altura	0.14 ± 0.08	Velling y Tigerstedt (1984)	16
		0.36 ± 0.19	Krusche <i>et al.</i> (1980)	11
		0.36 ± 0.11	Climent <i>et al.</i> (1997b)	8
	Ángulo ramas	0.22 ± 0.09	Velling y Tigerstedt (1984)	16
	Densidad	0.46 - 0.56	Person (1972)	
	Diámetro ramas:	0.05 ± 0.01	Velling y Tigerstedt (1984)	16
	Diámetro	0.15 ± 0.09	Krusche <i>et al.</i> 1980	11
		0.37 ± 0.23	Velling y Tigerstedt (1984)	16
	Esbeltez	0.26 ± 0.13	Velling y Tigerstedt (1984)	16
	Densidad (Pilodin):	0.81 ± 0.50	Velling y Tigerstedt (1984)	16
<i>P. nigra (distintas subespecies)</i>				
	Altura	0.36	Alía y Durel (no publ.)	16
		0.55	Enescu y Contescu (1987)	12
		0.35	Arbez y Miller (1972)	10
	Diámetro	0.20	Arbez y Miller (1972)	10
	Densidad madera	0.67	Arbez y Miller (1972)	10
	Ángulo ramas	0.43	Alía y Durel (no publ.)	16
		0.54	Arbez (1980)	10
	Policiclismo	0.19	Alía y Durel (no publ.)	16
	Número de defectos	0.23	Alía y Durel (no publ.)	16
	Número de ramas	0.17	Arbez (1980)	10
<i>P. pinaster</i>				
	Altura	0.19	Cotterill <i>et al.</i> (1987)	8.5
		0.17 - 0.2	Kremer (1981)	
		0.22	Destremau <i>et al.</i> (1982)	
	Densidad	0.60	Destremau <i>et al.</i> (1982)	
	Diámetro	0.04	Cotterill <i>et al.</i> (1987)	8.5
	Desviación a la vertical a 1.5 m	0.19	Conche (1978)	10
	Forma del fuste; Escala 1-10	0.37	Mauge <i>et al.</i> (1976)	
	Escala 1-8	0.03 ± 0.02	Cotterill <i>et al.</i> (1987)	8.5
	Policiclismo	0.50	Destremau <i>et al.</i> (1982)	
	Rectitud	0.25	Destremau <i>et al.</i> (1982)	
	Verticalidad	0.20	Destremau <i>et al.</i> (1982)	
<i>P. halepensis</i>				
	Altura	0.45	Panetsos (1981)	8
<i>(P. brutia)</i>	Altura	0.17	Panetsos (1981)	8
	Diámetro	0.33	Panetsos (1981)	8

Resumiendo, la ganancia genética esperada en las primeras etapas de mejora forestal dependen, en primer lugar de la variación entre y dentro de procedencias. Por ejemplo, el policiclismo en *Pinus pinaster* presenta un alto grado de variación entre procedencias, así como una alta ganancia esperada por selección individual. Cuando se considera el nivel de las poblaciones su valor es también elevado para la supervivencia y la fenología, puesto que están relacionadas con la adaptación al clima. También suele existir una correlación genética negativa entre tolerancia a la sequía y crecimiento. El crecimiento suele presentar un moderado nivel de variación entre procedencias, con una alta ganancia esperada por selección individual. En *Pinus sylvestris*, la rectitud del fuste apenas presenta variación fenotípica y por tanto no podremos obtener ninguna ganancia genética por selección hacia este carácter. Por tanto, estos patrones han de ser estudiados en cada especie y para las procedencias más importantes. Willan (1988) ha sintetizado en un esquema sencillo estos valores (Tabla 4).

Tabla 4. Ganancia genética esperada en las primeras etapas de mejora forestal (de Willan, 1988).

Grado de variación entre procedencias	Ganancia esperada de la selección de procedencias (%)	Grado de variación dentro de la procedencia	Ganancia esperada de la selección individual (%)	Ganancia total esperada (%)
Alto	10 a 20	Alto	15 a 30	25 a 50
	10 a 20	Moderado	5 a 15	15 a 35
	10 a 20	Bajo	1 a 5	11 a 25
Moderado	5 a 10	Alto	15 a 30	20 a 40
	5 a 10	Moderado	5 a 15	10 a 25
	5 a 10	Bajo	1 a 5	6 a 15
Bajo	1 a 5	Alto	15 a 30	16 a 35
	1 a 5	Moderado	5 a 15	6 a 20
	1 a 5	Bajo	1 a 5	2 a 10

Por último señalar que el objetivo principal no es siempre maximizar la ganancia genética; así, cuando se elige el material a utilizar también se valora el mantenimiento de la variabilidad genética y la persistencia de las masas. Esta variabilidad suele ser mayor en el material de reproducción obtenido mediante una selección menor, como las fuentes semilleras o los rodales selectos, puesto que procede de un mayor número de individuos. Sin embargo, en general la variabilidad genética de los materiales de base en estas especies no es un factor limitante, puesto que los materiales de reproducción se obtienen de un número suficiente de progenitores.

Ciclo de mejora

La duración del ciclo de mejora determina en gran medida la rentabilidad de las actuaciones a realizar. Este ciclo de mejora viene determinado por algunas propiedades intrínsecas de las especies (precocidad de la floración, tiempo en que tarda en expresarse el carácter).

ter para el que se selecciona). En aquellas especies cuyos ciclos son muy cortos, la mejora genética es muy rentable económicamente (caso de cultivos agrícolas y especies forestales como chopos, eucaliptos, etc). Conforme va aumentando el ciclo, las actuaciones son menos rentables económicamente y se procede a realizar programas de mejora no intensivos. Considerando un único carácter, el nivel de ganancia anual es menor del 1%, casi independientemente de que elevemos enormemente el nivel de selección hasta alcanzar una superioridad de la población seleccionada del 40% frente a la media (Figura 3). Por tanto, en caracteres de escasa rentabilidad económica, principalmente ligados a un elevado ciclo de mejora, es difícil asegurar una rentabilidad de las actuaciones a largo plazo.

Actualmente, el único medio de acortar el ciclo de mejora es mediante la inducción de la floración y fructificación, en la realización de huertos semilleros, bancos clonales, ensayos precoces o mediante la selección asistida por marcadores moleculares. En especies de escaso rendimiento económico, estas inversiones son difíciles de justificar, a no ser que las especies estén destinadas a usos muy específicos como pueden ser la producción de resina, el cultivo en zonas muy degradadas o muy áridas, etc.

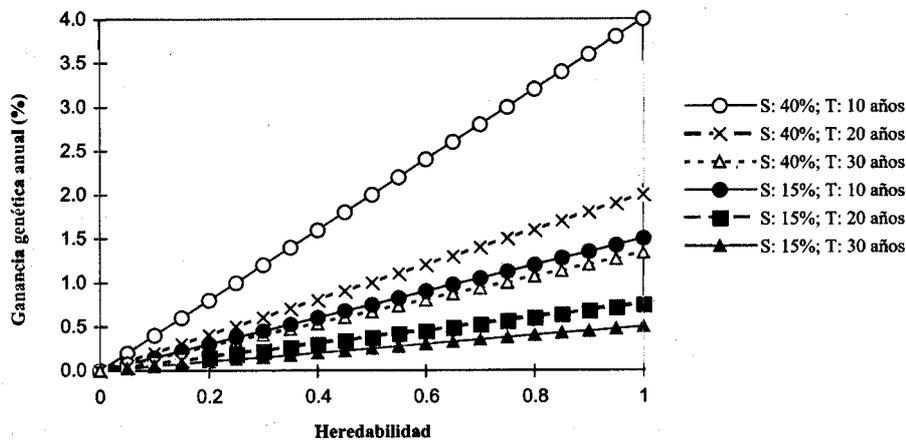


Figura 3.- Ganancia anual (en %) obtenida para distinta heredabilidad del carácter, suponiendo ciclos de mejora (T) de 10, 20 y 30 años, y una selección (S) del 15 y 30% frente a la media de la población.

Actuaciones de mejora

Las actuaciones que se incluyen en un programa de mejora son múltiples, entre las que destacan las de selección, cruzamiento y evaluación del material obtenido dando lugar a un nuevo ciclo de mejora. Las actuaciones propuestas son a largo plazo, extensivas, de bajo coste y en las que se alcanza una moderada o nula ganancia genética dependiendo de los caracteres.

El planteamiento de las actuaciones corresponde a la línea iniciada por Pardos y Gil (1986) al planificar la red de huertos semilleros. Este trabajo planteaba una *estrategia jerárquica* en la que cada zona de mejora producía su propio material forestal de reproducción. En el programa propuesto se ha seguido un *sistema de poblaciones múltiples* (MBPS)¹ establecido por Namkoong *et al.* (1980) y que se ha aplicado a muchas especies forestales como *Pinus sylvestris* y *Picea abies* en Suecia, *Picea abies* en Dinamarca o *Quercus suber* en Portugal (Varela y Eriksson, 1995). Se parte de distintas poblaciones de mejora, cuyos fines pueden no ser los mismos. Cada población (Figura 4) puede mejorarse independientemente, o mezclarse varias de ellas (poblaciones 3 y 4 del esquema) para dar lugar a una variedad sintética (población productora de semilla VI en el esquema). Esta estrategia combina la ganancia a corto plazo con objetivos de conservación genética. En las poblaciones múltiples se divide en subpoblaciones por su grado de parentesco, y no por el valor genético de los individuos (como es el caso de la *estrategia de conservación HOPE*). En nuestro caso las poblaciones de mejora se identifican con cada una de las regiones de procedencia, que como se ha mencionado anteriormente son las unidades de mejora. Bajo la práctica de poblaciones múltiples el nivel de variabilidad genética del agregado de poblaciones se espera que sea superior a la estrategia HOPE y jerárquica, y tan alto como en los rodales naturales.

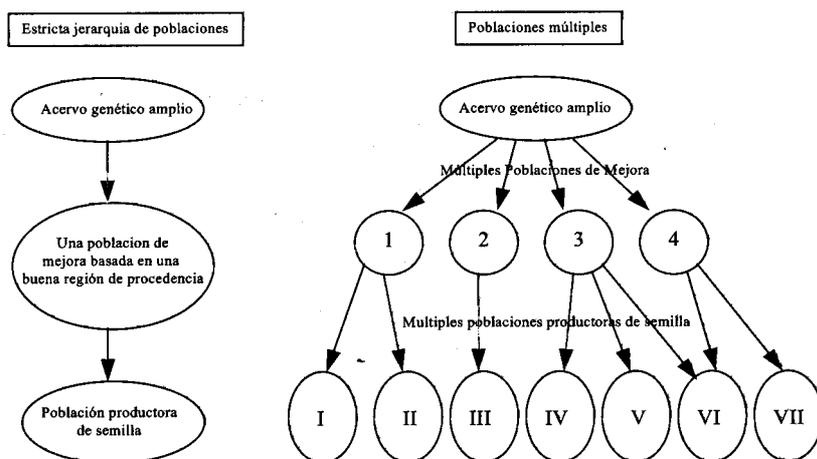


Figura 4.- Esquema de mejora mediante un sistema de poblaciones múltiples en comparación a uno jerárquico.

A partir de este esquema, cada especie queda constituida por varias poblaciones, equivalentes a las regiones de procedencia. Las regiones, sin embargo, no tienen la misma importancia para el uso y la mejora de la especie. La mayor parte de ellas tienen un uso local, y por tanto las actuaciones han de ser extensivas, limitadas a acciones poco costosas

¹ La abreviatura MBPS corresponde a "Multi-breeding population system"

económicamente, de poca dificultad técnica y que puedan ser abordadas por los propios gestores de los montes. Las fuentes semilleras y los rodales selectos son la base de las actuaciones. Existe un segundo nivel que corresponde a aquellas regiones de mayor calidad o que pueden ser utilizadas en amplias zonas, en las que es rentable efectuar actuaciones de mejora más intensas. En este caso se puede proceder a la selección de individuos sobresalientes para establecer huertos semilleros y bancos clonales. En casos de gran rentabilidad, los cruzamientos controlados y posteriores selecciones dan lugar a eventuales ciclos de mejora en los que la ganancia genética se va incrementando. Las poblaciones en peligro de desaparición son el objetivo de las medidas de conservación *in situ*, mediante la delimitación de zonas de conservación, y de conservación *ex situ*, por medio de ensayos de procedencias, bancos clonales de conservación y conservación de propágulos.

El esquema simplificado se puede observar en la Figura 5. Los huertos semilleros (HS) son una parte esencial de la mejora a largo plazo de cada zona de mejora, pues junto a los programas de evaluación y cruzamientos (CE) permiten obtener una mayor ganancia genética en cada una de las generaciones de mejora. Las fuentes semilleras (FS), las masas y rodales selectos (RS) y los rodales semilleros (RSe) complementan los materiales de base encaminados a la producción de semilla. En condiciones normales, la pérdida de diversidad no es un problema serio en la mayoría de los programas de mejora genética forestal no intensivos. Por ello, las actuaciones de conservación, principalmente *in situ* (CI), se restringen a aquellas poblaciones con serio peligro de desaparición o alteración. La conservación *ex situ* (CE) se refiere a la conservación o plantación de los genotipos en peligro fuera de su área natural (en bancos de germoplasma o ensayos) y suele estar referido a poblaciones con alto riesgo de desaparición o pérdida por cruzamiento con material exótico.

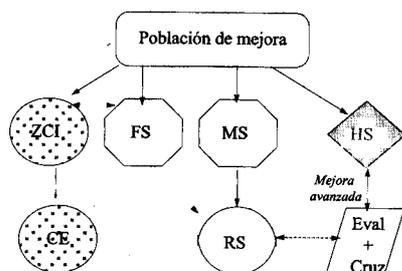


Figura 5.- Esquema de las actuaciones de mejora en una de las regiones de procedencia.

(Explicación en el texto, CI: Zona de Conservación *in situ*, CE: Conservación *ex situ*, FS: Fuente semillera, RS: Rodal Selecto, RSe: Rodal semillero, HS: Huerto semillero, EC: Pruebas de ensayo y cruzamientos.

Referido concretamente a la selección de masas, en la Figura 6 se recoge el esquema de actuación propuesto. Se parte de la delimitación de las **regiones de procedencia** de cada especie. Existe una línea de actuaciones encaminadas a suministrar material forestal de reproducción que responde a distintos niveles de selección tal como se recogen en el



Establecimiento del huerto semillero

Individuos sobresalientes propagados por injerto

Recogida de la cosecha fácilmente

Cosechas abundantes

Producción de planta forestal de calidad

Actuaciones de mejora relacionadas con la producción de material de base seleccionado. Las distintas fases que se suceden son la selección de individuos sobresalientes, la recolección de yemas y semillas de los mismos, para el injertado y establecimiento del huerto semillero y del ensayo de progenies (testado genético de los clones seleccionados), la producción de semilla y, por último, la obtención de planta de calidad. (Fotografía Eduardo Notivol)

Catálogo Nacional de Materiales de Base. Se incluyen tres niveles de selección y control: material forestal de reproducción identificado, seleccionado y controlado. Al ir incrementando la selección y las pruebas de evaluación se incrementa la ganancia genética esperada, que va asociada a la disminución en la variación genética del material obtenido. Según aumentamos la ganancia, aumentamos el tiempo necesario para completar las actuaciones y el coste de ellas.

Para efectuar un óptimo uso de este material de reproducción es necesario disponer de información sobre las características ecológicas de los materiales de base, que permita decidir sobre sus regiones de utilización, y sobre la calidad genética obtenida a partir de ensayos en campo.

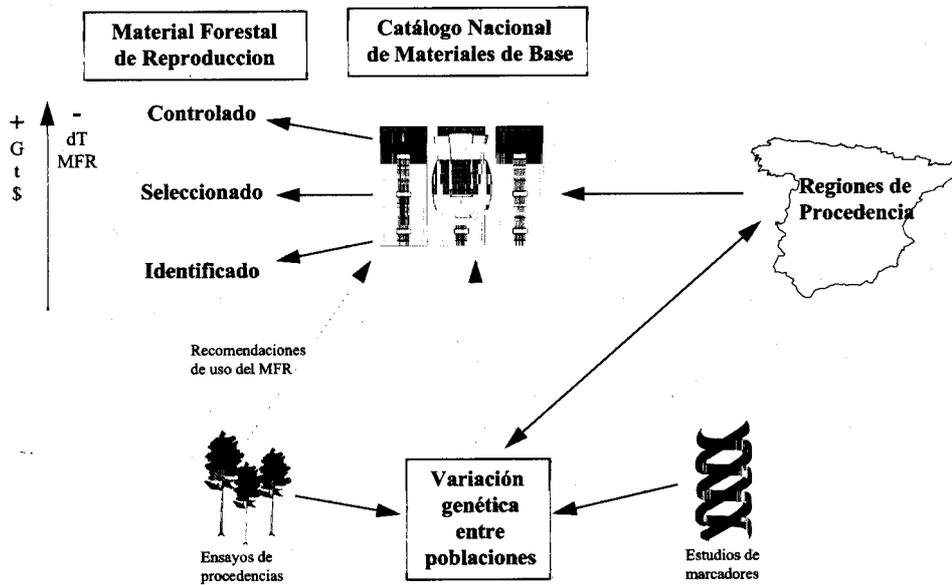


Figura 6.- Esquema de las actuaciones previstas, y relación entre ellas.

(G: ganancia genética, t: tiempo, \$: Inversión, dT: Diversidad genética, MFR: cantidad de material de reproducción).

Los estudios sobre variación genética en poblaciones naturales suministran información en varios sentidos. Los estudios morfológicos indican pautas de variación de las especies y su relación con el ambiente, como primer paso para comprender los mecanismos de adaptación de las especies forestales. Los estudios con marcadores genéticos permiten, precisar la delimitación de las regiones de procedencia a través del estudio de la variación genética, obtener parámetros genéticos de las poblaciones y resolver algunos problemas de identifica-

ción del material forestal de reproducción. Los ensayos de campo (principalmente los ensayos de procedencias y de progenies) evalúan la adaptación de las poblaciones a los distintos ambientes, sirven para estimar la interacción genotipo - ambiente, permiten realizar recomendaciones de uso del material y estimar el valor de uso mejorado de los rodales selectos para obtener material de reproducción controlado.

Relación con el programa de huertos semilleros

Las actuaciones más directamente relacionadas con las aquí planteadas son las derivadas de la ya mencionada red de huertos semilleros clonales del género *Pinus*, la mayoría de los cuales están situados en los Centros Nacionales de mejora genética forestal de la DGCONA.

Los huertos existentes actualmente se recogen en la Tabla 5, en los que se indica la producción anual de semilla prevista para cada especie. La red de huertos semilleros clonales ha generado la instalación de 6 huertos semilleros dependientes de la red de la DGCONA y 2 huertos semilleros que actualmente dependen de la Diputación General de Aragón. En Galicia el programa de mejora genética de *Pinus pinaster* se basa en la procedencia Costera, e incluye la instalación de un huerto semillero clonal de la especie (Vega *et al.*, 1993).

Tabla 5. Superficie de los huertos semilleros instalados en España a partir de la red de huertos semilleros (DGCONA - ETSIM) y producción anual de semilla (prevista)

Especie	Región de Procedencia	Situación	Superficie (ha)	Año de inicio de la producción	Producción prevista (kg/año)
<i>Pinus sylvestris</i>	10	Valsaín	5,04	1998	100
	5	Javierregay ¹	1,96	1997	39
	8	Valsaín	1,28	2000	26
<i>Total</i>	-	3	8,28		165
<i>Pinus nigra</i> ssp. <i>salzmannii</i>	7	Serranillo	2,88	1997	72
	<i>Total</i>	1	2,88		72
<i>Pinus nigra</i> ssp. <i>nigra</i>	Na, Z, Hu	Valsaín	1,83	2000	46
	Na, Z, Hu	Javierregay ¹	1,83	2000	46
<i>Total</i>		2	3,66		92
<i>Pinus pinaster</i>	9	Valsaín	3,36	2000	134
	1a	Galicia ³	4,00	1992	
<i>Total</i>		2			
<i>Pinus halepensis</i>	Levante	Alaquás	2,69	1991	161
	7, 5, 9	Serranillo	2,08	1991	48
<i>Total</i>		2	4,77		209 kg.

¹ Depende de la DGA ² No terminado ³ Depende del CIF-Lourizán

En Aragón, se han realizado diversas actuaciones que inciden en la mejora de estas especies, limitadas a las procedencias presentes en esta CCAA (Notivol, 1997) tanto con *Pinus sylvestris*, *Pinus nigra* y *Pinus halepensis*.

Para cada una de las especies, la producción prevista es menor que el consumo de semilla actual, oscilando entre $\frac{1}{4}$ a $\frac{1}{2}$ de los consumos requeridos. Además el plazo necesario para alcanzar estas producciones es todavía amplio. Los destinos de este tipo de material de reproducción deben ser las repoblaciones de claro objetivo productor, por asegurar una mayor ganancia genética de las masas obtenidas.

Las perspectivas futuras de estos trabajos implica la depuración de los huertos existentes, el incremento de la producción a través de tratamientos (inducción floral, etc) y la ampliación de la red actual por ser una fuente productora de semilla de calidad a un coste bajo y en la que ya se conocen los métodos de establecimiento y manejo (Climent *et al.*, 1997a).

CAPÍTULO 7: REGIONES DE PROCEDENCIA

Concepto y uso

La Región de procedencia es para una especie, subespecie o variedad determinada, el territorio o conjunto de territorios con condiciones ecológicas prácticamente uniformes en los que hay poblaciones que presentan características fenotípicas o genéticas análogas (OM 21-1-89, BOE num 33 del 8-II-89).

Es un término introducido por la CEE en 1965 con objeto de regular el comercio de material forestal, y es equivalente al de zona semillera¹ (Barner y Koster, 1976) puesto que ambas son las unidades de recolección más amplias para los esquemas de certificación establecidos, respectivamente, por la OCDE y UE, y por la AOSCA (Association of Official Seed Certifying Agencies de los EE.UU.)

Un sistema de regiones de procedencia se establece para lograr varios objetivos como son los siguientes (Barner y Willan, 1983; Muhs, 1993):

- Facilitar el comercio del material forestal de reproducción mediante la certificación de la región dónde ha sido recogido o producido.
- Proporcionar una guía para la transferencia de semilla para programas nacionales de repoblación.
- Determinar los límites geográficos máximos dentro de los cuales la semilla recolectada se puede mezclar.
- Proporcionar una base para el muestreo racional para un ensayo de procedencias.

Su utilidad práctica se basa en que permite identificar el material de reproducción por su localización geográfica precisa, por sus características ecológicas de clima y suelo, y por caracteres fenotípicos o genéticos (crecimiento, adaptación, etc.). Esta asignación facilita al usuario la elección del material de reproducción para su uso en reforestaciones.

Las regiones de procedencia con mayor interés pueden ser utilizadas en programas que incluyan aspectos de selección, cruzamientos y evaluación, es decir pueden asimilarse a

¹ La zona semillera (seed zone) se define como una zona de árboles con composición genética relativamente uniforme, determinada a través de la evaluación de la progenie de varias fuentes de semilla. Generalmente el área incluida tiene límites geográficos, clima y condiciones de crecimiento bien definidas (Snyder, 1972).

zonas de mejora de la especie. Es, por tanto, la unidad básica de actuación a partir de la cual se eligen las masas productoras de semilla y se establecen tanto los huertos semilleros como las áreas de conservación de recursos genéticos.

Existe una diferenciación generalizada entre los términos de *origen* y *procedencia*. **Origen**² se refiere al lugar determinado donde se encuentra una población de árboles autóctona o el lugar de donde vino primitivamente una población introducida (OM 3079, BOE num 33, 8-II-89). **Procedencia** se refiere al lugar determinado donde se encuentra una población de árboles autóctona o no autóctona. En este sentido la legislación de la UE diferencia entre *regiones de origen* y *regiones de procedencia* de una especie. En la Orden Ministerial antes mencionada no se incluye el término *región de origen*, así como tampoco en las actuales modificaciones de las normativas. Al definir las regiones se han incluido exclusivamente masas naturales y se ha utilizado el término *regiones de procedencia* por dos motivos:

1. Es el más usual en toda la UE y está recogido en la OM 3079.
2. Existen masas procedentes de repoblación de origen desconocido que podrían ser adecuadas para su uso en repoblaciones. Este es el caso, por ejemplo, de las masas de *Pinus halepensis* de Sierra Espuña o las de *Pinus pinaster* de las repoblaciones de probable origen Landas en las proximidades de Fuencaiente (Ciudad Real). Al utilizar el término de región de procedencia, se deja abierta la posibilidad de definir nuevas regiones que incluyan estas masas.

La utilización del material de reproducción se hace a partir de la información ecológica, fenotípica y genética suministrada para cada región de procedencia. La zona de utilización de cada región es el conjunto de estaciones con características similares a las de la región de procedencia. Una estación puede estar situada dentro de la zona de utilización de varias regiones, entre las que se puede elegir. Este hecho se deriva de que los ámbitos de cada región de procedencia no son disjuntos.

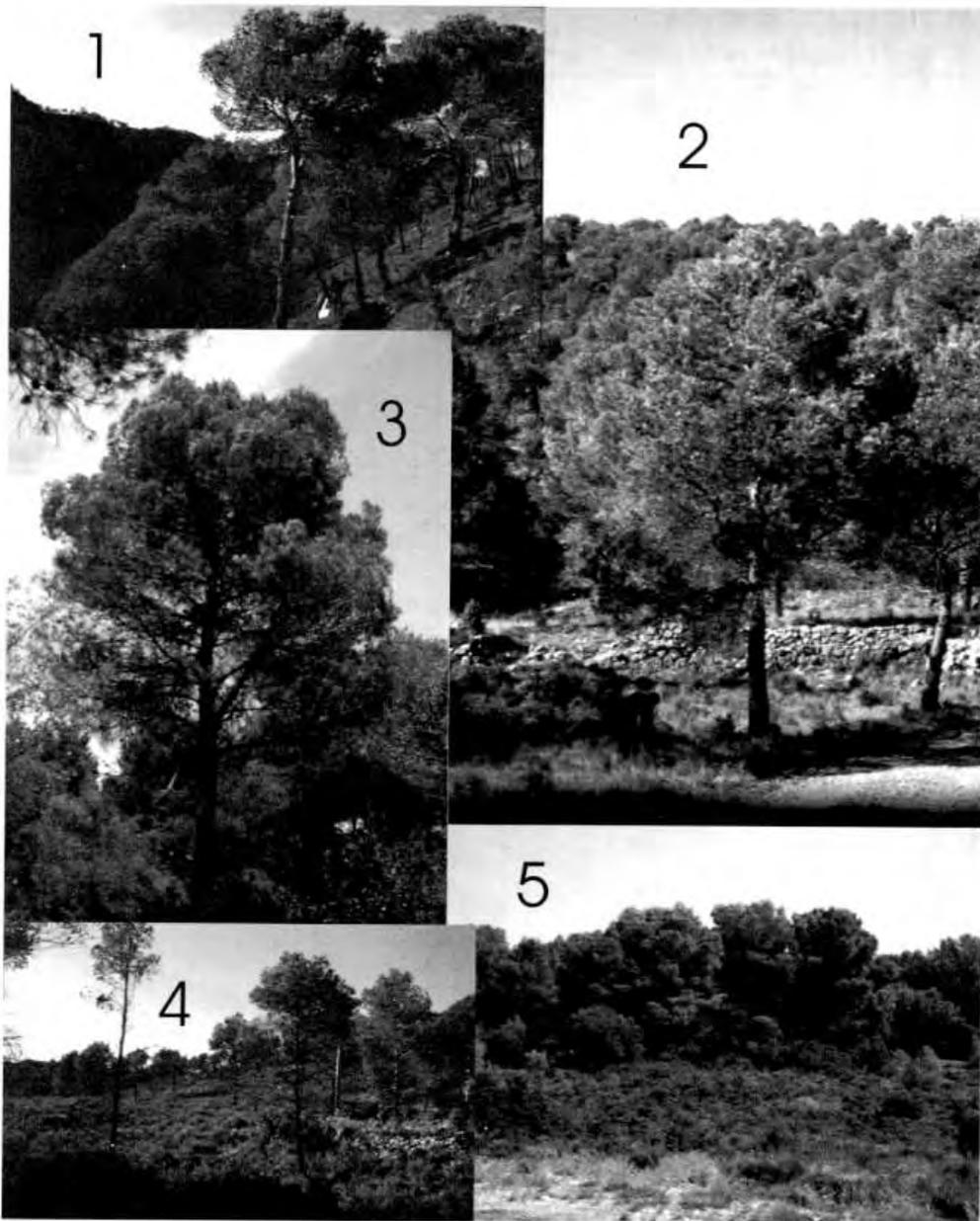
A continuación se analizan los aspectos más importantes de las regiones de procedencia que se relacionan con los métodos de delimitación y la relación entre regiones de procedencia y variación genética de las especies.

Métodos de delimitación

La aplicación práctica que se ha hecho en Europa de la región de procedencia difiere según los países. En algunos de ellos se han realizado para cada especie, mientras en otros lo ha sido de forma común para todas ellas (Tabla 1).

También difiere el método aplicado para obtener la región. Existen dos interpretaciones que utilizan métodos divisivos o aglomerativos para efectuar esta delimitación (CTGREF, 1976), que se representan en la Figura 1.

² En EEUU en ocasiones se refiere a la procedencia como al sitio original de una población introducida (Jones y Burley, 1977; Barner y Koster, 1976).



La delimitación de regiones de procedencia se basa en la relación entre variación genética y variación ecológica y geográfica. Distintas manifestaciones de *Pinus halepensis* ilustran las diferencias dentro de una misma especie: Quéntar (Granada) en la región de procedencia Bética Meridional (1); Cucalón (Castellón) en la región de procedencia Maestrazgo-Los Serranos (2 y 4); Colmenar de Oreja (Madrid) en la región de procedencia Alcarria.

Tabla 1. Comparación de las regiones de procedencia en diversos países europeos. (Adaptado de Gordon y Samuel, 1992)

País	División	Método	Criterios
Alemania	Específica	Divisivo	Ecológicos, Distribución
Austria	Territorial	Divisivo	Ecológicos
Bélgica	Territorial	Divisivo	Fitogeografía, Ecológicos, Administrativos
Dinamarca	Territorial	-	-
España	Específica	Divisivo-Aglomerativo	Ecológicos-Geográficos
Francia	Específica	Aglomerativo	Ecológicos, Morfológicos
Grecia	Territorial	Divisivo	Días de sequía
Holanda	Territorial	Divisivo	Ecológicos-Administrativos
Irlanda	Territorial	-	-
Italia	Específica	Aglomerativo	?
Gran Bretaña	Territorial	Divisivo	Ecológicos
Bretaña	<i>P. sylvestris</i>	Aglomerativo	Genéticos

1. **División** de todo el territorio en unidades geográficas y ecológicas homogéneas, disjuntas y con fronteras bien definidas. Cada punto del territorio pertenece a una región de procedencia. Este método suele aplicarse para definir un conjunto de regiones para todas las especies.
2. **Unión** de poblaciones similares de una especie en unidades homogéneas, sin fronteras definidas. Un punto del territorio puede pertenecer a distintas regiones de procedencia dependiendo de la especie considerada. Este es el método aplicado en Francia, y con modificaciones, en España. También es el utilizado para algunas especies como *Pinus sylvestris* en Gran Bretaña.

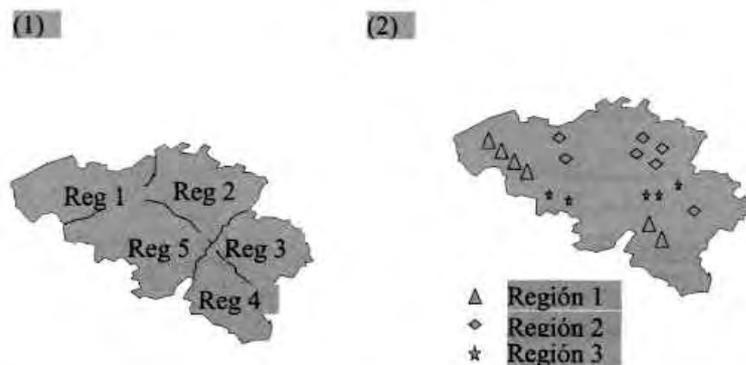


Figura 1.- Ejemplo de dos métodos para delimitar regiones de procedencia: (1) por división del territorio en unidades homogéneas, y (2) por unión de poblaciones similares.

Los criterios utilizados en la delimitación difieren entre los distintos países, pues dependen de la información disponible sobre las especies o el territorio, así como el número de regiones definidas. Algunos países utilizan un único factor para diferenciar regiones, como Grecia que se basa en el número de días de sequía fisiológica, y Chequia y Eslovaquia que utilizan la duración del periodo de crecimiento. En general se utilizan gran variedad de factores. Normalmente se consideran criterios ecológicos (clima, geología, suelo), criterios geográficos, distribución de las especies, criterios económico-selvícolas y los límites administrativos. La información disponible sobre la variación de las especies se utiliza en pocos casos, y principalmente en el planteamiento general del problema, puesto que en general es incompleta y referida a pocas poblaciones. La obtenida en los ensayos de procedencias-progenies y de marcadores bioquímicos puede ser utilizada para precisar los límites de las regiones (Westfall y Conkle, 1992), aunque no es un hecho muy frecuente.

Para comprender correctamente la división en regiones de procedencia, y el uso que se hace de ellas es conveniente en primer lugar analizar los factores que influyen sobre la variación de las especies forestales y los estudios que se han encargado de su medición. Posteriormente se pasará a analizar la distinta importancia de las regiones de procedencia con vistas a su uso en los programas de mejora.

La variación genética de las especies del género Pinus³

La existencia de variación genética en caracteres de interés para el repoblador, y el estudio de los patrones de variación geográficos de las especies, tienen una repercusión directa tanto en el uso en programas de reforestación como en la delimitación de regiones de procedencia. Las regiones de procedencia se basan en la relación entre variación genética y variación ecológica y geográfica.

En las especies forestales se han realizado una gran cantidad de estudios relacionados con sus patrones de variación. Los trabajos pioneros comenzaron en 1745-1755, con un estudio de poblaciones de pino silvestre realizado en Francia por el Inspector General de la Marina Francesa H. L. Duhamel du Monceau (Langlet, 1971) y ya en 1907 se instaló el primer ensayo de procedencias internacional de IUFRO de pino silvestre. Desde un primer momento ya se comprobó que semilla de localizaciones próximas daban lugar a comportamientos muy diferentes y que se presentaban adaptaciones al clima. Esto se tradujo en una investigación de la variabilidad de las especies forestales y los mecanismos que daban lugar a esta variación.

Para responder a estas preguntas hemos de conocer los sistemas de reproducción de las especies (es decir, su sistema de cruzamiento, nivel de endogamia, etc.) y los parámetros genéticos ligados a la migración, tipos de variación encontrados e importancia de ésta variación en caracteres adaptativos y de influencia sobre el crecimiento.

Los patrones de variación genética de cada especie dependen de la estructura genética de sus poblaciones y de los factores que influyen en esta variación, entre los que la selec-

³ Este apartado está basado en el trabajo presentado al II Congreso Forestal Nacional, Irati (Alía, 1997)

ción realizada por los factores ambientales y la migración son los más importantes. Estos patrones no tienen que ser iguales para las distintas especies, puesto que los factores que influyen en la distribución presente de cada especie no han sido los mismos. Conviene, por tanto, revisar lo que actualmente se conoce de estos dos aspectos.

Sistemas de reproducción y patrones de variación genética

Las especies del género *Pinus* se caracterizan por presentar un alto nivel de heterocigosis en sus masas naturales, con valores muy elevados en comparación a otras especies vegetales (Hamrick *et al.*, 1992).

Las fuerzas que favorecen la conservación de la variabilidad son el flujo genético y la panmixia. Ésta parece derivar de la larga vida de estas especies, sometidas a ambientes muy variables durante su ciclo vital, que obliga a mantener una alta diversidad. Existen mecanismos muy efectivos para mantener esta diversidad. Entre ellos, la gran cantidad de semilla producida por los pinos, que unido al elevado número de árboles que participan en la polinización, ocasiona que la probabilidad de que dos piñones de un mismo árbol tengan genotipos iguales es muy baja. Es decir, se mantiene la constitución genética entre las generaciones, causada por el elevado tamaño de las poblaciones de estas especies prolíficas en las que el polen se desplaza fácilmente formando nubes de gran intensidad. Por tanto, el flujo genético entre poblaciones cercanas es elevado. También existen genes letales que reducen la posibilidad de autopolinización, manteniéndola en un nivel muy bajo en las masas forestales, no en individuos aislados.

Estos aspectos no han sido muy estudiados en las poblaciones ibéricas, aunque recientemente se están produciendo avances significativos. Así, por ejemplo, los estudios utilizando marcadores neutros (en este caso isoenzimas), sobre el pino silvestre, el pino salgareño, el pino negral y el pino carrasco confirman lo antes descrito (Tabla 2). La variabilidad dentro de las poblaciones es muy alta (cerca del 90 por 100 en todas las especies), en comparación a la existente entre poblaciones medida por el coeficiente de diversidad genética entre poblaciones (menos del 10 por 100).

En contra del mantenimiento de la diversidad juegan la selección y la deriva genética. La introducción de genotipos por el hombre puede ocasionar la pérdida de genotipos locales, aunque puede aumentarse la diversidad genética total. En España son poco conocidos los efectos en el proceso reproductivo del bajo número de individuos de las poblaciones marginales o de una actividad antrópica que produzca alteraciones significativas en la estructura de las masas.

Para explicar los patrones de variación a partir de los resultados obtenidos con marcadores bioquímicos, tales como las isoenzimas, se han utilizado principalmente modelos neutros, es decir aquellos en los que la mutación y la deriva genética son las únicas fuerzas evolutivas (Kimura, 1983). Bajo este tipo de modelo la selección no presenta ninguna influencia sobre la variación de las especies y por tanto no son adecuados, para el estudio de caracteres adaptativos (como es el caso de algunos medidos en ensayos de campo o laboratorio).

Tabla 2. Estudios realizados con isoenzimas y terpenos que incluyen poblaciones ibéricas

ESPECIE	Ámbito de estudio	Nº Poblaciones	Nº loci	Locí polimórficos (%)	Nº de alelos por locus	Heterozigosis esperada He	Diversidad total H _T	Coefficiente de diversidad G _{sr}
<i>ISOENZIMAS: estudio de estructura genética de las poblaciones y variación geográfica</i>								
<i>Pinus sp.</i>	93 especies	7,8	19,9	-	-	0,136	-	0,065
Hamrick et al., 1992								
<i>Pinus sylvestris</i>	España	7	11	0,45	2,86	0,325	0,336	0,040
Prus-Glowacki y Stephan, 1994	NE-Europa	16	7	0,49	2,74	0,363	0,372	0,025
<i>Pinus nigra</i>	Países mediterráneos	9	4 ^b	0,66	3,02	0,272	0,326	0,135
Nikolic y Tucic, 1983								
Aguinagalde y Bueno, 1994	España	2						
Aguinagalde, Llorente y Benito 1997	España	3	23	0,67	1,81	0,256		
<i>Pinus pinaster</i>								
Torres de Castro, 1989	Portugal	6	27	0,63	1,86	0,196	0,199	0,020
Salvador, 1997	España	12	16	0,65	1,86	0,158	0,171	0,077
<i>Pinus halepensis</i>								
Agúndez et al., 1997	España	6	15	0,26	1,30	0,063	0,071	0,109
Schiller et al., 1986	Área natural	19	30	0,15	1,20	0,040		
<i>TERPENOS. Estudio de variación geográfica</i>								
<i>Pinus nigra</i> .	Área natural	109						
Geber et al., 1995	6 ibéricas							
<i>Pinus sylvestris</i>	España	7						
Pardos et al., 1990								
<i>Pinus halepensis</i> ,	Área natural	22						
Schiller y Grunwald, 1987		6 españolas						
<i>Pinus halepensis</i>	Área natural	50						
Baradat et al., 1995		8 españolas						
<i>Pinus pinaster</i>	Área natural	107						
Baradat y Marpeau, 1988		14 ibéricas						

b: utilización exclusivamente loci polimórficos

La migración en estas especies, se produce principalmente por intercambio de polen y semillas, que evita el aislamiento de masas relativamente cercanas. El polen puede desplazarse a grandes distancias dentro de una masa forestal, lo que ocasiona que no haya un aislamiento reproductivo total, aunque su influencia suele ser muy escasa cuando nos alejamos una centena de metros de un punto determinado. Esto produce, en general, un patrón de variación continua. Este modelo es conocido como *de pasadera* (como símil a las piedras que permiten vadear un río al ir saltando de una en otra hasta alcanzar la orilla, Figura 2), en el que existe una variación continua de los factores ambientales, con flujo genético entre poblaciones adyacentes pero que conduce a una separación genética entre poblaciones distantes. Esta separación se produce de forma continua si se consideran todas las poblaciones intermedias.



Figura 2.- Modelo de pasadera propuesto para explicar la variación de especies constituidas por poblaciones adyacentes entre las que existe un flujo genético.

Otro modelo es el *de isla* (Figura 3), que explica la variación de poblaciones aisladas de las rutas principales de migración de la especie en el que se observa una menor variación. No existe un aislamiento total entre las poblaciones menores respecto de la población principal.

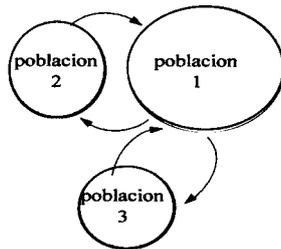


Figura 3.- Modelo de variación de isla.

Los modelos de variación de las especies en la Península Ibérica se conocen por los estudios de ámbito general, tanto con terpenos como isoenzimas o proteínas, en las cuatro especies citadas. Parece deducirse que existen tendencias de variación siguiendo el modelo de *pasadera* en estas especies, es decir una variación continua entre poblaciones adyacentes

con grandes diferencias en los extremos de las distribuciones. Este hecho abogaría por la teoría de una diferenciación en regiones de procedencia con el aislamiento geográfico como uno de los principales criterios divisivos. Aunque tal como señalan Westfall y Conkle (1992) se necesita un muestreo mucho más amplio del llevado a cabo actualmente para resolver este problema.

Este modelo se encuentra matizado por un modelo *isla* en poblaciones marginales. Las posibles vías migratorias de las especies y la acción antrópica sobre las poblaciones todavía no han sido fijadas, aunque existen aproximaciones bastante razonables para cada una de las especies: *Pinus sylvestris* (Prus Glowacki y Stephan, 1994), *Pinus nigra* (Geber *et al.*, 1995), *Pinus pinaster* (Alía *et al.*, 1996; Salvador, 1997), y *Pinus halepensis* (Agúndez *et al.*, 1997, Gómez, 1998). También se ha puesto de manifiesto la existencia de refugios glaciares para estas especies en España.

Variación genética de los caracteres adaptativos y cuantitativos

La adaptación a determinados factores climáticos y edáficos es uno de los principales aspectos de la variación genética por su importancia en el manejo de las especies. Existe una amplia bibliografía sobre adaptaciones de las especies forestales principalmente a valores extremos del clima y en menor medida a condicionantes edáficos. La importancia de la selección se puede apreciar en que, por ejemplo, en *Pinus uncinata* en el Pirineo (Lescouret, 1983) de 10.000 semillas producidas solamente 74 (0,7%) viven al final del primer año. El resto bien son comidas por aves o ardillas (10,5 %), no germinan (67,5 %), son devoradas por micromamíferos (20,9 %) o mueren durante el primer año (0,36 %).

Se ha descrito una serie de tendencias generales de variación asociadas a las principales características del clima. La adaptación climática se produce por selección sobre una amplia zona sometida a las mismas condiciones. Mientras que la variación edáfica suele ser mucho más puntual; pues si se manifiesta como un mosaico de condiciones, entonces no se favorecen las adaptaciones. Para que se produzca una diferenciación entre poblaciones es necesario que la especie detecte un ambiente heterogéneo, y esta heterogeneidad ha de ser consistente a lo largo de generaciones. Se denomina vecindad ambiental selectiva (Brandon, 1990) al *ambiente donde no hay cambios en el rango de los genotipos respecto a su vigor*. Así, poblaciones próximas sin barreras de aislamiento entre ellas con diferencias ambientales darán lugar a poblaciones que no se diferencien entre ellas. Por el contrario poblaciones con aislamiento genético entre distintas vecindades darán lugar a una gran diferencia genética entre las poblaciones.

Los ensayos en ambiente común constituyen la herramienta fundamental para detectar las diferencias genéticas en el comportamiento de las procedencias. A partir del análisis de brinzales procedentes de distintos sitios y ensayadas en un medio común se pueden separar los efectos genéticos de los ambientales, y obtenerse estimaciones relativas sobre el crecimiento y adaptación de las procedencias a los lugares de ensayo, estimaciones de la interacción genotipo-ambiente, y otros resultados, tal como se recogen en la Figura 4.

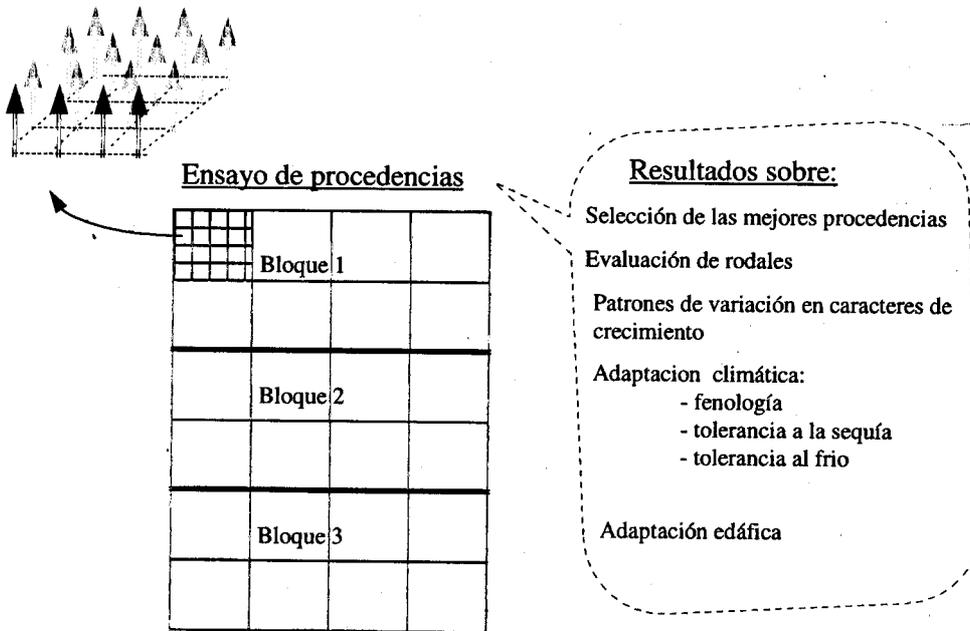


Figura 4.- Ensayos de procedencias. Resultados obtenidos a partir de ellos

La adaptación de las especies a las condiciones ambientales de origen se traduce en una clara relación entre el clima del lugar de origen y el comportamiento. Los ejemplos más claros que incluyen procedencias españolas son los de *Pinus pinaster* (Molina, 1965; Alía *et al.*, 1995), y *Pinus halepensis* (Bariteau, 1992). La ausencia de un muestreo amplio de poblaciones en muchos de los estudios no permite precisar en este momento esta relación para la mayoría de las especies ibéricas.

Otro aspecto esencial para el uso de la variación de las poblaciones en programas de mejora es el tipo de comportamiento del material. Es decir, la existencia de interacción genotipo ambiente. Mientras especies como *Pinus pinaster* presentan una alta interacción genotipo -ambiente para la supervivencia (Alía *et al.*, 1995), otras como *Pinus sylvestris* no presentan esta interacción (Sweet, 1964; Alía *et al.*, 1998). Esta adaptación diferencial tiene que ver con la relación entre el tamaño de la vecindad y sus condiciones ecológicas. En este sentido las dos especies mencionadas representan casos extremos. *Pinus sylvestris* presenta gran aislamiento entre sus poblaciones, pero las condiciones ecológicas existentes entre ellas no son completamente diferentes. Esto ha conducido a poblaciones de composición genética distinta pero adaptadas (referidas al área ibérica) a condiciones similares. En el caso del pino negral las condiciones ecológicas de las distintas masas y el aislamiento existente entre ellas parece haber conducido a unas adaptaciones diferenciales de las mismas.

Una consecuencia de esto es que los programas de mejora de estas especies tienen una estrategia distinta. En el caso de pino negral pueden buscarse poblaciones adaptadas a cada condición de uso, mientras que en pino silvestre puede utilizarse la mejor procedencia en un amplio espectro de situaciones. Estas conclusiones son difícilmente predecibles, aunque la detallada información existente sobre el hábitat de las especies (Gandullo y Sánchez-Palomares, 1994) y de las técnicas de homologación (Allué, 1997) permiten reducir el riesgo de las predicciones en el comportamiento posterior.

Existen caracteres para los que no pueden identificarse patrones geográficos de variación, existiendo grandes diferencias incluso dentro de las regiones de procedencia. En estos casos, estas diferencias son útiles en el programa de mejora, aunque son difícilmente predecibles antes de efectuar ensayos de campo.

Uso de las regiones de procedencia

Al efectuar la división en regiones de procedencia conviene resaltar que en general las poblaciones naturales cercanas con algunas diferencias ecológicas suelen estar más próximas genéticamente que dos poblaciones distantes similares ecológicamente (Hattemer, 1987), debido al sistema de reproducción de las especies forestales. La escala de trabajo, nunca menor de 1:400.000, produce una inevitable heterogeneidad en los factores ecológicos que definen la región, aunque dado el elevado flujo genético existente entre poblaciones adyacentes podemos aceptar que esta heterogeneidad no dará lugar a una diferenciación genética. Las condiciones ecológicas medias de cada región indican las diferentes condiciones ambientales a las que pueden haberse adaptado las poblaciones existentes en ellas.

Por tanto, la utilización de las regiones de procedencia no debe hacerse basándose exclusivamente en la información ecológica. El técnico, apoyándose en dicha información, así como en las características fenotípicas o genéticas de las masas, en la proximidad del origen de la semilla y en las recomendaciones generales que se ofrecen, puede decidir el material más apropiado a utilizar.

Las regiones de procedencia se han definido en España para cada una de las especies forestales independientemente, siguiendo la metodología descrita en Catalán *et al.* (1991). Las masas artificiales han sido excluidas de esta división, al proceder de orígenes españoles no seleccionados, y por tanto no suponen un valor mejorado frente a las masas naturales. La información disponible de cada región incluye su distribución (en un mapa a escala 1:400.000), y una ficha descriptiva con información geográfica (altitud, latitud, longitud), información climática (indicando el ámbito fitoclimático de la región y las características de una estación de referencia), información sobre la litología y suelos y la vegetación de la zona. Esta información constituye la base para la recomendación de uso de las regiones.

La importancia práctica de todas las regiones no es la misma, y por tanto su utilidad en programas de reforestación no es igual. Esta delimitación de las principales especies forestales tiene un doble sentido. Así, se han caracterizado ecológicamente cada una de las

regiones y se han definido regiones de amplio uso que son aquellas que presentan mayor interés como suministradores de semilla para repoblaciones a partir de masas, rodales o huertos semilleros (Tabla 3). Estas procedencias reúnen una serie de requisitos, como son el cubrir las principales condiciones ecológicas para la utilización de cada especie, que sus masas son de buena calidad y que tienen un tamaño suficiente para servir de base a diversas actuaciones de mejora.

Tabla 3. Regiones de procedencia de amplio uso diferenciadas en las especies.

<i>Pinus sylvestris</i> L. (Catalán <i>et al.</i> , 1991)	<i>Pinus pinaster</i> Ait. (Alía <i>et al.</i> , 1996)
4. Prepireneo montano seco 5. Pirineo montano húmedo aragonés 6. Pirineo montano húmedo catalán 8. Montaña soriano-burgalesa 10. Sierra de Guadarrama 12. Montes Universales 14. Sierra de Gúdar	1a. Noroeste costera 6. Sierra de Gredos 8. Meseta Castellana 12. Serranía de Cuenca 17. Sierra de Cazorla-Segura
<i>Pinus nigra</i> Arn. (Catalán <i>et al.</i> , 1991)	<i>Pinus halepensis</i> Mill (Gil <i>et al.</i> , 1996)
3. Prepireneo catalán 6. Alto Maestrazgo 7. Sistema Ibérico meridional (S ^a de Cuenca) 8. Cordilleras Béticas (S ^a Cazorla-Segura)	2. Cataluña litoral 5. Ibérico aragonés 10. Levante interior 14. Bética septentrional

Se han diferenciado las procedencias de área restringida (con actuaciones prioritarias en programas de conservación de recursos genéticos). Las procedencias no incluidas en ninguno de estos grupos son de uso local, puesto que sus semillas sólo se recomiendan para uso dentro de la región a la cual pertenecen.

En este trabajo se ha revisado esta división para cada una de las especies en los capítulos dedicados a ellas basándose en los datos disponibles actualmente.

CAPÍTULO 8: RECOMENDACIONES DE USO DEL MATERIAL FORESTAL DE REPRODUCCIÓN

Introducción

Una de las primeras cuestiones que aborda el repoblador es la elección de la especie más apropiada para su uso en una estación determinada. Este problema presenta diversas aproximaciones, que permiten reducir el riesgo a equivocarse. Una práctica, derivada de la experiencia en ensayos de especies y procedencias. Otras teóricas, entre las que nos encontramos las basadas en las series de vegetación, como las utilizadas por Ximénez de Embún y Ceballos (1938), que consideran a la especie cabecera de serie, y las derivadas del conocimiento de los requisitos ecológicos de las especies. En todos estos casos, la elección se basa en la prevalencia de la especie local, es decir la que hay en las proximidades de la zona o la que es compatible con sus características ecológicas. Entre los métodos derivados del estudio de las especies, se han desarrollado los que parten del estudio autoecológico (destacando el trabajo sobre los pinares, de Gandullo y Sánchez-Palomares, 1994). Otras surgen de la clasificación fitoclimática desarrollada por Allué (1990), que ha derivado en los modelos de diagnosis e idoneidad fitoclimática (Allué, 1997), y de las regiones biogeoclimáticas de España (Elena, 1997).

El problema se complica cuando descendemos del nivel específico. Debe utilizarse aquel material de reproducción que, asegurando su adaptación (la persistencia es un principio básico en la práctica forestal), dé lugar a masas de valor máximo compatible con la estación. También se debe evitar el peligro de contaminación genética con poblaciones de interés para la conservación de recursos genéticos. Estos hechos, junto a la gran diversidad genética de las especies forestales en adaptación y crecimiento obliga a buscar métodos para poner en práctica las recomendaciones de uso.

En general se prefiere la fuente local, que comparte las mismas condiciones de sitio. Sin embargo, en muchas comarcas la extensión de la deforestación es de tal magnitud que esto no es posible. Además, como se ha demostrado frecuentemente, la procedencia local no tiene por que ser la más adaptada ni la más productiva (Namkoong, 1969), debido a que en ocasiones las especies o poblaciones mejor adaptadas no han podido acceder a una localización determinada, o a que el clima actual no coincide con aquel bajo el que se desarrollaron las poblaciones actuales. En muchas especies existen poblaciones que han demostrado su valor en numerosas condiciones (por ejemplo, las procedencias polacas de pino silvestre, la procedencia portuguesa Leiria de pino negral, etc.).

Existen unas recomendaciones generales, que de acuerdo con Zobel y Talbert (1984) serían las siguientes:

- No trasladar procedencias de clima mediterráneo a un clima continental.
- No trasladar árboles de áreas que presenten climas uniformes con pequeñas fluctuaciones de precipitación y temperatura a áreas con fluctuaciones importantes de esos factores, aun cuando los promedios anuales y extremos sean similares.
- No trasladar fuentes de elevadas altitudes o de altas latitudes a bajas altitudes y latitudes, o viceversa.
- Utilizar la fuente local si no se dispone de información que justifique el uso de otra mejor.

La adaptación de las especies a las condiciones edáficas no es tan estricta como la climática. La recomendación generalizada es la de no plantar en suelos ácidos con semillas procedentes de árboles que crecen en suelos básicos o viceversa. Tampoco trasladar de suelos arenosos a arcillosos. Para que se produzca una adaptación ecotípica a condiciones edáficas particulares estas deben cubrir zonas amplias donde el flujo genético con poblaciones adyacentes, que presenten características edáficas diferentes, sea lo suficientemente pequeño para permitir la selección de los genotipos más adaptados.

El clima es el factor ecológico más útil para decidir sobre la utilización de los orígenes de semillas en repoblaciones. En conjunto, los parámetros climáticos son los que mejor discriminan los hábitats de las distintas especies de pinos en España (Gandullo y Sánchez - Palomares, 1994). Como ya se ha señalado, el clima es el factor más importante en la adaptación de las especies forestales y sus poblaciones, pues se han encontrado tendencias de variación en caracteres relacionados con la precipitación, sequía, existencia de heladas, etc. Presenta la ventaja adicional de que se dispone de bastante información sobre sus valores a lo largo de numerosos años.

Sólo ensayos de campo realizados con una metodología adecuada y con una duración suficiente permiten obtener conclusiones fiables a largo plazo. Estos ensayos, sin embargo, no pueden ser realizados, al menos en nuestras condiciones, para todas las especies, para todos los materiales de base ni para todas las condiciones de uso. Esta situación obliga a plantear una estrategia que combine los métodos de homologación ecológica (cuyos resultados se pueden obtener en un plazo muy corto de tiempo) con los resultados (siempre parciales) en ensayos de campo o condiciones controladas.

Para hablar de recomendaciones de uso del material de reproducción se ha de precisar en primer lugar el tipo de hábitat de la especie dentro del cual se va a instalar la nueva plantación. Si el valor de utilización es muy alto, puede compensar económicamente desplazar el material de reproducción de su óptimo de utilización. El técnico ha de tomar la decisión y elegir el material de reproducción más adecuado a las condiciones de uso. Por tanto, toda la información suministrada sobre la adaptación y las características ecológicas de cada material de reproducción van dirigidas a facilitar esta decisión.

Conviene recordar las premisas en las que se basan los distintos métodos utilizados, que no son excluyentes sino complementarios. Se analizan los siguientes métodos: homologación fitoclimática, zonas de utilización de semilla y ensayos de campo.

Ámbito de utilización de una especie o región de procedencia

El área ocupada por una especie se puede representar a través de distintos espacios ecológicos definidos para ella mediante una representación bidimensional como la que se recoge en la Figura 1, modificada de Montoya (1984) y simplificada para distinguir tres tipos de áreas. Una de viabilidad inestable, que es el máximo que puede alcanzar la especie, otra de viabilidad estable, en la que se encuentra en equilibrio con el medio y se asegura la perpetuación de la especie, y por último la de buen rendimiento económico (en sentido amplio: monetario, social, protector). El área ocupada por la especie es la envolvente de todas estas áreas. La viabilidad estable sería aquella donde compete con éxito frente a otras especies. La viabilidad inestable no implica que la perpetuación de la especie esté amenazada por la incapacidad de la especie para vivir, sino por su desplazamiento por otra u otras con las que no puede competir. El área de viabilidad estable, en el caso de los pinos, sería disyunta con especies de mayor nivel evolutivo que ocupan mejores suelos.

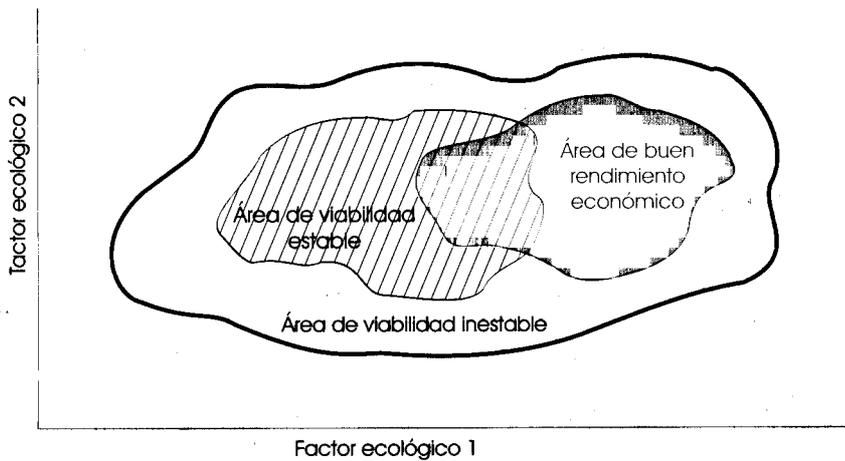


Figura 1.- Espacio bidimensional simplificado de los distintos espacios ecológicos en que puede aparecer una especie introducida o autóctona. (Modificado de Montoya, 1984).

Gandullo y Sánchez Palomares (1984) realizan una clasificación más sencilla, dividiendo el hábitat actual ocupado por una especie respecto a cada uno de los parámetros ambientales en un hábitat central, otro marginal y un tercero extramarginal. El hábitat central viene definido por los extremos representados por el umbral mínimo (valor mínimo descartando el 10% de las parcelas en que adquieren los menores valores) y el umbral máximo

(valor máximo descartando el 10% de las parcelas en que adquirió los máximos valores). El hábitat marginal queda definido por el intervalo entre el umbral mínimo y el límite inferior (valor mínimo alcanzado) y el umbral máximo y el límite superior. El hábitat extramarginal, donde no se encuentra actualmente la especie está comprendido en los valores menores al límite inferior y mayores del límite superior. Esta metodología ha sido desarrollada para la comparación de los hábitats de distintas especies y es difícil adaptarla a la homologación a escalas inferiores por la cantidad de información requerida.

La recomendación de uso de un material es, por tanto, un término relativo puesto que puede estar dirigida para el uso en cualquiera de estos espacios ecológicos. La información necesaria para definir cada uno de ellos no es la misma. Para las especies consideradas podemos aceptar que la información disponible de su autoecología y fitoclimatología permite definir con bastante precisión el área de viabilidad estable que será similar aunque no coincidente con el hábitat central de la especie. Se puede aceptar este hecho porque los estudios realizados se basan en masas naturales donde su persistencia a lo largo del tiempo está asegurada.

Los hábitats de las especies no son excluyentes, como queda remarcado por el análisis de Gandullo y Sánchez Palomares (1994) sobre el hábitat central de los pinos. Estos autores muestran un alto grado de solape entre *Pinus halepensis*, *Pinus pinaster* mediterráneo y *Pinus pinea* (22%), entre *Pinus nigra hispanica* y *Pinus pinaster* mediterráneo (28%), *Pinus pinaster* atlántico y *Pinus radiata* (18%), *Pinus pinaster* mediterráneo y *Pinus pinea* (18%) y entre *Pinus sylvestris* y *Pinus nigra* (tanto *pirenaica*, 47% como *hispanica*, 14%). El resto de las especies muestran un grado de solapamiento (que puede interpretarse como competición entre las dos especies) relativamente bajo.

Las recomendaciones de uso utilizadas en este trabajo se limitan al área de viabilidad estable. Esta es una parte de la total, y da lugar a una homologación muy estricta, en el sentido de que una pequeña separación de las condiciones en las que vive la especie se traduce en la no homologación del sitio de estudio. Es decir, la existencia de algún factor con valores próximos pero situados fuera del espacio ecológico definido para la procedencia hace que no se homologue la estación con la región de referencia. Hay que volver a recordar que este trabajo sirve como una guía al técnico, nunca para sustituir a los estudios ecológicos más profundos de la zona, ni a los ensayos de campo que definen la posibilidad de utilizar un material no estrictamente homologable.

Para ilustrar como se aborda la homologación ecológica podemos analizar la influencia de un solo factor sobre la adaptación de una especie. Mangold y Libby (1978) proponen un modelo teórico de comportamiento de una población a lo largo de una variable ambiental, en este caso la altitud, tal como se observa en la Figura 2. Pueden definirse varias regiones: óptimas, de pérdida del crecimiento, y una en la que la mayoría de los individuos no pueden sobrevivir. Este tipo de situación tiene una fácil analogía con las áreas antes definidas.

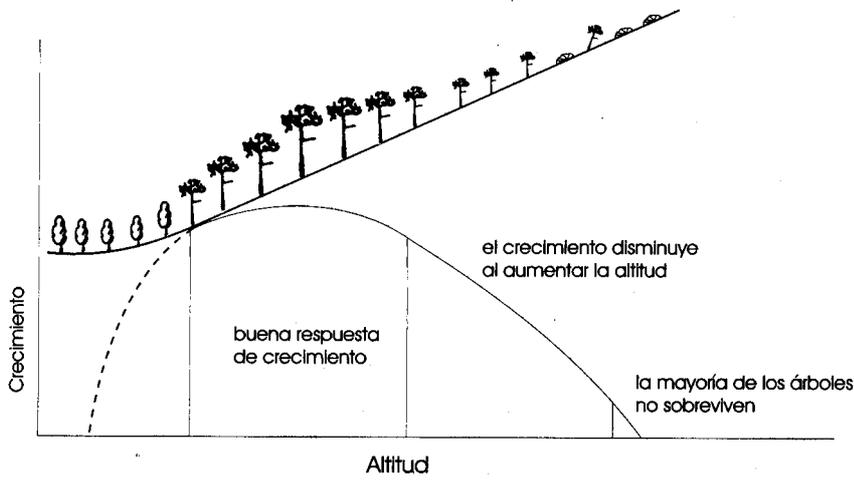


Figura 2.- Crecimiento anual de una población plantada en su sitio original y sobre un gradiente de sitios menos favorables (Mangold y Libby, 1978).

Homologación fitoclimática

Este modelo general ha sido adaptado por Allué (1997) a un factor fitoclimático determinado, suponiendo que la relación existente con el comportamiento de la especie presenta un tramo interior bastante uniforme próximo al óptimo, que desciende abruptamente hasta su anulación, constituyendo los extremos letales para dicha especie (Figura 3).

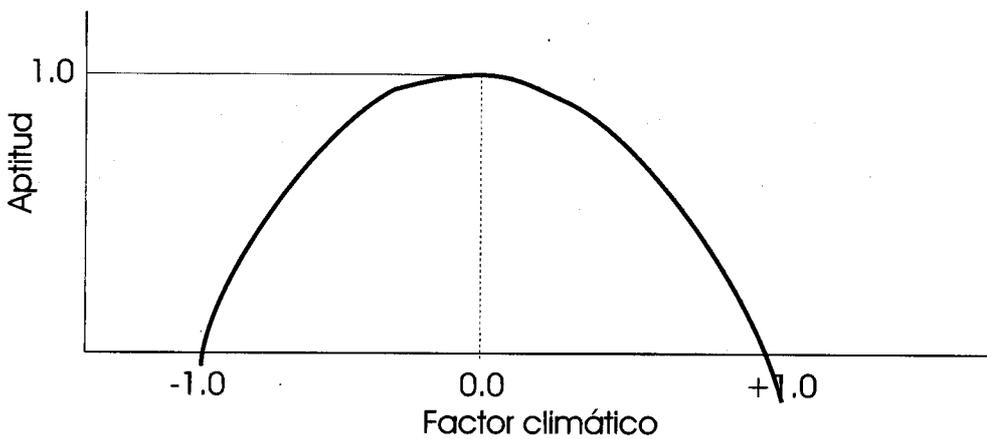


Figura 3.- Representación de la aptitud respecto de la variación de un factor fitoclimático.

La homologación se realiza a través de los llamados Índices de Idoneidad. La idoneidad de un lugar se define como la capacidad que presenta para ser colonizado por las distintas comunidades vegetales en condiciones silvestres o asilvestradas considerando factores de competencia y regeneración que garanticen su perpetuación (Allué-Camacho, 1995). Este método proporciona la seguridad de la supervivencia de la especie y región elegida en función de los factores climáticos.

La homologación requiere en primer lugar conocer el ámbito natural de la especie, o región de procedencia. Este ámbito se define a partir de los valores máximo y mínimo de los 14 factores¹ utilizados en la clasificación fitoclimática (Allué, 1990). Esta es una primera dificultad de aplicación, pues a veces no se cuenta con estaciones meteorológicas que cubran estas condiciones.

Posteriormente se obtiene el índice de idoneidad de una estación respecto al ámbito de una especie o región de procedencia. El procedimiento de cálculo de estos índices es similar al que se utiliza para la diagnosis fitoclimática de las estaciones (Allué, 1990) donde se comparaban los valores de los factores climáticos de una estación con los ámbitos de los 19 tipos fitoclimáticos, y se obtienen las coordenadas fitoclimáticas que señalan la posición de la estación respecto a cada uno de los fitoclimas. La diferencia para obtener la idoneidad de una estación reside ahora en que los valores de estos factores se comparan con los que determinan el ámbito natural de una especie (obtenido a partir de los valores máximo y mínimo de cada factor) y, en nuestro caso, cada región de procedencia. Se obtiene, por tanto, un escalár porcentual que indica la situación de la estación a homologar en tres ámbitos (o habitats climáticos) diferentes: el genuino (que indica adecuación completa), el análogo (con cierta proximidad) y el dispar (que señala que la estación no es idónea para acoger a la especie o región de procedencia).

Más detalladamente, el procedimiento de cálculo es el siguiente:

- Determinación del ámbito natural de la especie y de cada región de procedencia. Para ello se localizan las estaciones meteorológicas que están dentro del área o próximas a masas naturales de la especie. La base utilizada es la TAXIPE (Manrique, 1994) que contiene 622 estaciones con los valores de los factores fitoclimáticos para un periodo mínimo de 15 años para la precipitación y 8 para la temperatura. Los datos son anteriores a 1970. Esta base es suficiente para hallar el ámbito de la especie, pero no para el de las regiones, por lo que hay que completarla con estaciones recogidas en el *Atlas Fitoclimático de España* (Allué, 1990) o con datos obtenidos del *Atlas Climático de España* (Font Tullot, 1983).
- Localizadas las estaciones se determinan los valores máximos y mínimos de los 14 factores fitoclimáticos para la especie y regiones de procedencia delimitadas.
- Se calculan los escalares máximos para cada estación.

¹ \bar{t}_f , \bar{T} , \bar{t}_c , \bar{T}_m , T_m , \overline{osc} , $\bar{T}M$, TM ; temperatura media del mes más frío, media anual, media del mes más cálido, media de las mínimas del mes más frío, mínima absoluta, oscilación, media de las máximas y máxima absoluta.

k: intensidad de la aridez; a: duración del periodo seco; p y pe: precipitación anual y mínima estival
hs y hp: helada segura y probable.

- Se obtienen los indicadores de idoneidad mediante un programa que calcula los valores escalares de los indicadores de adecuación de cada una de las estaciones (dentro y fuera de la distribución natural de la especie) en forma matricial. Este programa ha sido elaborado por Martín y Manrique (1994) y posteriormente adaptado para el estudio de las regiones de procedencia. La primera columna corresponde a la especie y el resto a las regiones de procedencia. En las filas aparece un valor resultante del producto del poder caracterizador por la función de posición para cada uno de los factores fitoclimáticos. En la última fila aparecen los indicadores de idoneidad (I_N) para la especie y regiones de procedencia, que es un valor numérico acompañado por los símbolos G, A, # según sea la lectura de la columna. Aparece:

G (Genuino). Los valores correspondientes a todos los factores climáticos se encuentran entre 0 y 1, indicando que la estación está dentro del ámbito definido.

A (Análogo). Algún factor fitoclimático tiene un valor análogo y el resto de los factores se encuentran entre 0 y 1.

(Dispar) cuando existe algún valor dispar.

Por ejemplo, en la Figura 4 se muestra el resultado de la homologación de una estación respecto del ámbito fitoclimático del pino silvestre y sus 17 regiones de procedencia. La estación se encuentra incluida en el ámbito genuino de la especie (primera columna), en el que alcanza un valor de 0.29G. Dentro de éste ámbito, se incluye dentro del genuino de la región de procedencia 12 (escalar 1.00 G) y del análogo de la región 7 (escalar -0.46 A). El resto de las regiones presentan valores dispares. En una primera aproximación se recomendaría para su uso la región de procedencia 12, y en menor medida la región número 7.

Estación: ABENOJAR N°: 0013 CS.: ; ALT.: 850 AÑO/N°AÑOS: 38 (0 - 38)

PARAMETROS FITOCLIMATICOS

FACTORES:	K	A	P	PE	HS	TMF	T	TMC	TMMF	F	OSC	TMMC	C	HP
VALORES:	0.190	2.14	542.0	17.0	0	9.3	15.8	23.4	4.6	-7.5	10.0	28.4	36.4	5

HOMOLOGACION FITOCLIMATICA RESPECTO LAS REGIONES DE PROCEDENCIA DE *Pinus silvestris* L.

PS	RP1	RP2	RP3	RP4	RP5	RP6	RP7	RP8	RP9	RP10	RP12	RP14	RP16	RP17
1.0	-8144.1#	-113.7#	-7.9#	-5.3#	*****#	*****#	-1.7A	-44.7#	-80.0#	-1.6A	1.0	-149.1#	0.0	0.7
1.0	-3.1#	-1.0A	0.5	0.6	-334.6#	-65.3#	-0.5A	1.0	0.8	1.0	0.0	0.5	-0.3A	0.1
0.8	-89.8#	0.5	0.2	0.4	-6.2#	-0.7A	-0.3A	-0.7A	-0.8A	0.3	0.9	0.9	1.0	1.0
0.8	-122.5#	-15.0#	-19.4#	-0.8A	-5.8#	-7.8#	-2.1A	-53.3#	0.6	1.0	1.0	0.4	-1030.1#	-1.6A
1.0	-255.0#	1.0	1.0	1.0	-255.0#	-38.1#	1.0	-2400.0#	-255.0#	-15.0#	1.0	-255.0#	1.0	1.0
0.0	-8144.1#	-417.8#	-4447.1#	-246.8#	-1476.6#	-29.9#	-1.6A	*****#	*****#	-65.1#	0.0	-468.6#	-23.8#	-1.0A
0.5	-483.8#	-1826.7#	-158.8#	-7.3#	-19.5#	-2.8A	-0.4A	-849.3#	*****#	-28.6#	0.8	-149.1#	-1.4A	-1.5A
0.8	-68.9#	-363.2#	-8.4#	0.8	-0.2A	0.4	0.5	-2.0A	-914.1#	-9.7#	1.0	-7.1#	0.8	0.1
0.5	-698.5#	-196.8#	-4095.0#	-48.1#	-730.2#	-44.3#	-3.6A	-3525.1#	-704.5#	-365.4#	1.0	-624.0#	-25.4#	-13.4#
0.5	-272.5#	-30.8#	-54.2#	-12.5#	-12.5#	-11.6#	-1.1A	-1295.0#	-31.8#	-38.5#	1.0	-35.0#	-122.5#	-0.2A
1.0	-3.6#	0.8	-1.6A	0.5	0.8	0.9	1.0	1.0	0.9	1.0	0.0	-28.6#	1.0	0.8
1.0	-17.8#	-5.3#	1.0	1.0	0.8	1.0	0.9	-15.0#	0.8	1.0	0.0	-0.5A	1.0	1.0
1.0	1.0	-22.4#	-3.5#	0.8	1.0	1.0	1.0	0.9	-9.5#	1.0	0.3	-17.2#	-3.5#	1.0
1.0	0.0	-80.0#	-15.0#	1.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
14	2	3	4	8	4	5	6	4	5	7	14	4	7	9
0	0	1	1	1	1	2	6	2	1	1	0	1	2	3
0	12	10	9	5	9	7	2	8	8	6	0	9	5	2
0.76G	-1307.3	-219.31	-629.16	-22.47	*****	-9322.7	-0.57	-1340.4	*****	-37.05	0.57	-123.74	-85.87	-1.36
0.29G	-2804.6#	-623.77#	-2308.2#	-67.49#	*****#	-3887.0#	-0.46A	-4309.8#	*****#	-89.61#	1.00G	-319.00#	-124.43#	-6.10#

Figura 4.- Ejemplo de homologación fitoclimática, utilizando el modelo idoneidad, de una estación respecto al ámbito de *Pinus sylvestris* y sus 17 regiones de procedencia.

Los ámbitos de las distintas regiones no son excluyentes (Figura 5), por lo que puede existir una homología de una estación con más de una región. La elección se basa, por tanto, en otras consideraciones como la proximidad o la calidad de las masas productoras de semilla.

Esta homologación se puede establecer entre dos puntos (la fuente de semilla y la estación de utilización) y nos dará una información bastante detallada sobre la posibilidad de uso del material.

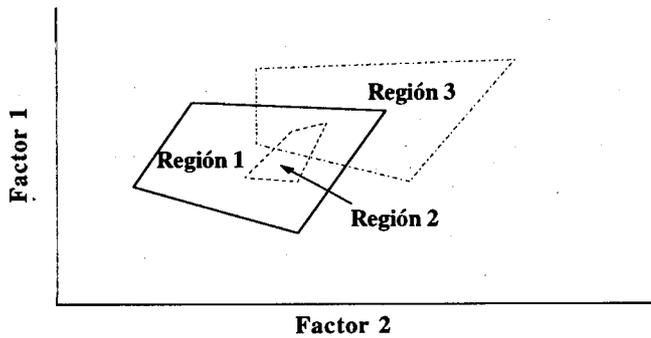


Figura 5.- Representación esquemática del ámbito de 3 regiones de procedencia respecto a dos factores ecológicos. La situación de la estación en el espacio definido por estos dos factores permite asignarla a las distintas regiones.

Se puede realizar un uso más general de esta metodología, perdiendo precisión, para hacer recomendaciones para un ámbito geográfico amplio. Este ámbito es el definido por regiones relativamente uniformes que son las denominadas *regiones de utilización del material forestal de reproducción*. Esta aproximación permite indicar resumidamente aquellas procedencias más idóneas, de las distintas especies forestales, para su uso en una región determinada.

Regiones de identificación y utilización del material forestal de reproducción

De una forma análoga al término de región de procedencia podemos definir regiones de utilización como *una parte del territorio, ecológicamente homogéneo, donde el material de reproducción presenta un crecimiento y adaptación similar*. Estas regiones han de tener condiciones ecológicas prácticamente uniformes y por tanto darán lugar, si se utiliza el mismo material de reproducción, a poblaciones con características fenotípicas similares.

Esta división se ha de basar en el conocimiento de la variación ecológica y fisiográfica de España, y su relación con el comportamiento de las especies forestales. Los criterios de delimitación han de ser similares a los aplicados en las regiones de procedencia. Al no referirse a especies concretas no pueden tomarse en cuenta características como el aislamiento geográfico de las masas o sus características fenotípicas o genéticas.

La escala de trabajo es necesariamente pequeña, puesto que el número de regiones que se establezcan no puede superar un número que se considere razonable para la comercialización de semilla.

Puede considerarse como antecedentes de esta regionalización las 15 regiones naturales utilizadas por Ximenez de Embún y Ceballos (1938) dentro del Plan General para la Repoblación forestal de España (Figura 6), en la que se excluyen Baleares y Canarias. Entre las divisiones ecológicas más utilizadas en el ámbito forestal destacan la seguida por Rivas Martínez (1987), que diferencia 14 provincias biogeográficas en la Península Ibérica, Baleares y Canarias, que a su vez se subdividen en 55 sectores biogeográficos (Figura 7).

La clasificación biogeoclimática territorial de España Peninsular y Baleares (Elena *et al.*, 1990; Elena, 1997) establece clases territoriales homogéneas (*clateres*), con una respuesta biológica serial similar. La metodología aplicada define clases territoriales con continuidad geográfica (*ecorregiones*) a partir de tres tipos de factores: geográficos y fisiográficos, climáticos y litológicos. Esta clasificación aplica un método divisivo, dicotómico en el establecimiento de la agrupación del territorio. Por tanto presenta varios niveles en los clateres obtenidos. El nivel superior corresponde a la ecorregión, habiendo definido siete (Figura 8).

También se han de considerar las divisiones realizadas a escala regional (Figura 9). Las realizadas hasta el momento reciben diferentes nombres dependiendo donde se aplique: zona semillera en el País Vasco (Michel, 1986), comarca en Galicia (Galicia, BOG-1994), dominio de procedencia en el País Valenciano. En Castilla y León, dentro del programa de reforestación, se definen 13 comarcas naturales y 35 zonas dentro de las comarcas (Monsalve, 1995); la unidad más pequeña, la estación, es la unidad ambiental para la que se definen las técnicas que se deben emplear en las repoblaciones.

El doble objetivo de ser regiones de utilización del material de reproducción y de identificación ha llevado a considerar la clasificación biogeoclimática de España Peninsular y Balear (Elena, 1997) como una base adecuada para su ejecución. Las razones son las siguientes:

- Permite la definición de varios niveles. En el presente trabajo el nivel de división elegido es de región, que correspondería, aproximadamente, con un segundo nivel de división dentro de la ecorregión. Las divisiones menores son abordadas a una escala mayor de trabajo y exigen conocer detalladamente las necesidades de cada región. El método seguido permite continuar en la división hasta niveles menores que pueden utilizarse en las divisiones zonales.
- Esta clasificación caracteriza cada una de estas divisiones con variables geográficas, fisiográficas, climáticas y litológicas utilizadas en la división, lo que facilita su empleo para definir la zona de utilización del material obtenido.



Figura 6.- Regiones naturales de España (Dantín Revenga, en Ximenez de Embún y Ceballos, 1938)

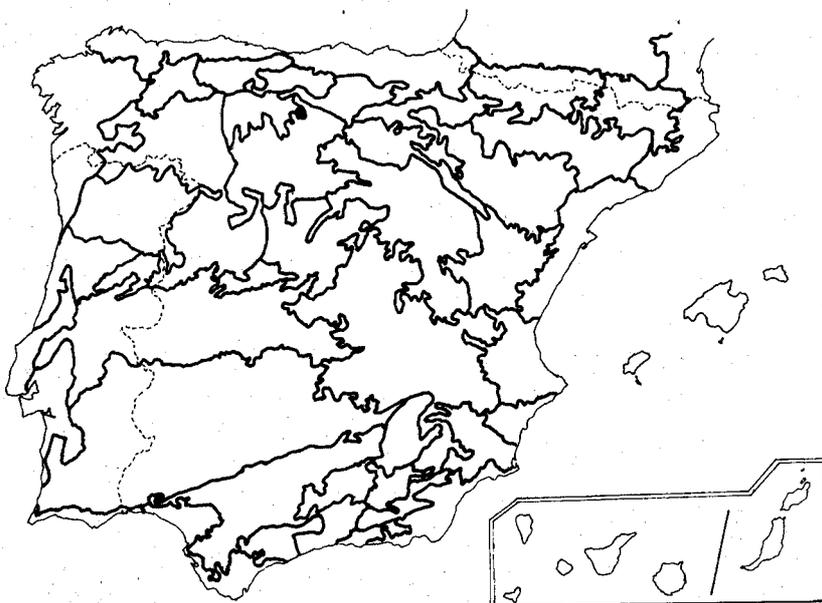


Figura 7.- Sectores biogeográficos de la Península Ibérica, Baleares y Canarias. (Rivas Martínez, 1987).

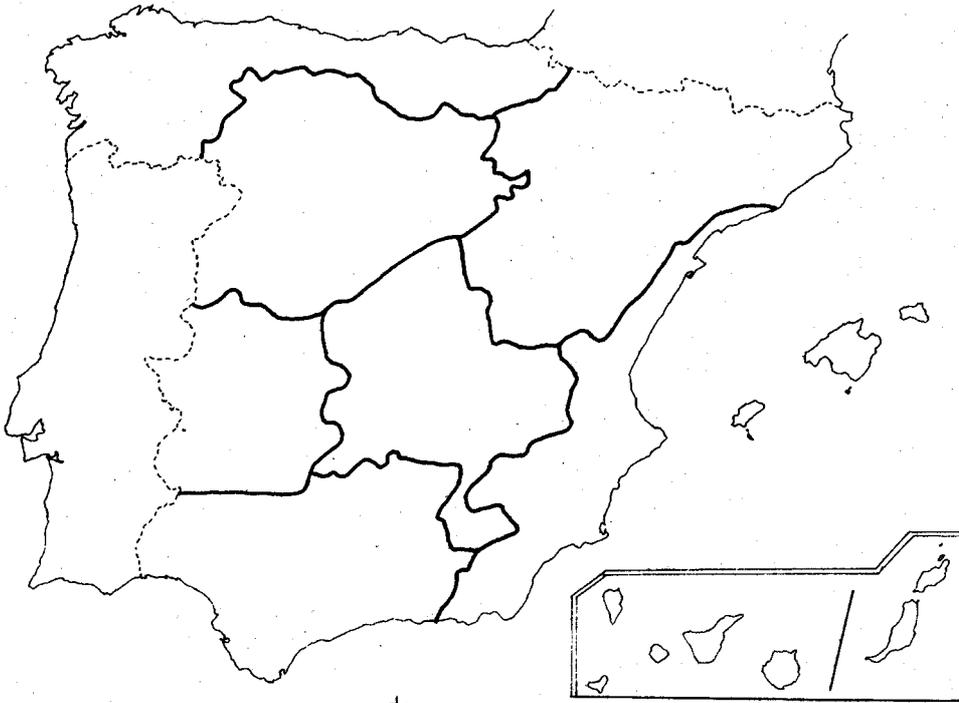


Figura 8.- Ecorregiones biogeoclimáticas de España (Elena, 1997)

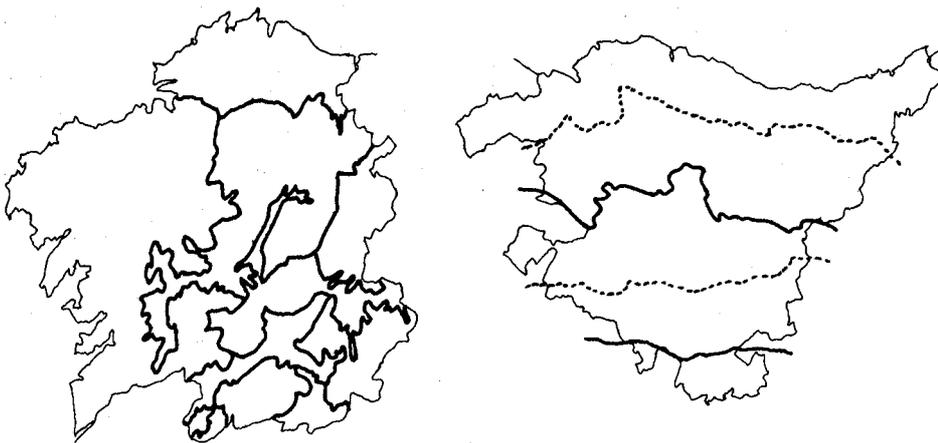


Figura 9.- Comarcas geo-forestales de Galicia y zonas semilleras del País Vasco

Regiones de identificación y utilización de material forestal de reproducción en España²

Se han definido 52 regiones: 46 peninsulares, 4 insulares, Ceuta y Melilla (Figura 10). Su delimitación preliminar se realizó trasladando a la cartografía de España 1:1.000.000 las clases resultantes de la división en un segundo nivel de la Clasificación biogeoclimática territorial de España Peninsular y Baleares (Elena, 1997). La delimitación definitiva se ha basado en cuatro criterios principales, como son la continuidad geográfica, la homogeneidad ecológica, la comarcalización de las CCAA y el ajuste a los términos municipales. Las regiones son las siguientes:

Nº Región	Nombre	Nº Región	Nombre
1	Galicia litoral	27	Campo de Criptana
2	Montañas y mesetas interiores de Galicia	28	Cuenca de Madrid
3	Litoral astur-cántabro	29	Montes de Toledo
4	Vertiente septentrional cantábrica	30	Tajo- Campo Arañuelo
5	Vertiente meridional cantábrica-lomas de la Maragatería	31	Guadiana-Tierra de Barros
6	Litoral vasco	32	Campo de Calatrava
7	Montes vasco-navarros	33	La Mancha
8	Pirineo axial	34	Campo de Montiel
9	Prepirineo	35	Sierras de Cazorla y Segura
10	Litoral catalán	36	Sub-bético murciano
11	Orla septentrional de la depresión del Ebro	37	Litoral murciano
12	Depresión del Ebro	38	Litoral sur-oriental andaluz
13	Orla meridional de la depresión del Ebro	39	Sierras Nevado-Filábrides
14	La Rioja	40	Sub-bético granadino
15	Sistema Ibérico septentrional-Macizo del Moncayo	41	Orla meridional de la depresión del Guadalquivir
16	Páramos del Duero-Fosa de Almazán	42	Serranía de Ronda
17	Tierras del Pan y del Vino	43	Litoral meridional andaluz
18	Sierra de Gata	44	Depresión del Guadalquivir
19	Sierra de Gredos	45	Sierra Morena meridional
20	Sierra de Guadarrama- Aiyón	46	Sierra Morena septentrional
21	Alcarrias	47	Pitiusas
22	Sierra de Albarracín	48	Islas de Mallorca, Menorca, Conejera y Cabrera
23	Sistema Ibérico Oriental	49	Canarias Orientales
24	Litoral levantino	50	Canarias Occidentales
25	Sistema Ibérico meridional	51	Ceuta
26	Serranía de Cuenca	52	Melilla

² Esta división ha sido realizada a partir de la Clasificación biogeoclimática de España (Elena, 1997) por un grupo de Trabajo integrado por personal del Area de Selvicultura y Mejora del CIFOR-INIA, de la Unidad Docente de Anatomía, Fisiología y Genética de la ETSIM y del Servicio de material genético de la DGCONA.

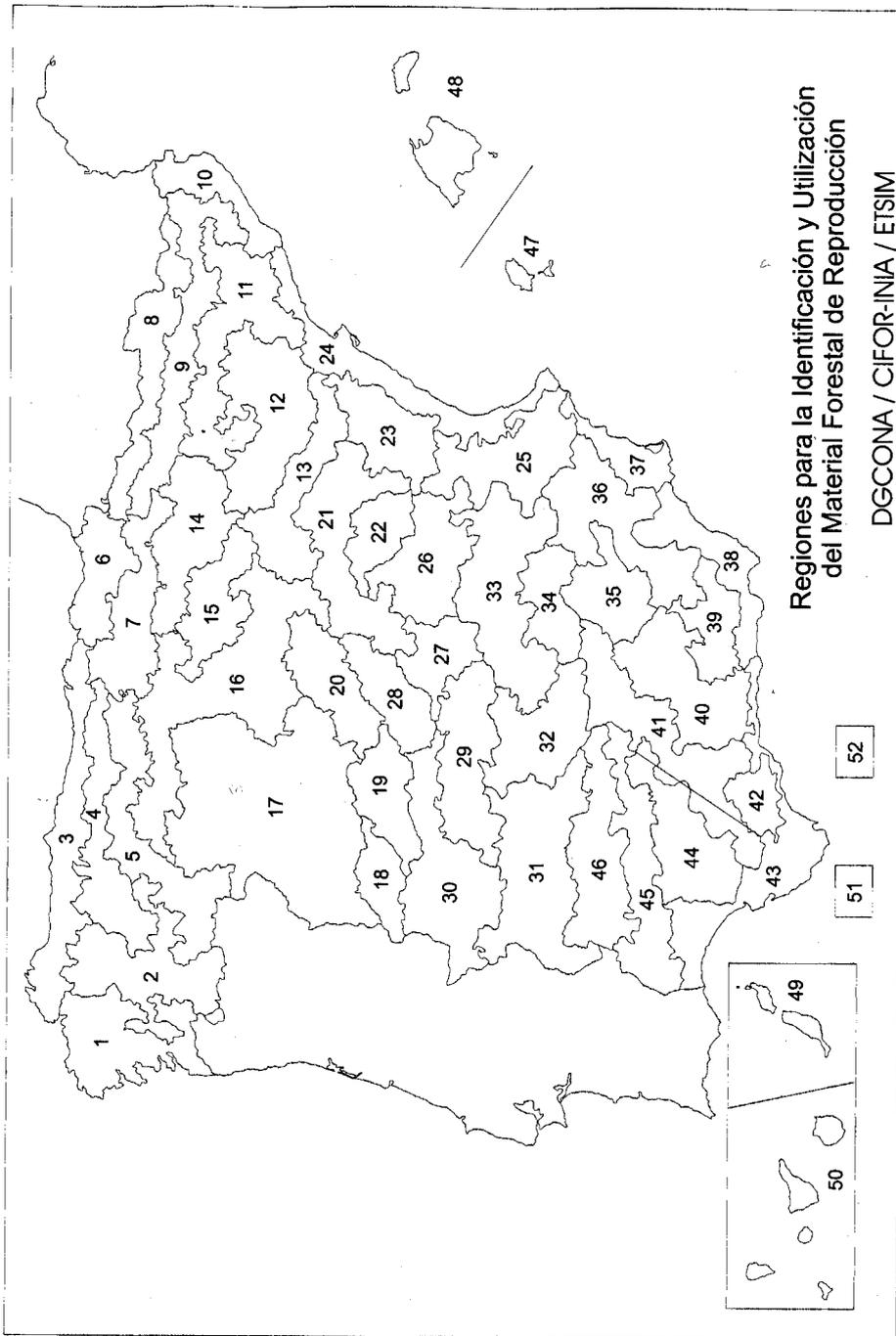


Figura 10.- Regiones para la Identificación y Utilización del Material Forestal de Reproducción.

Continuidad e identidad geográfica

Áreas separadas geográficamente, cada una con entidad propia, se han considerado como regiones diferentes, aunque pertenezcan a la misma clase biogeoclimática. Por ejemplo, en la ecorregión Bética se ha separado la Serranía de Ronda en una región diferente a pesar de pertenecer, a ese nivel de división, a la misma clase que Sierra Nevada y Sierra de Baza y Filabres.

Por otro lado, la complejidad fisiográfica de la Península genera multiplicidad de recintos con superficie reducida que se han integrado en las regiones circundantes, siempre que sus características ecológicas no difieran en exceso. Por ejemplo, los sistemas montañosos han sido considerados como unidad regional a pesar del evidente gradiente climático altitudinal que establece diferentes clases territoriales concéntricas, sin embargo ha prevalecido el criterio de unidad fisiográfica para evitar una fragmentación que generaría un número excesivo de regiones.

Criterios climáticos, litológicos y fisiográficos

Se han subdividido regiones que abarcaban una gran superficie y que presentan características climáticas, litológicas o fisiográficas diferenciales. Tal es el caso de los Montes de Toledo, La Alcarria o Sierra Nevada que quedaban incluidas en regiones con gran heterogeneidad y de mayor superficie.

La clasificación biogeoclimática produce una cierta indefinición en las fronteras entre ecorregiones. La clasificación se ha efectuado independientemente para cada ecorregión. Esto conduce a que zonas próximas de dos ecorregiones, con características fisiográficas y climáticas similares, se incluyan en clateres no homólogos. Por ello, en la división aquí presentada se ha prestado especial atención a estas áreas de unión o solape entre ecorregiones. De esta forma, la Sierra de Guadarrama se ha considerado como una región con unidad e identidad geográficas a pesar de que una parte de ella estaba situada en dos ecorregiones y por tanto con atributos de clasificación diferentes.

Comarcalización en las Comunidades Autónomas

Se han respetado los límites de las divisiones establecidas por las distintas CCAA.

Adaptación a los términos municipales

Los límites resultantes, tras la aplicación de todos los criterios expuestos, contaban con dificultades para su localización precisa, a nuestra escala de trabajo. Para simplificar y racionalizar su uso se han adaptado los límites de las regiones a la división administrativa en términos municipales.

Recomendaciones de uso basadas en las regiones de utilización del material forestal de reproducción

La recomendación de uso de las distintas regiones de procedencia se ha basado en los índices de idoneidad, descritos anteriormente, de 617 estaciones meteorológicas que cubren toda la superficie forestal española. Las estaciones están clasificadas por región de utilización. Este proceso permite conocer la idoneidad de una estación para acoger a las distintas regiones de procedencia de las diferentes especies. Por ejemplo, para cada una de las estaciones como la recogida en la Figura 4 se obtiene un vector de homologación (de las 17 regiones de procedencia de pino silvestre en este caso).

El nivel de homologación de una región de procedencia respecto a una región de utilización (RIU) se obtiene a partir tanto de los valores de cada estación como de la representatividad de las estaciones dentro de la región. Se han seguido los valores recogidos en la Tabla 1. Una estación se ha considerado que puede acoger a una región de procedencia cuando presenta valores genuinos o análogos en los índices de idoneidad (e incluso dispares con escalar mayor de 0.15).

Tabla 1. Niveles de homologación reconocidos para las regiones de utilización de material de reproducción respecto a una región de procedencia determinada.

0	No homologada o uso puntual. Menos del 5% de las estaciones se homologan al ámbito de la región de procedencia.
1	Bajo. El 5-25% de las estaciones se homologan
2	Medio. El 25 a 50% de estaciones se homologan
3	Alto. Más del 50% de las estaciones se homologan

Por ejemplo, en la región de utilización núm. 17 no se ha recomendado ninguna región de procedencia de pino silvestre puesto que ninguna de las estaciones de esta región presenta un valor de idoneidad alto con alguna región de procedencia. Esto indicaría que, en principio y a falta de estudios con mayor detalle, en esta región no se debería utilizar material de pino silvestre.

Los mapas obtenidos se recogen en los capítulos dedicados a cada una de las especies.

Recomendaciones de uso basadas en ensayos de campo

Los ensayos de procedencias constituyen una herramienta necesaria para comprobar las diferencias genéticas entre las poblaciones. A partir del análisis de brinzales procedentes de distintos sitios y ensayados en un medio común, pueden obtenerse estimaciones de la producción de las procedencias en los distintos lugares de ensayo, estimaciones de la interacción genotipo-ambiente, y otros resultados relacionados con la adaptación de las procedencias.



Ensayo de procedencias de Pinus pinaster instalado en 1966 en Acebo (Cáceres). En estas imágenes se aprecian las diferencias en rectitud de los fustes debido a la procedencia. Observese los excelentes fustes de la procedencia San Leonardo en Soria (2) frente a Córcega (1) y los retorcidos formando bucles amplios de Tabuyo en León.

En general, las procedencias presentan un grado de variación relacionado con los factores ambientales que permite aprovechar el óptimo de cada una de las poblaciones. Por ejemplo, en la Figura 11 se muestra como se pueden combinar los óptimos de varias poblaciones respecto a un factor ambiental, en este caso la altitud. Si este esquema teórico lo observamos en varias zonas, una población podrá ser recomendada en aquellos sitios donde se sitúe en el área óptima (definida por nosotros como el área estable y de reproducción).

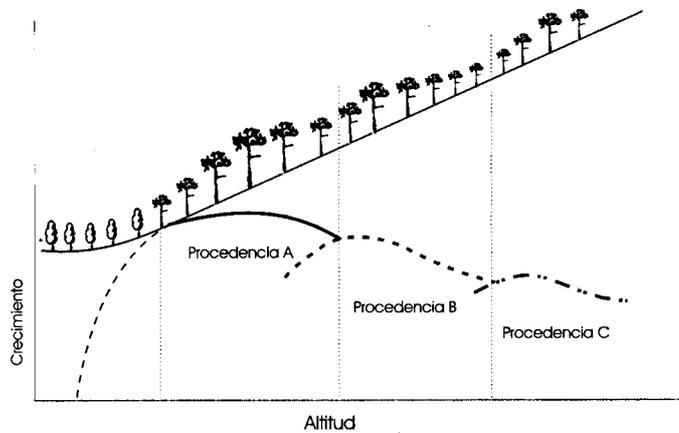


Figura 11.- Representación ideal de la variación de un conjunto de poblaciones adaptadas a diferentes altitudes a lo largo de un gradiente de sitios (Mangold y Libby, 1976).

Las recomendaciones basadas en los ensayos son generales, en el sentido de que no se pueden probar todos los sitios en los que se van a hacer repoblaciones y hemos de basarnos en las principales características de clima y suelo para situar los ensayos.

La red de ensayos de procedencias³ de *Pinus sylvestris*, *P. nigra*, *P. pinaster* y *P. halepensis* está constituida por 28 sitios (Tabla 2). La edad de las plantaciones todavía no ha permitido sacar conclusiones definitivas para la mayoría de las especies. Esta red es muy costosa de mantener y medir, bajo la situación de política científica actual, aunque la información obtenida es esencial a medio plazo. Los ensayos de campo son el método más eficaz para efectuar recomendaciones de uso de un determinado material, aunque debido al tiempo necesario para completar las mediciones y lo costoso de su gestión y establecimiento, deben incluirse en programas de investigación a medio plazo.

³ Referidos a los ensayos establecidos dentro de los proyectos 8600 de ICONA-INIA, SC93-143 y CC93-145.

Tabla 2. Descripción de los sitios de ensayo de procedencias.

Ensayo	Lugar	Fecha de plantación	Diseño	Nº. procedencias	Nº repeticiones	Tamaño de	Superficie
						parcela (nº árboles)	
<i>Pinus sylvestris</i> L.							
P21AGU	Aragüés	04 - 91	BCA	22	4	16	0,88
P21AGU	Gor	04 - 91	BCA	16	4	16	0,64
P21AGU	Sta.	11 - 90	BCA	16	4	16	0,64
P21AGU	Gúdar	04 - 91	BCA	25	8	16	2,00
P21AGU	Brazuelo	11 - 91	BCA	18	4	16	0,72
P21AGU	Navafria	11 - 90	BCA	19	4	16	0,76
<i>Pinus nigra</i> Arn.							
P25DUR	La Grania	04 - 96	BCA	19	12	4	0,55
P25DUR	Herrera	03 - 96	BCA	9	7	8	0,25
P25DUR	Olleros	12 - 96	BCA	16	10	4	0,32
P25DUR	Rucandio	03 - 96	BCA	11	7	8	0,31
P25DUR	Sancedo	11 - 96	BCA	16	10	4	0,32
P25DUR	Sancedo	03 - 97	BCA	14	10	4	0,28
P25DUR	Sancedo	03 - 96	BCA	10	7	8	0,28
P25DUR	Trespaderne	03 - 97	BCA	13	9	4	0,23
P25DUR	Trespaderne	11 - 96	BCA	16	15	4	0,48
<i>Pinus pinaster</i> Ait.							
P26CAT	Acebo	11 - 66	BCA	52	4	16	2,08
P26CAT	Retuerta	02 - 67	BCA	52	4	16	2,08
P26CAT	Espinoso	02 - 67	BCA	45	4	16	1,80
P26CAT	Miravete	12 - 66	BCA	52	4	16	2,08
P26CAT	Cabañeros	02 - 67	BCA	52	3	16	2,08
P26GIL	Cueto	11 - 92	BCA	37	4	16	1,48
P26GIL	Brazuelo	12 - 92	BCA	37	4	16	1,48
P26GIL	Trespaderne	03 - 95	Látice	25	30	8	0,40
<i>Pinus halepensis</i> Mill.							
F24GON	DGCONA	02 - 96	BCA	132	3	3	0,05
F24GON	INIA	12 - 95	BCA	132	2	3	0,05
F24GON	Megeces	12 - 95	BCA	142	7	2	0,77
F24GON	Vivero SIA	02 - 96	BCA	132	7	2	0,38

CAPÍTULO 9: MATERIAL DE BASE PARA LA OBTENCIÓN DE MATERIAL FORESTAL DE REPRODUCCIÓN: CATÁLOGO NACIONAL

Introducción

Los usuarios del material de reproducción pueden escoger entre varios tipos de material, ya sea por la procedencia de la semilla o por sus características básicas. Es posible utilizar distintas categorías (identificado, seleccionado o controlado) obtenidos por distintos procedimientos (rodales, huertos semilleros, clones, etc.)

En el esquema de mejora se contemplan diferentes niveles de selección y evaluación a partir de un material identificado hasta obtener el material controlado.

En el proceso de definición de los materiales de base deben sistematizarse tres aspectos, para facilitar la correcta utilización posterior del material de reproducción:

- El procedimiento de admisión y aprobación.
- La información básica requerida.
- La difusión para una utilización correcta.

Las características de cada una de estas fases varían según el tipo de material de base.

Los criterios e información son diferentes dependiendo del material de base, por lo que nos vamos a centrar en las masas y rodales.

Catálogo de Material de Base para la producción de material forestal de reproducción identificado

La admisión del material de base conlleva únicamente el requisito de identificar el origen de este material (en general un monte o parte de un monte). Si es un monte obtenido por regeneración natural el origen se corresponde con la región de procedencia a la que pertenece.

Por tanto, la información disponible, puesta a disposición tanto del usuario como del recolector, es la localización y origen del material de base. La inventariación de masas y poblaciones se plasma en el *Catálogo de Material de Base para la producción de material de reproducción Identificado* que está formado, en la actualidad, por 567 masas. En él se

incluye, al menos, la información referente a su localización, así como un plano de situación para facilitar el acceso.

Pueden ser los mismos propietarios, o gestores, los que soliciten la inclusión de una determinada masa en el Catálogo Nacional de Materiales de Base.

Este catálogo se ha elaborado a partir de la información recogida por el antiguo Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias (IFIE) al efectuar una selección de masas productoras de semillas (IFIE, datos no publicados). Esta selección se llevó a cabo para diez especies (*Pinus sylvestris*, *P. nigra*, *P. pinaster*, *P. uncinata*, *P. pinea*, *P. halepensis*, *Abies alba*, *Fagus sylvatica*, *Quercus robur* y *Quercus petraea*) repartidas en 32 provincias (Tabla 1). Se seleccionaron 402 masas autóctonas (exceptuando tres de la provincia de Valencia y cinco de Murcia) y en general monoespecíficas. Los criterios de selección aplicados fueron el vigor de la masa, la buena configuración de copa (ramas delgadas y uniformemente repartidas, con buena poda natural, y de tamaño reducido), un tronco recto no bifurcado, la resistencia a plagas, enfermedades, heladas y largos estiajes y la existencia de regenerado natural. En algunos montes cuya especie principal eran respectivamente *P. pinea* o *P. pinaster* se tuvieron en cuenta la producción de piña o resina. Esta selección no cumple con los requisitos definidos actualmente en la legislación, y por tanto se utiliza para identificar montes (o partes de montes) susceptibles de proporcionar semilla a escala regional o nacional. Esta primera información está siendo completada al efectuar los trabajos de selección de masas y rodales selectos.

Conviene recordar, que el material de reproducción identificado no está permitido actualmente en el Sistema UE, aunque está previsto incorporar esta categoría cuando sea aprobada la revisión del sistema, prevista para el año 2000. La normativa española (RD 1356/98), sí la contempla.

Catálogo Nacional de Materiales de Base para la producción de material forestal de reproducción seleccionado

Actualmente se incluyen en el Catálogo Nacional de Materiales de Base para la producción de material de reproducción seleccionado tanto las masas o rodales selectos como los huertos semilleros no testados. Las masas selectas pueden ser a partir de las identificadas que se recogen en el Catálogo Nacional anterior.

El proceso de selección se establece para asegurar que se cumplan los requisitos recogidos en la legislación española y europea. Esto es, unas características mínimas de calidad del material de reproducción. Supone el establecimiento de un conjunto de normas que deben cumplir las poblaciones forestales, una homogeneización del proceso de selección así como un control de la calidad. La finalidad última es garantizar al usuario la identidad de la especie, el origen y la calidad del material que está a la venta. En cada fase se indica también el Organismo responsable del proceso.

Tabla 1. Provincias en la que existe material de base para la producción de material de reproducción identificado (Actualizado a 31/12/97).

<u>ÁLAVA</u>	<u>GIRONA</u>	<u>MÁLAGA</u>
<i>Fagus sylvatica</i> L.	<i>Pinus uncinata</i> Ram.	<i>Pinus pinaster</i> Ait.
<i>Quercus robur</i> L.	<i>Pinus sylvestris</i> L.	<u>MURCIA</u>
<u>ALBACETE</u>	<i>Fagus sylvatica</i> L.	<i>Pinus halepensis</i> Mill.
<i>Pinus nigra</i> Arn.	<i>Quercus petraea</i> (Matts) Liebl.	<u>NAVARRA</u>
<i>Pinus pinaster</i> Ait.	<u>GRANADA</u>	<i>Fagus sylvatica</i> L.
<i>Pinus halepensis</i> Mill.	<i>Pinus nigra</i> Arn.	<i>Quercus petraea</i> (Matts) Liebl.
<u>ASTURIAS</u>	<i>Pinus pinaster</i> Ait.	<u>PONTEVEDRA</u>
<i>Fagus sylvatica</i> L.	<i>Pinus halepensis</i> Mill.	<i>Quercus robur</i> L.
<u>ÁVILA</u>	<u>GUADALAJARA</u>	<u>SALAMANCA</u>
<i>Pinus sylvestris</i> L.	<i>Pinus sylvestris</i> L.	<i>Pinus pinaster</i> Ait.
<i>Pinus pinaster</i> Ait.	<i>Pinus nigra</i> Arn.	<u>SEGOVIA</u>
<i>Pinus pinea</i> L.	<i>Pinus pinaster</i> Ait.	<i>Pinus sylvestris</i> L.
<u>BURGOS</u>	<u>GUIPÚZCOA</u>	<i>Pinus pinaster</i> Ait.
<i>Pinus sylvestris</i> L.	<i>Fagus sylvatica</i> L.	<u>SORIA</u>
<i>Pinus nigra</i> Arn.	<i>Quercus petraea</i> (Matts) Liebl.	<i>Pinus uncinata</i> Ram.
<i>Pinus pinaster</i> Ait.	<u>HUELVA</u>	<i>Pinus sylvestris</i> L.
<u>CÁCERES</u>	<i>Pinus pinea</i> L.	<i>Pinus nigra</i> Arn.
<i>Pinus pinaster</i> Ait.	<u>HUESCA</u>	<i>Pinus pinaster</i> Ait.
<u>CANTABRIA</u>	<i>Pinus uncinata</i> Ram.	<u>TARRAGONA</u>
<i>Fagus sylvatica</i> L.	<i>Pinus sylvestris</i> L.	<i>Pinus sylvestris</i> L.
<i>Quercus robur</i> L.	<i>Abies alba</i> Mill.	<i>Pinus nigra</i> Arn.
<i>Quercus petraea</i> (Matts) Liebl.	<i>Fagus sylvatica</i> L.	<u>TERUEL</u>
<u>CASTELLÓN</u>	<u>JAÉN</u>	<i>Pinus uncinata</i> Ram.
<i>Pinus sylvestris</i> L.	<i>Pinus nigra</i> Arn.	<i>Pinus sylvestris</i> L.
<i>Pinus nigra</i> Arn.	<i>Pinus pinaster</i> Ait.	<i>Pinus nigra</i> Arn.
<i>Pinus pinaster</i> Ait.	<i>Pinus halepensis</i> Mill.	<i>Pinus pinaster</i> Ait.
<u>A CORUÑA</u>	<u>LUGO</u>	<i>Pinus halepensis</i> Mill.
<i>Quercus robur</i> L.	<i>Quercus robur</i> L.	<u>TOLEDO</u>
<u>CUENCA</u>	<u>LLEIDA</u>	<i>Pinus pinea</i> L.
<i>Pinus sylvestris</i> L.	<i>Pinus uncinata</i> Ram.	<u>VALENCIA</u>
<i>Pinus nigra</i> Arn.	<i>Pinus sylvestris</i> L.	<i>Pinus pinaster</i> Ait.
<i>Pinus pinaster</i> Ait.	<i>Abies alba</i> Mill.	<i>Pinus halepensis</i> Mill.
<i>Pinus halepensis</i> Mill.	<u>MADRID</u>	<u>VALLADOLID</u>
<i>Pinus pinea</i> L.	<i>Pinus sylvestris</i> L.	<i>Pinus pinaster</i> Ait.
	<i>Pinus pinaster</i> Ait.	<i>Pinus pinea</i> L.
	<i>Pinus pinea</i> L.	

Los criterios utilizados en todos los países europeos se basan en los generales establecidos por las directivas comunitarias, aunque el procedimiento es diferente en cada país. En Francia el responsable de la selección realiza una evaluación subjetiva basándose en estos criterios generales; en Gran Bretaña las características fenotípicas de las masas se verifican mediante muestreo; en Alemania el proceso incluye la selección por los organismos responsables de los estados federales y del gobierno Central.

En España el proceso de selección ha sido descrito por Galera *et al.*, (1997), y se resume en la Tabla 2. Se han definido seis fases y para cada una de ellas se indica tanto el organismo responsable como los criterios seguidos y los documentos que se han de completar.

- 1.- **Propuesta de material de base.** Esta fase inicia el proceso. Puede ser realizada tanto por el propietario como por el gestor del monte y se refiere a aquellos montes o partes de montes que cumplen los criterios generales de selección. Entre ellos, los dos fundamentales son el acceso y la producción de piña.
- 2.- **Preselección.** Al visitar la masa propuesta se verifica que se cumplen los criterios generales y particulares, y se facilitan los trabajos de caracterización ecológica y fenotípica.

Para ello, se completa un estadillo para cada una de las distintas *Zonas homogéneas* en que puede subdividirse la masa propuesta en el que figura el cumplimiento de los criterios generales de selección (adaptados de la Directiva por OM 3079/89) y los criterios particulares definidos para cada especie, la accesibilidad y las características ecológicas diferenciales, apreciadas subjetivamente. Una vez completada la ficha de preselección, se dispone de la identificación de la zona visitada y de la superficie aproximada. Los criterios generales de selección se refieren a la situación respecto a masas de mala calidad o especies susceptibles de hibridación, la homogeneidad, la edad, las características fenotípicas y al estado sanitario de la masa propuesta. También se recoge información ecológica, la vegetación arbórea y arbustiva más representativa y la accesibilidad. Todos estos datos constituyen los criterios básicos de selección.

- 3.- **Caracterización ecológica.** Los rodales y masas que son preseleccionados se caracterizan ecológicamente para comprobar que sus características se encuentran dentro del ámbito definido para la región de procedencia en la cual están incluidos. También sirve para proporcionar información más detallada sobre las características del origen de semilla al usuario del material de reproducción. Por último permite homologar ecológicamente la masa con las de otras regiones de procedencia y con estaciones fuera del área natural y así conocer las zonas de utilización de la semilla dentro y fuera del ámbito de distribución de la especie.
- 4.- **Caracterización fenotípica.** Una vez comprobado que la masa se encuentra dentro del ámbito ecológico definido para la región de procedencia se procede mediante muestreo a evaluar caracteres cualitativos de forma de fuste (rectitud, bifurcación, ramificación) y copa (densidad de acículas, tamaño, fructificación), estado sanitario, y caracteres cuantitativos (espesura, diámetro, altura, edad). En la Tabla 3 se incluyen las clases diferenciadas en la caracterización fenotípica y que permiten establecer unos criterios mínimos de selección.

Tabla 2. Esquema de funcionamiento para la selección y admisión de masas y rodales selectos

PROCEDIMIENTO	DESCRIPCIÓN	ORGANISMO	CRITERIOS	DOCUMENTOS
PROPUESTA DE MATERIAL DE BASE	Propuesta de masa o rodal para su selección	Propietario o Gestor del Monte	Generales y particulares de la especie	Ficha de propuesta de admisión y plano 1:50.000 ó 1:25.000
PRESELECCIÓN	Visita al rodal comprobando que se cumplen los criterios generales y particulares	- Organismos responsables CCAA - DGCONA	Generales y particulares de la especie	Estadillo de pre-selección
CARACTERIZACIÓN ECOLOGICA	Determinación de las características ecológicas del rodal o masa que cumple los criterios generales y particulares para su homologación con la región de procedencia.	- Organismos responsables CCAA - DGCONA	Fisiografía Clima Suelo	Ficha de caracterización ecológica
CARACTERIZACIÓN FENOTÍPICA	Medición de caracteres fenotípicos para su comparación.	- Organismos responsables CCAA - DGCONA	Fenotípicos	Muestreo, estadillos de campo
ACEPTACIÓN O RECHAZO COMO MATERIAL DE BASE	Comparación de rodales dentro de cada región de procedencia y elección de los mejores.	- Organismos responsables CCAA - DGCONA	Fenotípicos	Ficha de caracterización fenotípica
APROBACIÓN Y PUBLICACIÓN EN EL B.O.E.	- La DGCONA propone al INSPV la admisión e inclusión en el Catálogo de Material de Base. - Se publica en el BOE la lista de altas y bajas que se producen en el Catálogo. Se notifica a la Comisión de la U.E para que se incluya en el Catálogo Comunitario	INSPV ¹		Ficha de admisión Catálogo de Material de Base BOE y Catálogo Comunitario

¹ Para *Pinus pinaster* y *P. halepensis*, especies incluidas en el RD 1356/98 sobre comercialización de material de reproducción de especies mediterráneas, el reparto de competencias se establece entre INSPV, DGCONA, INIA y CCAA.

Tabla 3. Descripción de los caracteres de forma evaluados en rodales y masas.
(Galera *et al.*, 1997).

Rectitud	
RC1	Totalmente rectos
RC2	Ligeramente curvados. Curvatura inferior al diámetro normal (Dn) en el tercio superior
RC3	Ligeramente curvados. Curvatura inferior al Dn en la parte central del fuste o en zona basal
RC4	Medianamente curvados. Curvatura inferior al Dn en la parte central y basal del fuste
RC5	Fuertemente curvados. Curvaturas comprendidas entre Dn y 2Dn
RC6	Torcidos. Curvaturas superiores a 2Dn
Bifurcación	
B1	No bifurcado
B2	Bifurcación en el tercio superior, correspondiente a la copa
B3	Bifurcación en el 2º tercio
B4	Bifurcación en el 3º tercio
Inclinación	
I1	Totalmente recto
I2	Ángulo respecto a la vertical inferior a 30°
I3	Ángulo respecto a la vertical entre 30-45°
I4	Ángulo respecto a la vertical superior a 45°
Angulo de ramas	
AR1	Inserción de ramas próxima a 90°
AR2	Inserción de ramas entre 30° y 60°
AR3	Inserción de ramas inferior a 30°
Grosor de ramas	
GR1	<i>Delgadas.</i> Diámetro menor de 1/4 del grosor del fuste en el punto de inserción
GR2	<i>Medias.</i> Diámetro entre 1/4 y 1/2 del grosor del fuste en el punto de inserción
GR3	<i>Gruesas.</i> Diámetro superior a 1/2 del grosor del fuste en el punto de inserción
Tamaño copa	
TC1	mayor de 1/2 de la altura total
TC2	Entre 1/2 y 1/3 de la altura total
TC3	menor de 1/3 de la altura total
Fructificación o Floración	
Nula	Sin frutos/ flores
Baja	Menos del 25% de los ramillos con frutos/flores
Media	Entre el 25% - 50% de los ramillos con frutos/flores
Alta	Entre 50% - 75% de los ramillos con frutos/ flores
Muy Alta	Más del 75% de los ramillos con frutos/ flores
Densidad de la copa	
Estado sanitario	
Caracteres cuantitativos:	
- Diámetro dominante	
- Altura dominante	
- Edad	
- Espesura	



*Selección y admisión de masas y rodales selectos. Medición de caracteres fenotípicos en una masa de *Pinus sylvestris* en Valsain (Segovia) para su posterior evaluación de los caracteres cualitativos (forma de fuste y copa, estado sanitario) y caracteres cuantitativos (espesura, diámetro, altura, edad).*

5. **Aceptación o rechazo del Material de Base.** Terminado el proceso de evaluación la autoridad competente decide la aceptación o rechazo de la masa o rodal para su inclusión en el Catálogo. Esta decisión se basa en la información existente del rodal, incluyendo la ficha de caracterización fenotípica, la ficha de caracterización ecológica, y su adecuación a los requisitos establecidos para la región de procedencia a la cual pertenece.
6. **Aprobación y publicación.** Una vez aceptado, la información es trasladada a las autoridades encargadas de la aprobación y publicación en el BOE del nuevo material. Para las especies de la normativa comunitaria, se notifica a la Comisión de la UE para su inclusión en el Catálogo Comunitario.

Toda la información obtenida de cada rodal está disponible en el Servicio de Material Genético de DGCONA. Es el punto de partida para la elaboración del Catálogo Nacional de Materiales de Base.

Organización del Catálogo Nacional de Materiales de Base

El *Catálogo Nacional de Materiales de Base* está constituido por todos los tipos de materiales que se pueden comercializar. Actualmente está constituido por los materiales de base para la producción de material de reproducción identificado y seleccionado. La información, que corresponde a las diferentes fichas de admisión, selección y caracterización y los mapas de situación, se encuentra en los archivos de la DGCONA. Además se cuenta con un soporte informático de las distintas fichas, con objeto de poder efectuar una rápida actualización del Catálogo. La base de datos está descrita más detalladamente por Galera y Martín (1997). El esquema de actuación se recoge en la Figura 1.

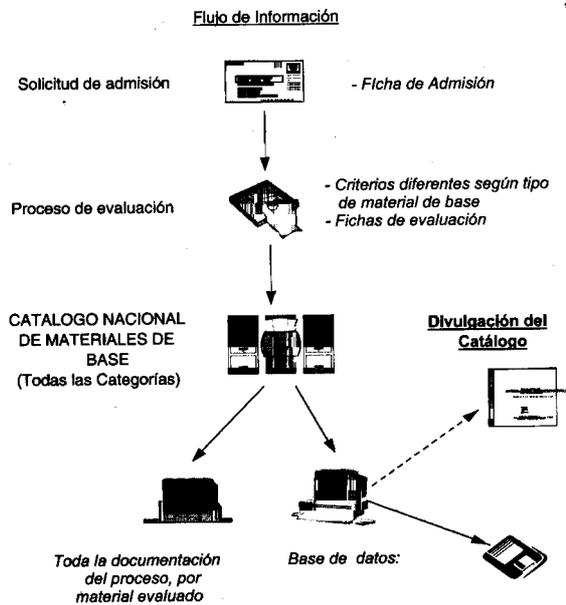


Figura 1.- Organización del Catálogo de Materiales de Base.

Existe una única base de datos para todos los tipos de Materiales de Base, para lo que se ha tenido en cuenta que la información disponible de cada uno de los tipos de materiales no es la misma, tal como se recoge en la Tabla 4.

Tabla 4. Información disponible en el Catálogo Nacional de Materiales de Base dependiendo de la categoría del material de reproducción.

Categoría del material de reproducción	Ficha de Admisión	Mapa de situación	Ficha de Caracterización Ecológica	Ficha de caracterización Fenotípica	Evaluación en ensayos
<i>Identificado</i>	✓	✓			
<i>Seleccionado</i>	✓	✓	✓	✓	
<i>Controlado</i>	✓	✓	✓	✓	✓

La información básica la constituye la ficha de admisión del material, en la que se recogen las principales características relacionadas con la identificación, con su localización, y los Organismos responsables del control de la recolección y de la autorización del aprovechamiento. También es necesario el mapa de situación (a escala 1:50.000 o mayor) que facilita las labores de recogida y comercialización.

Durante el proceso de selección, cuando una masa no supera los criterios mínimos exigidos, se mantiene en la base de datos, aunque lógicamente no tiene asignada ninguna categoría.

En esta base de datos también se indica si el material de base está representado en ensayos de campo o ha sido utilizado para su caracterización genética.

La información básica que se proporciona al usuario se incluye en un resumen de cada rodal que contiene la ficha de admisión y su mapa de situación, así como la posibilidad de recogida de material de reproducción. Actualmente se cuenta con dos catálogos del material de base para producción de material de reproducción seleccionado (ICONA, 1995; DGCONA, 1996), cuya revisión se hace periódicamente.

La información existente puede recogerse en otros documentos, como por ejemplo el directorio de fuentes de semillas de coníferas mediterráneas (FAO, 1997), en el que se incluyen las especies españolas.



El concepto de biodiversidad apunta hacia un enfoque integrador, al considerar la naturaleza en su conjunto e intentar mantener la totalidad de sus componentes. Las masas de Pinus sylvestris en Baza y Trevenque (Granada, fotos 1 y 2) son el límite meridional de la especie y su persistencia está amenazada por repoblaciones con material de origen desconocido en sus alrededores. La masa de Pinus pinaster de Talayuela (Cáceres, foto 3) se encuentra en una región de procedencia relativamente aislada (Bajo Tietar) y podría considerarse en un plan de conservación de la especie por presentar unas características fenotípicas claramente distintas de las masas más cercanas.

CAPÍTULO 10: LOS MATERIALES DE BASE Y LA CONSERVACIÓN DE RECURSOS GENÉTICOS

Introducción

El concepto de la diversidad biológica o biodiversidad se ha impuesto en el campo de la conservación por su carácter integrador, al tratar la naturaleza en su conjunto e intentar mantener la totalidad de sus componentes. Se entiende como la variedad y variabilidad de los organismos vivos, tanto silvestres como domésticos, y los ecosistemas de los que forman parte. Alrededor de este concepto, se plantean dos necesidades que se han de hacer compatibles a través de su uso sostenible: la conservación y la utilización.

La estrategia de la UE en materia de selvicultura, promulgada por el Parlamento Europeo en su resolución de 30 de Enero de 1997 señala que se han de incluir medidas de fomento de la conservación y mejora de la biodiversidad en los bosques. Este es un aspecto que cobra cada vez más interés y es objeto de amplias discusiones. En general, podemos decir que la gestión forestal cumple los criterios antes señalados, y la conservación de recursos genéticos forestales es un aspecto esencial dentro de la mejora genética.

Como señalan Eriksson *et al.* (1993, 1995) actualmente aún no existe un acuerdo general entre los distintos autores en aspectos como son el significado de este concepto, el tamaño más efectivo de las muestras que se requieren, la idoneidad de los métodos *in situ* vs. *ex situ*, o el uso de la regeneración natural o artificial en la conservación. Sin embargo, existe un acuerdo general en su necesidad.

Son numerosos los trabajos elaborados para definir estrategias o las distintas actuaciones, principalmente auspiciadas por la FAO (FAO, 1984a, 1984b, etc.), y últimamente por EUFORGEN con varias especies forestales europeas.

La necesidad de una estrategia de conservación de recursos genéticos forestales se basa en la existencia, e importancia, de procesos que afectan a la diversidad biológica y que se resumen en la Tabla 1.

En concreto en el género *Pinus* los principales aspectos para cada una de las especies son los siguientes:

1. *Pinus sylvestris*. Presenta poblaciones relicticas, y de pequeña extensión, en su límite ecológico y de distribución (Sierras Penibéticas, Alto Valle del Porma, Sierra de Javalambre).

2. *Pinus nigra*. Existen numerosas masas relicticas o de pequeña extensión separadas geográficamente, y que presentan gran diversidad genética (entre otras, las de Prepirineo aragonés, Baja Cataluña, Sistema Central, Soria y las masas andaluzas de Almirajara, Sierra Mágina, Baza y María). Merecen especial atención las situadas en suelos silíceos, como las del Sistema Central, por su fragilidad ocasionada por su elevada edad, y estar sometidas a peligro de incendios, plagas, etc. Los graves problemas de regeneración de sus masas, ocasionados entre otros motivos por su marcado carácter vecero, hacen aún más urgente la programación de trabajos de conservación.
3. *Pinus pinaster*. Tiene su centro de diversidad genética en nuestro país y presenta una gran diversidad entre sus poblaciones. Varias de ellas se encuentran aisladas geográficamente y en peligro de desaparición (Fuencaliente, Oria) por el reducido tamaño de la población. Los principales riesgos son los incendios, las repoblaciones con orígenes desconocidos o no deseados y la mala regeneración, usualmente por invasión de otras especies.
4. *Pinus halepensis*. Esta especie no suele tener problemas de producción de piña, sus masas son extensas y, en general, se regenera bien tras los incendios. Las labores de conservación se dirigen a poblaciones donde son escasas las masas naturales (como es el caso del Litoral Levantino), o donde los incendios forestales hayan causado graves pérdidas (como en Monegros).

Tabla 1. Procesos que afectan a la conservación de la diversidad biológica en el sector forestal (Estrategia Nacional de la Biodiversidad, 1997)

Procesos	Efectos
Transformación de los usos del suelo	⇒ Desaparición de especies a escala local y regional
Transformación de la cubierta vegetal	⇒ Pérdidas de efectivos poblacionales
Intensificación de las prácticas forestales	⇒ Pérdida de la diversidad genética
Incendios Forestales	⇒ Fragmentación de las poblaciones
Introducción de especies y genomas exóticos en el medio natural	⇒ Fragmentación, modificación y destrucción de hábitats y ecosistemas
Sobreexplotación de recursos	⇒ Pérdida de diversidad paisajística
Facilitar el acceso rodado a los espacios naturales	
* Contaminación atmosférica	
* Actividades recreativas	

* Procesos que afectan al sector pero que proceden principalmente de otros sectores

De forma general, el desarrollo de una estrategia de conservación, debe considerar los siguientes aspectos:

- Recopilación de la información sobre la distribución, diversidad genética y pautas de variación. Análisis de la estructura genética, mediante marcadores bioquímicos y morfológicos. El análisis de la estructura genética de una población proporciona la información necesaria para diseñar procedimientos eficaces de muestreo para los programas de conservación genética (Eriksson *et al.*, 1995).
- Reconocimiento del estado real de las masas, analizando los riesgos y presiones que afectan a las poblaciones, y su valor socioeconómico, ecológico y cultural actual y potencial. Desarrollo de bases de datos y de listas de descriptores.
- Elección de las poblaciones que es preciso salvaguardar: definición, integración y aplicación de las posibles actuaciones complementarias de conservación *in situ* y *ex situ*.
- Medidas y normas que serían convenientes para facilitar el desarrollo y aplicación de esta estrategia como parte de los programas de conservación nacional y de las CCAA.

En este apartado se presenta, simplemente, un acercamiento al tema indicando relación entre las actuaciones de mejora y las de conservación de recursos. En general, muchas de estas actuaciones se pueden considerar complementarias a las actividades de conservación de recursos.

La conservación de los recursos genéticos

Generalmente por conservación se entiende la preservación de un material, es decir *no tocar ese recurso*. Sin embargo puede entenderse desde una perspectiva de conservación dinámica. Estos dos aspectos se pueden observar en la Figura 1 (Eriksson, 1996).

La estrategia de conservación dinámica se basa en que el objetivo principal de la conservación de recursos genéticos debe ser crear las condiciones que favorezcan la evolución futura del recurso genético (Eriksson *et al.*, 1995). Los objetivos de esta estrategia son:

- Creación de unas buenas condiciones para la evolución futura.
- Captura de genes con frecuencia mayor de 0.01.
- Incorporar un componente de mejora genética.
- Es necesario incluir la conservación de las especies asociadas.

Tradicionalmente las labores de conservación, tanto *in situ* como *ex situ* han sido objeto de gran atención en el campo forestal. La conservación *in situ* presenta, en general, la ventaja de no alejar al recurso genético del ambiente en el cual se desarrolla, pues se parte de las propias masas forestales. En ella se definen varias categorías (Anónimo, 1991) como son las reservas naturales estrictas, los Parques nacionales, las reservas naturales gestionadas, y las áreas gestionadas de uso múltiple. Por tanto, se asegura la persistencia del recurso mediante la inclusión en alguna de estas categorías debido a las implicaciones que presentan en la gestión.

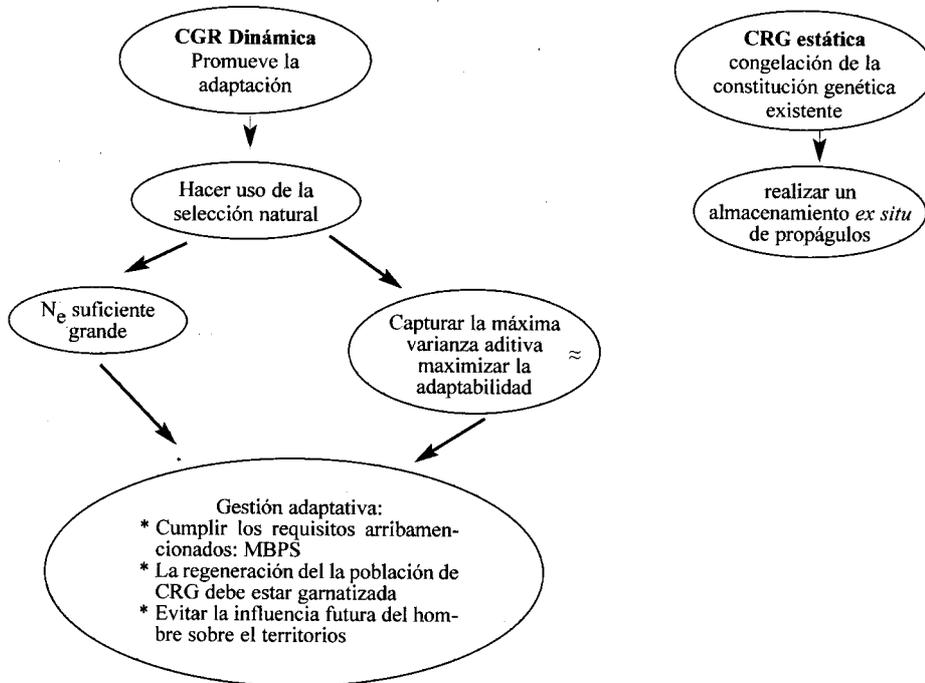


Figura 1.- Conservación de recursos genéticos: conservación dinámica y estática. (Eriksson, 1996)

En coníferas, los requisitos fundamentales de las zonas de conservación de recursos se pueden resumir en los siguientes (Koski, 1996):

- Hay que asegurar la regeneración de la población, y la nueva generación debe proceder, predominantemente, de cruzamientos dentro de la población conservada.
- El número de genotipos debe ser suficientemente grande para incluir la mayoría de los alelos comunes (es decir aquellos con frecuencia mayor de 0,01)
- La red de rodales de conservación debe ser suficiente para cubrir la variación genética espacial presentada en la especie.
- Todos los rodales deben ser autóctonos
- El área debe ser mayor de 100 ha, siendo el diámetro mínimo mayor de 400 m. No es necesario que todo el área de conservación consista en un bosque intacto y coetáneo, sino que pueden existir varias clases de edad.
- Los rodales menores de 2 ha no son adecuados y la superficie potencial para la expansión del rodal mediante replantación o siembra directa debe ser mayor de 10 ha. Solo se deben emplear en casos especiales cuando no exista una superficie mayor.

Estas condiciones pueden aceptarse para los pinares ibéricos. En este sentido las actividades de conservación *in situ* pueden incluir distintas categorías entre las contempladas en las actuaciones de mejora. Las *fuentes semilleras* y las *masas o rodales selectos* pueden complementar, e incluso constituirse, en una red de conservación de recursos *in situ*, manteniendo la diversidad genética intraespecífica. En general reúne a poblaciones de gran valor que deben ser preservadas en cada una de las regiones de procedencia de las especies. Las condiciones para que estas áreas sean incluidas en los esquemas de conservación son las siguientes:

- Que sean de origen conocido
- Que su tamaño sea suficiente para asegurar el mantenimiento de la masa.
- Que tenga unos límites definidos y fácilmente reconocibles.
- Que su regeneración se produzca de una forma natural o con semilla de la misma zona.
- Que incluya diferentes clases de edad que asegure la persistencia de las masas.

El Catálogo Nacional de los Materiales de Base incluye todas estas características, por lo que a partir de él se cuenta con toda la información necesaria dividida por región de procedencia y es una herramienta básica en la conservación de muchas de las regiones de procedencia.

Las actuaciones *ex situ* en estas especies se pueden realizar a través de las siguientes actividades:

- Huertos semilleros / Bancos clonales
- Ensayos de procedencias / Plantaciones de procedencias
- Bancos de germoplasma

Los *huertos semilleros* permiten mantener una serie de genotipos de las distintas poblaciones fuera de su área natural, con un diseño y tamaño que permiten asegurar una suficiente variabilidad genética de la población muestreada. Los *bancos clonales* mantienen genotipos de interés (por ejemplo de árboles productores de resina, de individuos productores de piña, etc) que de otra forma pueden ver amenazada su existencia. También se encuentran en este caso el establecimiento de bancos clonales a partir de poblaciones con alto riesgo de hibridación con fuentes no deseadas (caso de pino silvestre de Sierra Nevada). Los genotipos se preservan fuera de su área natural, dando lugar a nuevas generaciones de semilla que pueden reintroducirse en su zona original.

Esta conservación *ex situ*, también se logra a través de *ensayos de procedencias*, pues establecen individuos de las distintas poblaciones fuera de su área natural una vez terminado el periodo de validez de los ensayos. Se constituyen en una herramienta eficaz siempre que el tamaño de las muestras sea suficiente. La plantación de procedencia, sin el objetivo de estudiar la variación genética de las poblaciones, sirve para mantener efectivos poblacionales suficientes de algunas procedencias, bien para conservarlas o para producir semilla.

En conclusión, podemos combinar las actuaciones para obtener poblaciones mejores, derivadas de las actividades normales de mejora, con las de conservación de recursos genéticos en las especies forestales.

II: RESUMEN DE ACTIVIDADES POR ESPECIE

CAPÍTULO 11: EL PINO ALBAR (*PINUS SYLVESTRIS* L.)

Introducción

El pino albar o pino silvestre (*Pinus sylvestris* L.) ocupa en España un área total aproximada de 900.000 ha. Es una especie importante en el sector forestal español, tanto por la extensión ocupada, como por la calidad de su madera y por el papel que desempeñan sus masas en la conservación y mantenimiento de la diversidad. En la Península Ibérica se encuentra el límite meridional de su distribución mundial y fue área de refugio durante las glaciaciones, lo que ha ocasionado una gran diversidad genética. Su importancia en las repoblaciones se manifiesta por las 517.000 ha realizadas en los últimos 50 años (Montero, 1997). El 45 por 100 de su superficie lo ocupan masas naturales de sus 4 zonas principales: Pirineos, Sistema Ibérico, Central y Penibético. Habita entre 800 y 2.000 m de altitud con un óptimo en producción y regeneración entre los 1.200 y 1.600 m, rango en el que se encuentra el 76 por 100 de sus masas.

Las características ecológicas más importantes del hábitat de *Pinus sylvestris* han sido descritas por Nicolás y Gandullo (1969) y en relación a las otras especies del género *Pinus* por Gandullo y Sánchez Palomares (1994). Conviene destacar la preferencia de esta especie por cotas próximas a los 1.100 m., en pendientes escasas o moderadas. Generalmente vive en suelos poco evolucionados, ricos en materia orgánica y permeables. Son preferentemente silíceos, bastante ácidos y humíferos, con porcentajes de arena del orden del 70 por 100 y de arcilla próximos al 15 por 100. Es bastante indiferente al pH, pudiendo encontrarse en substratos calizos normalmente descarbonatados. Climáticamente prefiere precipitaciones abundantes y en consecuencia elevados índices hídricos, fuertes superávits y drenajes, y con una duración de la sequía inferior a un mes. El análisis fitoclimático de su área de distribución (Rojo y Montero, 1996) indica que es una especie típica del fitoclima oroborealóide subnemorale -VIII(VI)-, aunque se encuentra mayoritariamente en otros fitoclimas algo más áridos. Su presencia en el fitoclima mediterráneo substepario -IV(VII)- se interpreta por la adhesión de esta especie a ambientes frescos más que a aspectos hídricos.

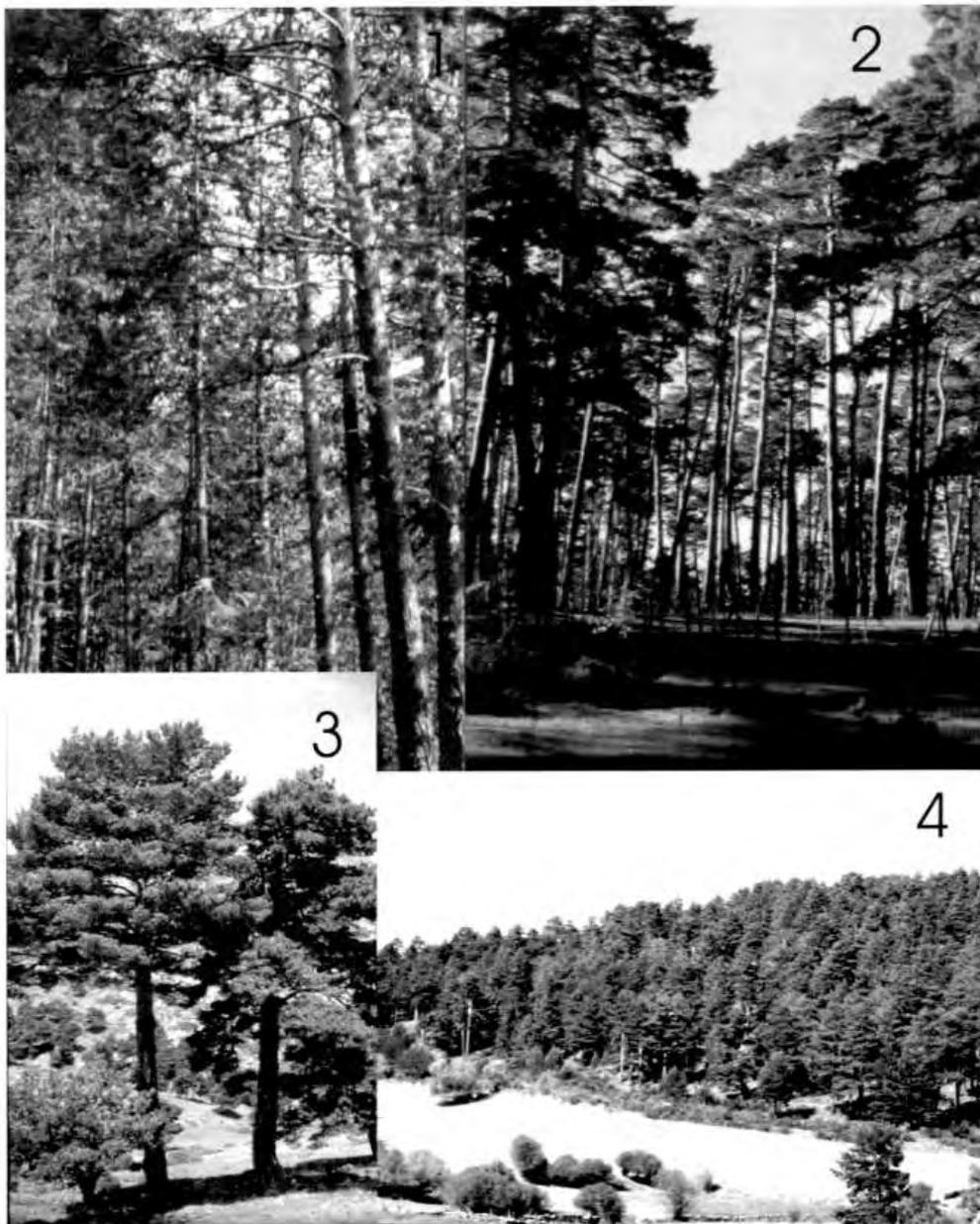
La selvicultura aplicada en España es relativamente bien conocida. El turno de aprovechamiento se fija en 100 ó 120 años. Se pueden diferenciar tres zonas altitudinales que marcan la características del pinar y su selvicultura (Rojo y Montero, 1996).

- *Zonas con altitud mayor de 1.800 m.* Corresponden a las partes superiores de las montañas, con baja densidad de arbolado y grandes rasos. Poseen un alto valor protector y muy baja producción de madera (menor de 0,5 m³/ha/año). Existen grandes dificultades para la regeneración que se acentúan por el pastoreo. La intervención selvícola es escasa o nula y la ordenación suele ir dirigida al aprovechamiento de pastos.
- *Zonas con altitud comprendida entre 1.600 y 1.800 m.* Con baja densidad del arbolado y reparto superficial irregular (rodales de pino silvestre alternando con matorral y pastos). También son de alto interés protector. La producción de madera es baja (0,5 a 1,5 m³/ha/año). La regeneración natural encuentra grandes dificultades en las laderas orientadas al sur, zonas afectadas por los vientos y en suelos pobres. Al presentar las masas una estructura cercana a la irregular, teóricamente se tratan por entresaca, que en realidad son cortas de policía. Son las masas de protección por excelencia, que suelen incluirse en cuarteles protectores en los que se aplican métodos de regeneración natural.
- *Zonas con altitud entre 800-1.600 m.* Son masas densas, monoespecíficas o mezcladas, pero con predominio de pino silvestre de alto interés protector, productor y estabilizador. Ocupan más del 75 por 100 de la superficie poblada por la especie. La producción de madera es variable (1,5 a 6 m³/ha/año). Las masas suelen ser de estructura regular. Se aplican métodos de ordenación por tramos periódicos dirigidos a obtener una producción constante de madera. El tratamiento selvícola habitual es el de aclareos sucesivos uniformes. Este método ha sido sustituido en algunos montes por el de cortas a hecho con reserva de 30-40 árboles madre por hectárea que son extraídos de una sola vez en los 5-6 años siguientes cuando la regeneración se considera lograda. Tras la primera corta masiva se realiza una preparación del suelo de diferente intensidad y posteriormente se siembran 3-4 kg/ha.

Su uso en repoblaciones viene marcado por el aumento de productividad en las repoblaciones y la función protectora de sus masas. La calidad de la madera, hace que se puedan elegir, en los sitios productivos, fuentes de semilla adaptadas y de gran producción. Se ha demostrado la existencia de una correlación alta entre la calidad de estación (medida por la altura dominante) y la altitud, las temperaturas media anual y del mes mas frío y la evapotranspiración real máxima posible (Gandullo y Sánchez Palomares, 1994). Los cinco factores que definen la calidad son la acidez actual (media ponderada del pH), la materia orgánica, la evapotranspiración real máxima, la oscilación térmica, la materia orgánica y la temperatura media del mes más frío.

El área de utilización de pino silvestre viene marcada por la extensión de sus masas naturales. Existen, sin embargo, varios núcleos principales de repoblación fuera de este área: Galicia, en las montañas interiores de Lugo, llegando a los Ancares, en los Montes de León y estribaciones sur de la Cordillera Cantábrica. También se han realizado en el norte de la Sierra de Gredos y en Sierra Nevada.

Las densidades de plantación suelen oscilar alrededor de los 2.500 pies/ha, con plantas de dos savias. La mayoría de estas repoblaciones, al haberse iniciado en la década de los 40, no han entrado en producción y sólo en algunas se han podido efectuar claras de gran rentabilidad selvícola.



En el monte de Valsain (Segovia), en la región de procedencia Sierra de Guadarrama, el pino silvestre muestra distintos aspectos (fotos 1 y 2), según la edad y densidad de la masa. Contrasta la calidad de estas masas con el pino silvestre de la Sierra de Baza (Granada) de la región Sierras Penibéticas (foto 3) y de Hoyos del Espino (Avila) de la región Sierra de Gredos (foto 4), ambas regiones de pequeña extensión y en situaciones limitrofes.

Consumo y necesidades de semilla

La distribución del consumo de semilla, por organismos oficiales y empresas privadas, se recoge en la Tabla 1. Se refiere al periodo en el que comenzó a aplicarse la nueva legislación sobre comercialización del material de reproducción. Castilla-León y Aragón, comunidades con masas importantes de pino silvestre, son las que presentan un consumo más elevado de semilla. Entre las comunidades que carecen de masas espontáneas, Galicia es la de mayor demanda equiparable a las anteriores, seguida de Cantabria con un consumo mucho menor. La variación entre años es muy importante, y sigue una tendencia similar a la superficie repoblada. No se ha incluido el autoconsumo, es decir, la semilla recogida por los propios servicios forestales para su uso en la regeneración de las masas, por no formar parte del comercio de semilla. Actualmente está reducido casi exclusivamente a Castilla y León.

Tabla 1. Consumo de semilla de *Pinus sylvestris* L. realizado por entidades particulares y organismos oficiales (Total y por Comunidad Autónoma) durante el periodo 1989-96. (Fuente Servicio de Material Genético, DGCONA).

Año	Total Particulares	Consumo en Organismos Oficiales (por CCAA) en kg/año																	
		Total	Gal	Ast	Cant	PV	Nav	Ara	Cat	Val	Rio	CL	CM	M	Mu	Ext	And	Bal	Can
1989	82	603	360	50	0	0	0	12	0	10	0	152	0	0	0	0	19	0	0
1990	368	594	49	0	25	100	0	180	0	6	0	185	0	0	0	29	20	0	0
1991	94	509	60	0	25	0	0	130	40	8	30	190	0	0	0	0	26	0	0
1992	14	748	150	0	19	0	5	156	15	3	0	378	1	0	0	15	6	0	0
1993	68	205	150	0	8	0	0	5	0	1	0	0	10	0	0	0	25	6	0
1994	213	1.795	660	0	42	0	0	170	0	2	80	755	36	3	0	15	32	0	0
1995	159	356	138	0	0	0	0	185	0	0	30	0	2	0	1	0	0	0	0
1996	476	345	75	0	0	0	0	15	0	0	30	225	0	0	0	0	0	0	0
Media	184,3	644,4	205,3	6,2	14,9	12,5	0,6	106,6	6,9	3,8	21,3	235,6	6,1	0,4	0,1	7,4	16,0	0,7	0,0

Producción de semilla

Las principales características de la semilla de *Pinus sylvestris* que afectan al uso y producción en masa en España han sido resumidas por Martín *et al.* (1998) referidas tanto a la recolección de fruto, como a la obtención y manejo de la semilla. La característica más representativa de esta especie es su vecería (entendida como irregularidad interanual en la producción de piña) y la escasa producción en masas naturales. La producción de piña con semilla viable se inicia en masa a los 25-30 años. Este factor, junto a la escasa producción de piña por árbol en masas ordenadas en las que se alcanzan grandes espesuras, hace difícil la recogida de árboles en pie si no es por equipos especializados en años de buena cosecha.

Los datos disponibles sobre producción de semilla de *Pinus sylvestris* están ligados principalmente a la recogida comercial de semilla (Tabla 2). Los manejados por el Servicio

de Material Genético (DGCONA) están contrastados por el análisis de numerosos lotes de semillas. El rango tan amplio que se observa es debido a las diferentes condiciones climáticas y de sitio existentes y a la marcada influencia que éstas tienen en la producción de semilla.

La selección de masas productoras de semilla realizada en la década de los 60 por el IFIE proporciona el aforo de semilla de cada una de ellas, para una cosecha media. El rendimiento (kg de semilla por ha) está referido a la superficie total del monte (incluye, por tanto, zonas no productoras de semilla como los rasos, masas jóvenes, etc.). El valor medio es de 0,58 kg/ha (rango de 0,32 a 0,70 kg/ha). Este valor se puede aceptar como el valor de un monte de *Pinus sylvestris* sin tratamiento selvícola para favorecer la producción de semilla.

Tabla 2. Producción de semilla de *Pinus sylvestris* en masa, según varios autores.

Arboles Semilleros/ha	DGCONA	INIA ⁽¹⁾	INIA ⁽²⁾	CEMAGREF, 1982				VARIOS AUTORES
	30	30	30	30 Llano	30 Pendiente	60 Llano	60 Pendiente	
Kg piña/árbol	3-12	0,77	5,43					
Hl piña/árbol	0,06-0,32			0,01-0,08		0,03-0,12		
Hl piña/ha	1,8-9,6			0,3-1,5		1,8-7,2		
Kg piña/hl	38-46	40-45	40-50	40-60				
Kg semilla/ 100 kg piña	1,7-3,3	1,86	2-3					1,2-2,0 ⁽⁴⁾
Kg semilla/hl	0,7-1,3			0,4-1,8				
Kg semilla/ha	1,53- 11,88	0,43	3,26-4,89	0,18-2,8	0,12-1,2	1,8-8,6	0,7-3,0	0,32-0,70 ⁽³⁾ 10-15 ⁽⁴⁾
Nº semillas /kg	70.000- (95.000)- 110.000							
Kg piña/hombre y día:								
Cortas	38-46		32,6	32-90				
Escalada	15-55	4,6		8-30				
Hl piña/hombre y día:								
Cortas	1		0,82-0,72	0,8-1,5				
Escalada	0,4 - 1,2	0,12-0,10		0,2-0,5				

(1) Monte de Valsain. Cosecha baja, escalada.

(2) Monte de Valsain. Cosecha media. Cortas

(3) IFIE, Aforo medio de semilla

(4) Rodales semilleros.

Los datos procedentes de la recolección comercial de semilla permiten destacar diversos aspectos (Figura 1):

- La cantidad media anual de semilla recolectada durante el periodo 1979-88 es de 2.500 kg con un máximo de 7.326 kg (año 1982) y un mínimo de 58 kg (año 1986). Durante el periodo 1989-95 la tendencia es similar aunque con menores producciones, puesto que el máximo recolectado es de 3.018 kg (año 1994) y el mínimo corresponde a un año en que no se pudo recoger semilla por la baja producción (año 1995). Refiriéndonos a este último periodo, en el que ya había entrado en vigor la

nueva legislación comunitaria sobre comercialización de material de reproducción, la producción es muy variable. De los siete años, sólo se pudo efectuar recogida comercial en dos de ellos.

- La tendencia general es la disminución de la cantidad anual recolectada, debido a la reducción de las necesidades por la producción de planta en envase y por la mejora de los métodos de recolección (se ha abandonado la recolección a destajo), así como a cambios coyunturales en la administración forestal.

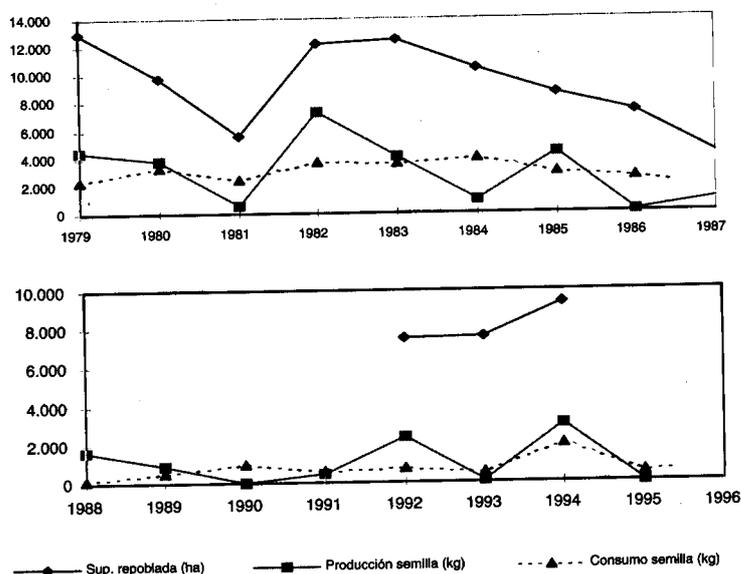


Figura 1.- Superficie repoblada, producción y consumo de semilla de *Pinus sylvestris* L. durante el periodo 1977-1996. (Fuente Servicio de Material Genético, DGCONA).

La producción de semilla en masas selectas de esta especie presenta limitaciones importantes; además de la irregularidad de sus cosechas, la alta espesura y edad de los árboles, y su elevada calidad selvícola dificultan las tareas de recolección y reducen la producción de fruto por unidad de superficie.

Por lo tanto, junto a los huertos semilleros se ha de proceder a la selección y creación de rodales semilleros en los que se pueden aplicar claras, fertilizaciones, tratamientos de podas y control de la vegetación para incrementar la producción de semilla. En este caso, los rodales han de establecerse cuando el arbolado responde a las claras (20-40 años), coincidiendo con el comienzo de la producción de piña y aplicando un programa intenso de claras tal como el señalado por Rojo y Montero (1996) para masas en el Sistema Central. Con ello se pretende aumentar la producción y hacerla más regular y aproximarla a los 10 kg semilla/ha, que son los valores inferiores manejados por Hebotarev (1973) para este tipo de sistema de producción de semilla.

Los huertos semilleros alcanzan una producción mucho más elevada, y actualmente permiten el abastecimiento de semilla mejorada en Aragón, y son parte importante de la producción total en procedencias como la Sierra del Guadarrama.

Estimación de la superficie necesaria de áreas productoras de semilla

La estimación de la superficie necesaria de áreas productoras de semilla requiere dos datos básicos. En primer lugar, la demanda que se ha de satisfacer expresada en kg de semilla (consumo medio, 900 kg/año). En segundo lugar, la producción por unidad de superficie. De los valores expresados anteriormente utilizaremos tanto las referidas a superficie efectiva de recogida (valores manejados por la DGCONA) y a la superficie total del monte (aforo ofrecido por el IFIE). Se incluyen las estimaciones de superficie suponiendo que se efectúa una recolección anual. La irregularidad de la producción hace que se deba recoger una cantidad mayor en los años de buena producción y almacenar estas cantidades, considerando los programas de repoblación previstos a corto plazo.

En la Tabla 3 se presentan las estimaciones de la superficie necesaria de masas productoras de semilla para satisfacer una demanda que varía desde 25 a 3.000 kg de semilla/año. Este rango se ha considerado por cubrir todos los casos posibles, incluida la recolección cada 3-4 años. Se indica la superficie teórica que se puede repoblar mediante plantaciones con la cantidad de semilla producida suponiendo la producción de planta en envase.

Tabla 3. Estimación de la superficie necesaria de rodales y masas productoras de semilla de *Pinus sylvestris* L., y de superficie de recolección para producir una determinada cantidad de semilla o para repoblar una determinada superficie anual.

Cantidad de semilla a recolectar	Superficie que se podría repoblar ¹	Hipótesis sobre producción de semilla en masas de <i>P. sylvestris</i>		
		0,58 kg/ha y año	1,53 - 11,8 kg/ha y año	10 kg/ha y año
		Superficie total de la masa o rodal	Superficie de recolección	Rodales semilleros
kg/año	ha/año	ha	ha/año	ha
25	472	43,1	16,3 - 2,1	2,5
100	1.890	172,4	65,3 - 8,5	10,0
500	9.451	862,0	326,8 - 42,3	50,0
750	14.177	1.293,1	490,2 - 63,5	75,0
1.000	18.903	1.724,1	653,6 - 84,7	100,0
1.500	28.355	2.586,1	980,4 - 127,0	150,0
2.000	37.807	3.448,2	1.307,2 - 169,4	200,0
3.000	56.710	5.172,3	1.960,8 - 254,1	300,0

¹ N° de plantas por kg/semilla 40.000 - 50.000, densidad de plantación 2.500 plantas/ha: 6,15 a 4,43 kg/100 ha. (Se ha utilizado un valor medio de 5,29 kg de semilla para repoblar 100 ha).

Para obtener 1.000 kg semilla/año, recolectando en años de buena cosecha, sería necesario disponer de una superficie total de masas productoras de semilla de no más de 1.700 ha, y la superficie efectiva de recogida anual, para años de buena cosecha, sería próxima a las 100 ha.

Puesto que el consumo medio anual en las distintas CCAA suele ser inferior a los 200 kg de semilla, la superficie necesaria de áreas productoras de semilla es siempre menor de las 340 ha, con una superficie de recogida efectiva oscila de 20-130 ha dependiendo de la abundancia de la cosecha. Considerando que actualmente existen huertos semilleros en varias procedencias, sólo en algunas de ellas se justifica la necesidad de rodales semilleros. Es decir, se requiere una pequeña superficie dedicada a la producción de semilla. Por la dificultad de recogida de árboles en pie, es conveniente proceder a la recogida en zonas muy productivas y en años de cosecha alta, lo que permite obtener muy buenos rendimientos en la cosecha.

Regiones de procedencia

El trabajo realizado por Catalán *et al.* (1991) presenta una completa descripción de las regiones de procedencia de la especie en España, que ha sido resumida por Martín *et al.* (1998) para facilitar su empleo en las repoblaciones (Tabla 4).

Los resultados disponibles sobre variación genética de *Pinus sylvestris*, relacionados con la mejora y conservación de la especie se obtienen de estudios de variación morfológica y genética, y del comportamiento en ensayos.

Variación morfológica: Existen grandes variaciones en caracteres morfológicos en masas naturales, que se muestran tanto en la forma de los fustes y en las copas como en caracteres morfológicos de piñas, semillas y acículas. Estos últimos han sido descritos extensamente por Galera (1993), manifestándose unas pautas clinales en algunos de los rasgos (numero de canales resiníferos, etc), que no permiten mantener la diferenciación en razas consideradas por Gausson *et al.* (1964). Pueden señalarse tres grandes grupos de procedencias (pirenaico, ibérico y del sur), con caracteres diferenciales no exclusivos. Estos grandes grupos también comparten algunos caracteres morfológicos relacionados con la rectitud, esbeltez de los fustes y ramificación. Cuando se aumenta el número de procedencias estudiadas respecto a caracteres de piñas y piñones (Agúndez *et al.*, 1992), los grandes grupos también se mantienen en cuanto al tamaño de las piñas y piñones y el porcentaje de semillas vanas. Actualmente no podemos establecer la relación entre esta variación y el nivel de endogamia de las poblaciones o la presencia de genes letales en ellas. A nivel intrapoblacional se han detectado, también, altos niveles de variación en caracteres morfológicos de piñas y forma de la copa (Notivol, 1997).

Variación terpénica e isoenzimática: Los terpenos (Pardos *et al.* 1990) no han mostrado diferencias entre las distintas poblaciones analizadas. Sin embargo, mediante isoenzimas (Prus-Glowacki y Stephan, 1994) se observa una clara agrupación geográfica entre las distintas poblaciones. Destaca la alta variabilidad de la población de Baza (Granada), que podría estar asociada a refugios glaciares de la especie.

Tabla 4. Descripción de las regiones de procedencia (adaptado de Catalán *et al.*, 1991)

Región de Procedencia	Superficie (%)	Altitud	Subtipo Fitoclimático (Allué, 1990)	Factores máximo mínimo			Tipo de Sustrato C: calizo S: silíceo	
				T	p	pe	St.	pH
				(°C)	(mm)	(mm)		
1. Alto Valle del Porma	0,1	1400-1600	VIII (VI)				S	4,2-4,8 4,3
2. Alto Ebro	2,5	800-1000	VI (V); VI (IV) ₂ VI (VII)	12,1 10,6	1320 743	37 23	C	8,5 6,0-7,2
3. Pirineo Navarro	3,1	800-1200	VI; VI (V)	12,4 8,0	1557 962	64 42	C S	6,0-7,9 6,0-7,2
4. Pirineo Montano Seco	7,4	1000-1400	VI (VII)	10,6 9,8	856 793	53 33	C	6,2-7,6
5. Pirineo Montano Húmedo Aragonés	19,7	1000-1600	VIII (VI)	11,0 5,2	1992 1152	93 63	C S	6,6-8,1 5,2-7,0
6. Pirineo Montano Húmedo Catalán	10,2	1200-1600	VIII (VI); VI (VII)	10,6 7,4	899 718	69 62	S C	4,9-6,3 7,3-7,7
7. Prepirineo Catalán	5,9	1000-1600	VI (VII); VIII (VI)	12,1 9,4	1094 655	109 45	C S	6,8-8,5 6,6-7,7
8. Montaña Soriano burgalesa	16,4	1200-1600	VIII (VI); VI (IV) ₂	11,8 7,3	1140 779	30 16	S	5,2-6,6 4,3-6,8
9. Sierra de Ayllón	2,2	1300-1600	VI (IV) ₂	7,1	809	9	S C	5,5 8,2
10. S. de Guadarrama	7,4	1400-1800	VIII (VI) VI (IV) ₂	10,1 6,4	1170 803	25 11	S	5,1-6,2 4,9-5,6
11. Sierra de Gredos	0,8	1200-1400	VIII (VI) VI (IV) ₂				S	4,7-5,5
12. Montes Universales	20,6	1300-1800	VIII (VI) VI (IV) ₂	10,3 7,3	1134 730	28 16	C S	6,7-8,2 4,2-6,1
13. Sierra de Javalambre	0,3	1400-1800	VI (IV) ₁				C	7,0-8,5
14. Sierra de Gúdar	3,6	1400-1800	VI (VII)	9,0	748	39	C	7,8-8,0
15. Sierras de Tortosa y Beceite	0,5	1000-1200	IV (VI) ₂				C	7,3-8,2
16. Montañas de Prades	0,1	800-1000	VI (IV) ₁				S	5,9-6,8
17. Sierras Penibéticas	0,1	1600-2100	IV (VII)				C/S C	7,7 8,1

Ensayos de procedencias: Los ensayos en los que están presentes procedencias españolas señalan el bajo crecimiento de éstas en relación a las de otros países. Destaca la ausencia de interacción genotipo-ambiente durante las primeras edades en algunos caracteres de crecimiento (Sweet, 1964) y en la fenología del crecimiento (Alía *et al.*, 1998, Notivol y Alía, 1996). La red disponible actualmente con esta especie está constituida por seis ensayos, en los que se encuentran representados hasta 14 procedencias españolas y 7 alemanas. Los resultados en la fase de vivero (Agúndez *et al.*, 1994) y a los 7 años de la instalación, indican la superioridad de las procedencias de Sierra de Guadarrama en la mayoría de los ensayos, equiparable a las alemanas, el bajo crecimiento de la procedencia de Baza y la existencia de efectos locales probablemente asociados a la adaptación a la climatología del lugar de origen.

Actuaciones de mejora

La definición de las actuaciones en cada región se ha basado en una serie de factores, entre los que se incluyen la extensión de sus masas, su calidad, peligro de desaparición, etc. El material de base - huertos semilleros y masas selectas para producir material de reproducción es el punto de partida para la planificación y ejecución de las acciones del programa de mejora genética de *Pinus sylvestris*. Para cuantificar las actuaciones nos hemos basado en la utilización de material de reproducción, el consumo de cada una de las CCAA, su asignación a las regiones de procedencia más recomendables, y la transformación de estos valores en superficie de áreas productoras de semilla. Estos valores son una aproximación, aunque susceptible de variación si aumenta la información disponible. Se puede considerar en un esquema de poblaciones múltiples, pues cada una de ellas puede ser manejada de forma diferente.

Catalán *et al.* (1991) señalaban siete regiones de amplio uso, basándose en la extensión y principales características ecológicas y fenotípicas. Los subtipos fitoclimáticos en que pueden utilizarse cada una de estas procedencias (a las que se ha añadido la núm. 7 por cubrir unas condiciones edáficas distintas) se recoge en la Tabla 5.

Tabla 5. Subtipos fitoclimáticos y tipo de sustrato de las regiones de procedencia de amplio uso de *Pinus sylvestris* L.

Fitoclimas	Sustrato	Región de Procedencia
Transición entre Nemoromediterráneo y Nemoral substepario; VI(IV) ₂ /VI(VII)	Calizo	Región nº 4
Oroborealoide Subnemoral; VIII(VI)	Calizo	Región nº 5
Transición entre Oroborealoide y Nemoral; VIII(VI)/VI(VII)	Silíceo	Región nº 6
Transición entre Nemoral y Oroborealoide; VI(VII)/VIII(VI)	Calizo	Región nº 7
Transición entre Nemoromediterráneo y Oroborealoide; VI(IV) ₂ /VIII(VI)	Silíceo	Regiones nº 8 y 10
Transición entre Nemoromediterráneo y Oroborealoide; VI(IV) ₂ /VIII(VI)	Calizo	Región nº 12
Nemoral Substepario; VI(VII)	Calizo	Región nº 14

Se ha establecido la idoneidad fitoclimática de las diferentes regiones de procedencia, para cada *región de identificación y utilización del material de reproducción*. Se ha realizado la homologación de las estaciones meteorológicas, clasificadas por regiones de utilización, respecto a los ámbitos de cada región de procedencia. Esta primera asignación permite precisar la utilización de la especie y de sus regiones de procedencia en cada región de utilización. La síntesis de la información obtenida se ha matizado por la calidad de las diferentes regiones. El resultado final se recoge en la Figura 2. Para cada región de utilización se muestra la idoneidad de la especie en distintos niveles de homologación, desde el mínimo que implica la ausencia de homologación general aun cuando pueda existir de forma puntual, y los niveles de homologación bajo, medio y alto. En estos tres casos se especifica la región de procedencia más adecuada, que no indica que sea la única posible. En general, se podrían emplear otras regiones de procedencia muy alejadas de su área de distribución; estas recomendaciones se encuentran disponibles en un documento de trabajo en la DGCONA. Como posible orientación se indica la región de procedencia que tiene masas naturales en la región de utilización.

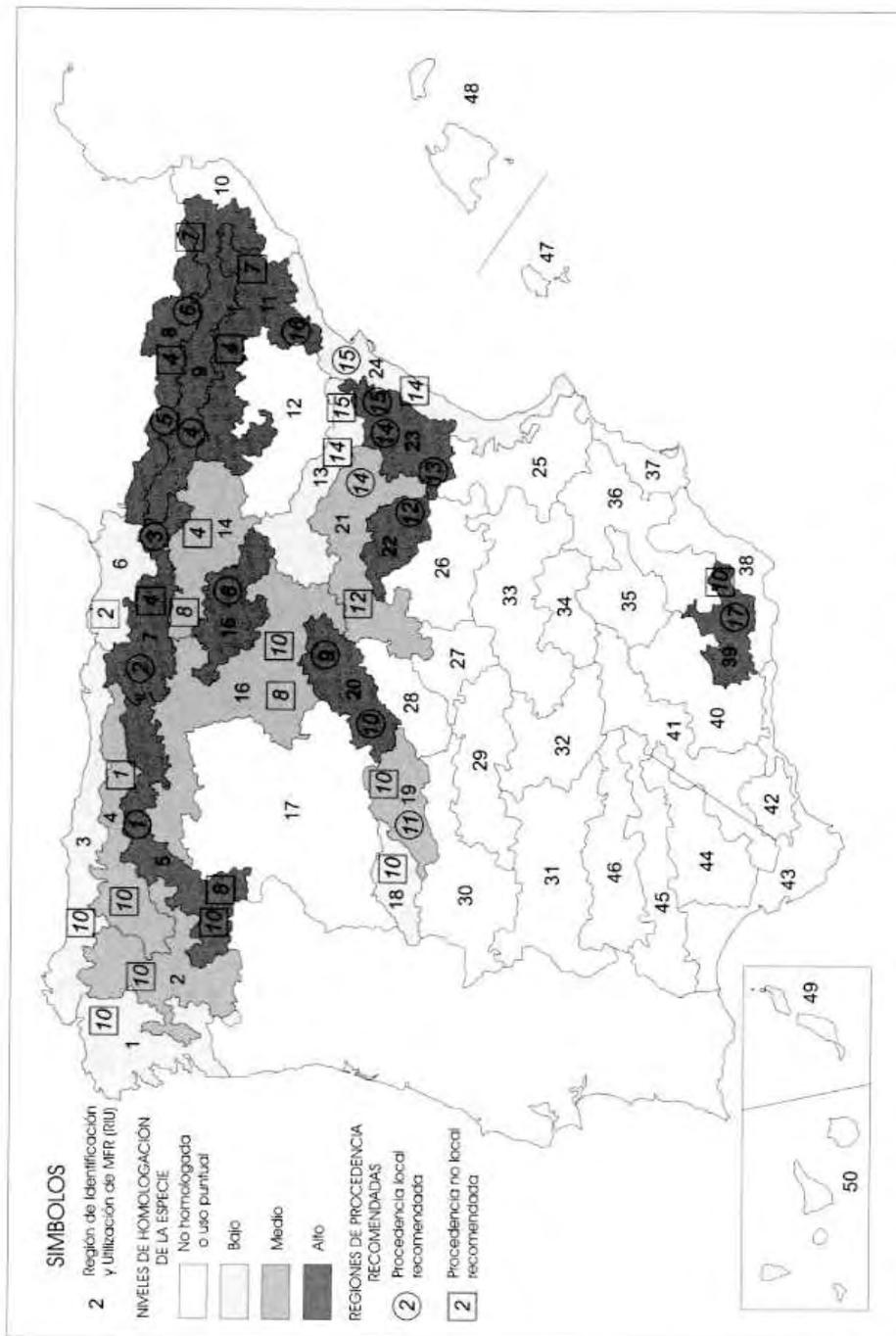


Figura 2.- Recomendaciones de uso del material de reproducción de *Pinus sylvestris* L. por Región de Identificación y Utilización.

Se han considerado diversas opciones ya descritas anteriormente (Capítulos 5 y 10): zonas de conservación *in situ* (CI) entre las que pueden estar las fuentes semilleras o las masas selectas que cumplan los requisitos mencionados en el capítulo 10, la conservación *ex situ* (CE), fuentes semilleras (FS), Masas o rodales selectos (RS); rodales semilleros (RSe) y huertos semilleros (HS). Los ensayos comparativos (EC) se incluyen como opción esencial en los programas a medio plazo.

En la Tabla 6 se resumen las actuaciones de mejora en cada una de las regiones de procedencia de *Pinus sylvestris*, indicando los distintos factores considerados y las acciones emprendidas, así como las diferentes estrategias definidas para cada región de procedencia. Hay que señalar que a este esquema pueden añadirse poblaciones de mejora con objetivos específicos (como puede ser la adaptación a condiciones ambientales muy difíciles); sin embargo, no creemos que el esquema general de las actuaciones se modifique por ello.

Se señala la existencia de mejora avanzada (es decir la basada en sucesivos ciclos de mejora) sólo para algunas poblaciones, puesto que es costosa. En general se eligen aquellas de mejor calidad y en las que la ganancia a obtener y la amplitud de su uso lo justifican.

En la Cordillera Cantábrica se encuentra la región de procedencia **Alto Valle del Porma (RP 1)** constituida por el Pinar de Puebla de Lillo, en la provincia de León. Constituye un relicto refugiado en el ámbito fitoclimático oroborealoides subnival VIII(VI) y asentado en suelos poco desarrollados sobre materiales paleozoicos muy ácidos. El área de uso de esta región se extiende por las RIU núm. 5 y en menor medida las no. 4 y 2, en ambas junto con la RP 10. Es una masa que presenta buenos ejemplares. Su estado actual obliga a definir rodales semilleros para utilizarla como fuente de semilla para la repoblación de la zona cantábrica y en los montes de León. Estos rodales se pueden establecer en zonas de fácil accesibilidad y en una superficie de 2-3 ha. Podría definirse un rodal selecto de una superficie mayor (40 ha) en el que se deberían extraer los pies de baja calidad. También se debe considerar el pinar como una zona de conservación *in situ*.

En la cabecera del Ebro, y principalmente en la provincia de Burgos, se diferencia la región **Alto Ebro (RP 2)**. En ella encontramos el pino silvestre en un entorno de gran diversidad edáfica y climática formando masas que presentan una distribución muy fragmentada por la acción antrópica. Son masas de uso local, en los límites con las masas de las RIU 4, 6 y 7. El consumo de semilla es menor de 25 kg/año. Se pueden establecer rodales selectos una superficie de 40 ha en las que se pueden definir rodales semilleros (2 ha).

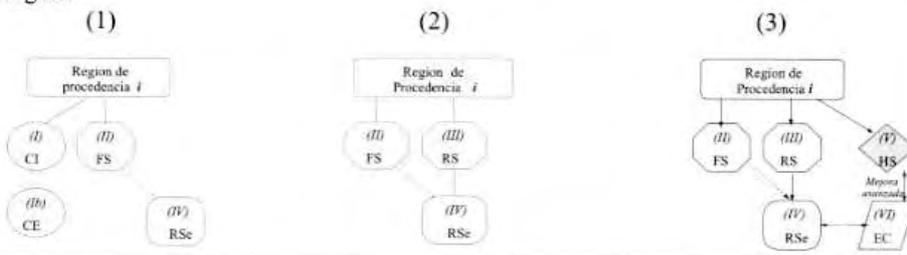
A lo largo del Sistema Pirenaico la especie se extiende, ocupando cerca de 270.000 ha, desde Navarra a Cataluña. La continuidad en la distribución de las masas queda interrumpida por el valle del Noguera Pallaresa que separa las regiones navarro-aragonesas de las catalanas.

En el sector occidental pirenaico se han delimitado tres regiones de procedencia: **Pirineo Navarro, Prepireneo Montano Seco y Pirineo Montano Húmedo Aragonés**. Las tres presentan cierta homogeneidad litológica, asentadas mayoritariamente sobre sustrato básico del Mesozoico, encontrando algunas masas sobre terrenos ácidos terciarios en el Prepireneo y paleozoicos en el Pirineo axial aragonés. Sobre la elevada orografía del sector se generan suelos poco evolucionados a mayor altitud (litosoles y cambisoles), que evolucionan progresivamente, en las orlas y fondos de valle, hacia luvisoles.

Tabla 6. Estrategia de mejora de pino silvestre

	Regiones de procedencia de pino silvestre																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Superficie (%) ¹	0,1	2,53	3,14	7,43	19,69	30,19	5,04	16,14	2,22	7,39	0,78	20,59	0,37	3,66	0,53	0,1	0,1
Montes de UP (n°) ¹	1	79	18	67	168	125	86	80	15	43	15	120	2	30	11	1	2
Consumo de semilla ²	**	**	*	***	***	*	*	*****	**	*****	-	-	-	***	-	-	**
Uso fuera de su área. ³	*	*	*	*	***	*	**	**		****		***	*	***			
Prioridad de conservación ³	***	*	**	*	*	*	*	*	*	*	*	***	*	***	*	***	*****
MBI ⁴																	
Masas Selectas ⁵	*	*	*	**	**	*	*	****	*	****	*	*	*	***	*	*	**
Rodales semilleros	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Huertos semilleros																	
Ensayos procedencias	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Ensayos progenie					*			*		*							
Caracter. molecular	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Conservación in situ ⁶	**	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	**	*	**	*	*	***
Conservación ex situ ⁶	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	****
Estrategia	1	2	2	2	3	2	2	3	2	3	1	2	1	2	1	1	1
Sub-poblaciones	I	II	II	II	II	II	II	II	II	II	I	II	II	II	II	II	II
		IV		III	III	III	III	III	III	III	IV	III	IV	III	IV		IV
				V	IV	IV	IV	V	V	V		IV	IV				
				VI			VI	VI	VI	VI							

Estrategias:



¹ Catalán *et al.* (1991)

² * <5kg/año; **6-25 kg/año; ***25-50 kg/año; **** 51-150 kg/año; ***** >150 kg/año

³ * poco importante, ** bajo, *** medio, **** alto

⁴ Material de base para la producción de material de reproducción identificado. En esta especie no se puede comercializar según la legislación actual

⁵ Material de base para la producción de material de reproducción seleccionado:

* <50 ha; ** <125ha; *** <250 ha; **** <500 ha; ***** <1000 ha (basado en el consumo actual)

⁶ * no necesarias, ** necesarias, *** urgentes, **** muy urgentes

Las masas del **Pirineo Navarro (RP 3)**, ocupan zonas de media montaña sobre un fitoclima nemoral. La especificidad de este ámbito hace que solo se recomiende su uso en las proximidades de su área, RIU nº 7. Su empleo en repoblaciones es anecdótico. Por ello se deben establecer áreas productoras de semilla en una extensión reducida, de aproximadamente 40 ha de rodales selectos, y seleccionar 2 ha para constituir un rodal semillero.

El **Prepirineo Montano Seco (RP 4)** ocupa las sierras prepirenaicas aragonesas, dónde las condiciones de frío y aridez del fitoclima nemoral substepario VI(VII), unido a una intensa acción humana sobre suelos poco desarrollados, ha favorecido una progresiva degradación edáfica. Esta región puede utilizarse puntualmente en las RIU limítrofes 7, 11 y 14 y en estaciones alejadas de las masas naturales de la especie, aunque no se ha recomendado ampliamente su uso. La cantidad requerida de semilla es de aproximadamente 50 kg anuales, que obliga a disponer de 80 ha de rodales selectos, dentro de las cuales se puede delimitar 5 ha de rodales semilleros.

Al norte de la región anterior y separada de ella geográficamente por los piedemontes de las sierras interiores, encontramos las masas del **Pirineo Montano Húmedo Aragonés (RP 5)**. Son formaciones de gran extensión superficial, desarrolladas sobre materiales calizos, ocasionalmente silíceos, y suelos de media a elevada evolución. Esta región es de uso casi exclusivo en su área de distribución y zonas próximas a ellas. También han sufrido una prolongada actuación antrópica, presentando masas de calidad. La demanda cifrada en 50 kg de semilla/año puede ser abastecida por un huerto semillero clonal, actualmente en producción (Notivol *et al.*, 1997). Como complemento se cuenta con un rodal selecto con una extensión aproximada a las 80 ha.

Las regiones catalanas han sido diferenciadas por criterios climáticos y edáficos similares a las aragonesas, actuando la barrera geográfica de la Sierra del Cadí. El **Pirineo Montano Húmedo Catalán (RP 6)** se asienta sobre materiales plutónicos ácidos, representando los enclaves calizos una pequeña proporción de la superficie total. Actualmente es una región de escasa importancia por el material de reproducción comercializado. Su uso local, y la escasa demanda de semilla recomienda la definición de un número limitado de rodales selectos (40 ha) o rodales semilleros (2 ha) que cubrirían unas eventuales necesidades de semilla de esta región.

El **Prepirineo Catalán (RP 7)** ocupa las estribaciones orientales pirenaicas y el sector septentrional de la Cordillera Costera Catalana. En él se encuentran formaciones más termófilas que las de la región precedente desarrolladas en el ámbito fitoclimático nemoral substepario VI(VII) y asentadas mayoritariamente sobre suelos calizos. Puede ser utilizada en RIU adyacentes, aunque su importancia es esencialmente local y como la anterior muy reducida. Fitoclimáticamente tiene un uso muy amplio dada la diversidad de condiciones en las que nos encontramos al pino silvestre. En nuestro caso hemos reducido este ámbito al considerar que usualmente hay otras procedencias locales más próximas. Para cubrir unas eventuales necesidades de semilla de esta región serían necesarias rodales selectos (40 ha) o rodales semilleros (2 ha).

En el interior peninsular los pinares de la especie se dispersan por los Sistemas Central e Ibérico ocupando las zonas elevadas de montaña en el ámbito fitoclimático oroborealoide subnemorale VIII(VI), descendiendo hasta el nemoromediterráneo genuino más húmedo. Se desarrolla predominantemente en suelos poco evolucionados, de texturas francas y buena permeabilidad e indistintamente sobre sustrato ácido (cambisoles dístricos y eútricos) o básico (cambisoles y luvisoles calcáricos). Siguiendo criterios de separación geográfica se han diferenciado cuatro regiones de procedencia.

La **Montaña Soriano Burgalesa (RP 8)** se extiende por la orografía del Sistema Ibérico septentrional, sobre materiales silíceos paleozoicos. Es un territorio con una gran extensión forestal que presenta excelentes pinares, de alta calidad y buen estado de conservación, gracias al modo tradicional de aprovechamiento. Su uso está circunscrito a las proximidades de esta región, aunque por las condiciones en las que vive puede extenderse a fitoclimas de menor altitud (VI(IV)₂). Sin embargo, la calidad de sus masas ha llevado al establecimiento de dos poblaciones de mejora: una basada en las masas selectas y rodales semilleros y una segunda a partir de un huerto semillero clonal. La primera se manifiesta en la necesidad de rodales selectos (260 ha). En ellas pueden seleccionarse rodales semilleros (15 ha). Estas actuaciones son suficientes para cubrir la demanda de semilla, aunque no para aquella que se dedica a la regeneración de las masas por siembra directa que debe basarse en áreas temporales de corta de los mejores rodales. El huerto semillero permitiría la producción de más de 25 kg de semilla por año.

De menor extensión, la región **Sierra de Ayllón (RP 9)** integra las masas que se distribuyen sobre las laderas meridionales de esta sierra, desde las cumbres de cuarcitas y pizarras paleozoicas, hasta alcanzar en la orla basal los afloramientos calizos cretácicos de la cobertera mesozoica. Las condiciones climáticas, con una marcada sequía estival, no son especialmente propicias para el óptimo crecimiento de la especie. Esta región se considera de uso local, circunscrita a las proximidades de sus masas naturales. Su uso de semilla es bajo, requiriendo la existencia de rodales selectos (40 ha) o de rodales semilleros (2 ha).

La **Sierra de Guadarrama (RP 10)** presenta gran uniformidad ecológica. Alberga pinares monoespecíficos en masas discontinuas debido a la deforestación antrópica. Sin embargo, una adecuada gestión y ordenación ha permitido la actual persistencia de formaciones pinariegas de gran calidad como Valsaín, Navafría, Alto Lozoya o San Rafael, entre otras. Esta región se considera la básica para la mejora de la especie y la obtención de poblaciones altamente productivas con maderas de calidad, tal como fue establecido en el programa de huertos semilleros (Pardos y Gil, 1986). Puede ser utilizada en gran amplitud de regiones de utilización, desde Galicia a Sierra Nevada (Figura 3). Se establecen 2 subpoblaciones. Una de ellas se basa en el establecimiento de huertos semilleros y evaluación de progenies que ya cuenta con unas primeras estimaciones (Climent *et al.*, 1997b). La segunda subpoblación se basa en la selección de masas y establecimiento de rodales semilleros. Es necesario contar con rodales selectos (300 ha) o rodales semilleros (15 ha).

Las masas de la **Sierra de Gredos (RP 11)** constituyen un reducto de pequeña extensión, alejado y aislado geográficamente, que desde las proximidades de Hoyos del Espino

(Avila) se prolonga, por individuos o grupos de árboles dispersos, por ambas vertientes de la sierra. Esta región se puede considerar una procedencia de área restringida y de uso estrictamente local. Por tanto se debe incluir una población de conservación *in situ*, así como otra para producción de pequeñas cantidades de semilla (rodal selecto, 40 ha, o un rodal semillero, 2 ha).

Enclavada en la Serranía de Cuenca, **Montes Universales (RP 12)** es una región de gran extensión e importancia forestal. Presenta pinares de calidad asentados sobre materiales mayoritariamente calizos, silíceos en la Sierra de Albarracín, que ascienden por las laderas medias y la alta montaña de las formaciones de este sector central del Sistema Ibérico. Su uso se reduce a su área de influencia, en las proximidades de su área natural. No se disponen de datos para valorar la importancia de esta procedencia como fuente de semilla. Los rodales selectos aseguran la disponibilidad de semilla de buena calidad.

En el límite del Sistema Ibérico oriental encontramos dos regiones. La **Sierra de Gúdar (RP14)** incluye las formaciones de la especie desde la Sierra de Cucalón hasta el Bajo Maestrazgo de Teruel y Castellón. Son pinares de mediana calidad, asentados sobre suelos básicos de evolución media, propios de la alta montaña mediterránea. Llega a limitar con masas de *Pinus uncinata*. Su uso es más amplio que el de la región anterior, al extenderse a las regiones de utilización no. 23, 21 y en menor medida la 13. Se puede valorar en unos 50 kg. de semilla, que obligan a contar con rodales selectos y rodales semilleros (80 y 4 ha respectivamente).

La segunda región, **Sierra de Javalambre (RP 13)**, reúne solamente cuatro pequeños núcleos y numerosos rodales dispersos, en masas sometidas a condiciones climáticas de gran influencia mediterránea con marcada sequía estival, por lo que debe conservarse. Para ello deberían incluirse como zonas de conservación *in situ*.

Al norte de las anteriores, en transición a las masas catalanas, la región **Sierras de Tortosa y Beceite (RP 15)** integra los pinares del Alto Maestrazgo. Son formaciones de montaña media, asentadas sobre sustrato básico, que ofrecen masas de regular calidad por una intensa acción del hombre desde la antigüedad, en que la región constituyó una importante zona maderera. Su situación fitoclimática y extensión hace que deban considerarse como una procedencia de área restringida. Por ello deben establecerse un área de conservación *in situ*, que puede servir como zona de producción de semilla (40 ha) para uso local.

En el sector meridional de la Cordillera Costera Catalana, los pinares de la región **Montaña de Prades (RP 16)** ocupan en la actualidad una extensión reducida y sometida a condiciones ecológicas similares a las de la anterior, aunque sobre suelos ácidos. También es de uso local, y debe establecerse un área de conservación *in situ* que puede servir para recolectar semilla si fuese necesario.

Las masas de la región **Sierras Penibéticas (RP 17)** en el Pico del Tivenque y la Sierra de Baza representan el límite meridional de la distribución mundial de la especie. La región está formada por dos montes con ejemplares de bajo crecimiento y mala conformación de sus fustes. Su uso es exclusivamente local. En la actualidad está necesitada de protección inmediata frente al peligro de introgresión derivada de las extensas repoblaciones existentes en sus proximidades. Esto obliga a realizar tanto áreas de conservación *in situ* como *ex situ*, principalmente por la realización de bancos clonales para conservar los indi-

viduos sin riesgo de hibridación. La obtención de material para repoblación en las zonas adyacentes puede efectuarse por recogida en masas selectas (es decir, zonas de las masas en las que han sido eliminados los árboles de mala calidad o de otras procedencias).

Material de base para la producción de material de reproducción identificado.

El material de reproducción de *Pinus sylvestris* debe comercializarse obligatoriamente bajo las categorías de seleccionado y controlado por estar incluida esta especie en el sistema comunitario. No obstante, este sistema permite el comercio del material *con exigencias reducidas*, debido a que la semilla producida en rodales y masas selectas no basta, por lo general, para atender las necesidades anuales. Por ello, en el caso de esta especie, el Catálogo de Material de Base para la producción de material de reproducción identificado tiene el doble objetivo de servir de punto de partida para la selección de material de base para producir material de reproducción seleccionado y de suministrar material de reproducción de *exigencias reducidas* en el caso de que la necesidad obligue a ello.

El Catálogo de Material de Base contiene, en la actualidad, los datos de localización, pertenencia e identificación de 121 montes de *Pinus sylvestris* distribuidos en 13 regiones de procedencia (Tabla 7).

Tabla 7. Catálogo de Material de base para la producción de material de reproducción Identificado de *Pinus sylvestris* L.

Región de Procedencia	Nº de montes	Superficie (ha)	Provincias
2. Alto Ebro	2	3.023	Burgos
4. Pirineo Montano Seco	4	558	Huesca
5. Pirineo Montano Húmedo Aragonés	23	3.343	Huesca
6. Pirineo Montano Húmedo Catalán	10	6.910	Girona, Lleida
7. Prepirineo Catalán	8	1.410	Girona
8. Montaña Soriano Burgalesa	27	41.272	Burgos, Soria
9. Sierra de Ayllón	4	4.593	Guadalajara
10. Sierra de Guadarrama	1	588	Madrid
11. Sierra de Gredos	3	1.273	Ávila
12. Montes Universales	32	44.539	Cuenca, Teruel, Guadalajara
14. Montes de Gúdar	3	1.479	Castellón, Teruel
15. Sierras de Tortosa y Beceite	4	2.606	Tarragona, Castellón
TOTAL	121	121.594	

Faltan por incluir montes de 5 regiones, de las cuales en la región nº 1 sólo hay un monte de UP, en la región nº 3 existen 18 montes de UP, en la región nº 13 hay 2 montes de UP, en la región nº 16 un monte de UP y la región nº 17 está formada por dos montes de UP. Es decir, podemos considerar suficiente, a falta de revisión, el Catálogo de Material de Base para la producción de material identificado de esta especie.

Material de base para la producción de material de reproducción seleccionado. Criterios y caracteres de selección.

El Catálogo de Material de Base para la producción de material de reproducción con la categoría seleccionado esta constituido actualmente para el *Pinus sylvestris* por 22 masas y rodales selectos, y 2 huertos semilleros, distribuidos en cinco regiones de procedencia (Tabla 8). Fue aprobado por OM (BOE nº 95 del 20-IV-91).

Tabla 8. Catálogo Nacional de Material de Base para la producción de material de reproducción seleccionado, masas y rodales selectos. (DGCONA, 1996).

Región de Procedencia	Código	Localización	Longitud	Latitud	Altitud (m)	Provincia	Sup. (ha)
5.- Pirineo Montano Húmedo Aragonés	ES-21/05/001	Borau	0°32'W	42° 40'N	1400-1700	Huesca	215
8.- Montaña Soriano Burgalesa	ES-21/08/001	Pinar Grande	2°59'W	41° 53'N	1200	Soria	105
8.- Montaña Soriano Burgalesa	ES-21/08/002	Pinar Grande	2°56'W	41° 52'N	1100	Soria	107
8.- Montaña Soriano Burgalesa	ES-21/08/003	Pinar Grande	2°53'W	41° 51'N	1150	Soria	76
8.- Montaña Soriano Burgalesa	ES-21/08/004	Covaleda	2°52'W	41° 57'N	1180-1290	Soria	87
8.- Montaña Soriano Burgalesa	ES-21/08/005	Covaleda	2°54'W	41° 55'N	1200-1600	Soria	91
8.- Montaña Soriano Burgalesa	ES-21/08/006	Covaleda	2°49'W	41° 57'N	1590-1800	Soria	52
8.- Montaña Soriano Burgalesa	ES-21/08/007	Santa Inés	2°47'W	41° 48'N	1170	Soria	42
8.- Montaña Soriano Burgalesa	ES-21/08/008	Santa Inés	2°46'W	41° 59'N	1450-1700	Soria	56
8.- Montaña Soriano Burgalesa	ES-21/08/009	Santa Inés	2°51'W	42° 01'N	1400-1650	Soria	70
8.- Montaña Soriano Burgalesa	ES-21/08/010	Santa Inés	2°47'W	42° 01'N	1622-1770	Soria	49
10.- Sierra de Guadarrama	ES-21/10/001	La Garganta	4°10'W	40° 46'N	1400-1700	Segovia	1810
10.- Sierra de Guadarrama	ES-21/10/002	Cercedilla	4°04'W	40° 47'N	1400-1850	Madrid	150
10.- Sierra de Guadarrama	ES-21/10/003	Valsaín	4°01'W	40° 49'N	1350-1700	Segovia	2300
10.- Sierra de Guadarrama	ES-21/10/004	Rascafría	3°56'W	40° 49'N	1300-1600	Madrid	212
10.- Sierra de Guadarrama	ES-21/10/005	Rascafría	3°56'W	40° 50'N	1400-1600	Madrid	135
10.- Sierra de Guadarrama	ES-21/10/006	Navafría	3°50'W	40° 00'N	1350-1700	Segovia	1000
12.- Montes Universales	ES-21/12/001	Pto. Bronchales	1°36'W	40° 30'N	1600-1735	Teruel	272
12.- Montes Universales	ES-21/12/002	Vega del Tajo	1°45'W	40° 23'N	1500-1700	Teruel	376
12.- Montes Universales	ES-21/12/003	La Sierra	1°53'W	40° 28'N	1500-1840	Cuenca	3634
14.- Sierra de Gúdar	ES-21/14/001	Saladar	0°51'W	40° 27'N	1460-1600	Teruel	215
14.- Sierra de Gúdar	ES-21/14/002	Montes de Gúdar	0°44'W	40° 26'N	1420-2015	Teruel	650
TOTAL						22	11.704

Los criterios de selección en pino silvestre persiguen definir masas de alta calidad fenotípica para la producción de piña. Comprobado que una masa cumple con los criterios generales, expresados en el anejo 1 de la O.M. 3079/1989, se deben establecer una serie de criterios particulares de la especie pues la importancia de los caracteres evaluados no es igual en cada una de las especies ni regiones de procedencia consideradas. La facilidad de recolección y el estado sanitario son dos de los principales criterios de la selección. La faci-

lidad de recolección se evalúa por la accesibilidad al rodal o masa, y por el tamaño de las copas. Estos dos criterios son evaluados por el seleccionador durante el proceso de preselección. Un indicador del estado sanitario, además de la presencia de ataques de plagas o enfermedades, es la densidad de acículas de la copa. La caracterización fenotípica de 12 rodales ya incluidos en este Catálogo, según el procedimiento descrito por Galera *et al.* (1997), ha permitido avanzar en el conocimiento de como varían los criterios en esta especie. En las masas evaluadas los árboles se clasifican mayoritariamente en las tres primeras clases de densidad de copa que indican un buen estado sanitario. En la cuarta clase se encuentran menos del 15% de los árboles (salvo en *El Saladar* que presenta un estado sanitario deficiente). En general, por tanto, no es un criterio que elimine muchas de las masas seleccionadas.

Los caracteres más importantes en la variación fenotípica de esta especie, a partir de un análisis de componentes principales de los datos en pino silvestre, son la bifurcación, el grosor de ramas y en menor medida la rectitud. El 85,3 por 100 de la variación total es retenida por estos tres factores: la bifurcación y el grosor de las ramas (clases 1 y 2) explican el 47 por 100 de la variación total, mientras que la clase 2 de la rectitud, correlacionada negativamente con la clase 3 de la bifurcación, retienen el 21,8 por 100. La rectitud es un carácter de escasa variación en las poblaciones seleccionadas.

Existe una agrupación por regiones de procedencia de las masas selectas al representar gráficamente la dispersión de las observaciones con respecto a los tres primeros ejes factoriales (Figura 3). Las mejores poblaciones se sitúan en el primer y cuarto cuadrante y próximas al eje positivo de las abscisas. Al ser rodales selectos las diferencias entre ellos no son grandes, pero los mejores fenotipos se encuentran en la región 12 y los que tienen unas características más desfavorables pertenecen a la región 14. Los rodales pertenecientes a la Sierra de Guadarrama y el rodal de Pirineos tienen unas características buenas. Dentro de las regiones hay una escasa variación, aunque en la región 14 las masas seleccionadas presentan diferencias importantes entre sí en la rectitud, bifurcación y grosor.

	1	2	3
Autovalor	5.6490	2.6200	1.9634
Diferencia	3.0290	0.6565	1.1771
Acumulada	0.4708	0.6891	0.8527

	FACTOR1	FACTOR2	FACTOR3
RC1	0.58687	0.36668	-0.69016
RC2	-0.42179	-0.86207	0.10233
RC3	-0.10497	0.58139	0.76292
RC4	-0.43765	0.40924	0.49869
RC5	-0.34162	0.02940	0.86550
B1	0.90911	0.09272	-0.23565
B2	-0.94768	-0.25077	0.15088
B3	-0.13961	0.90249	0.18623
GR1	-0.91248	-0.03775	-0.24592
GR2	-0.86160	0.27859	0.30610
AR1	-0.15268	0.05466	0.00051
AR2	0.15381	-0.05651	0.00622

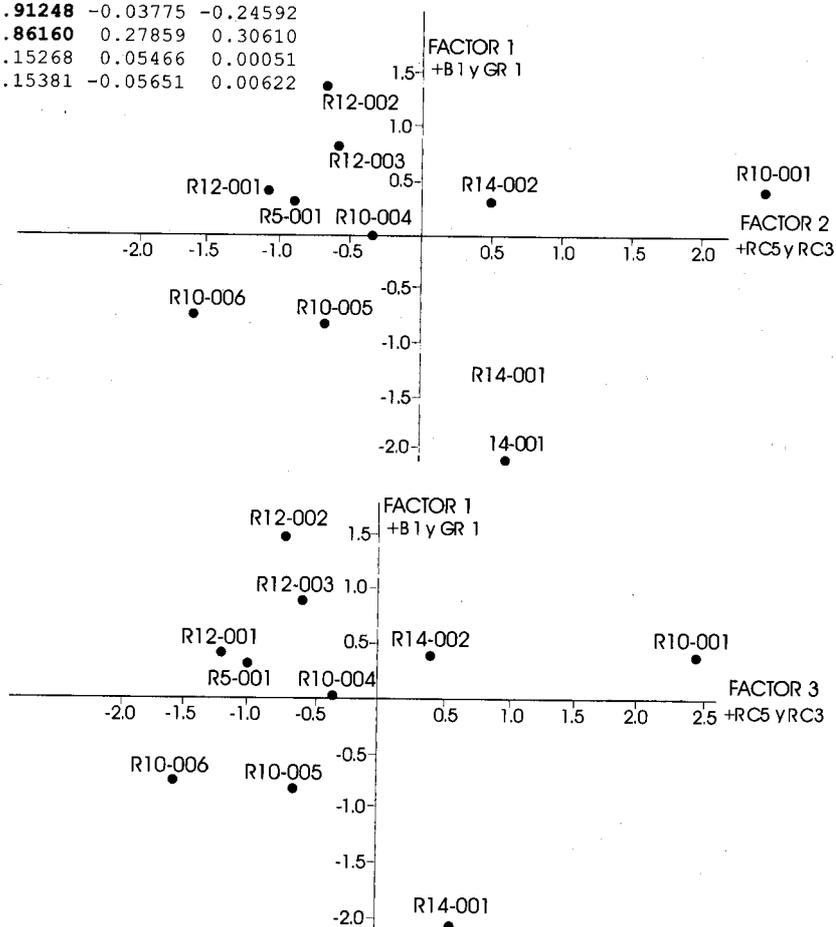


Figura 3.- Tabla descriptiva de analisis de componentes principales (Método de Rotación Varimax) de los rodales selectos de *Pinus sylvestris* L. y situación respecto a los tres primeros ejes factoriales.

CAPÍTULO 12. EL PINO SALGAREÑO (*PINUS NIGRA* ARN.)

Introducción.

Pinus nigra muestra una gran amplitud en su distribución, que unida a la fragmentación de su área ha llevado a la diferenciación en distintas subespecies, y que son las siguientes (Gaussen *et al.*, 1964):

- subsp *nigra*
- subsp. *pallasiana*
- subsp. *dalmatica* (Vis.) Franco
- subsp. *salzmannii* (Dunal) Franco
- subsp *laricio* (Poiret) Maire

El pino salgareño ocupa en nuestro país 350.000 ha en masas naturales que se incluyen dentro de la subsp *salzmannii*, y se han repoblado 358.000 ha en los últimos 50 años en las que también se ha utilizado la subespecies *nigra*, principalmente en Navarra y Aragón, y en menor medida *laricio* (dentro de ella la variedad *corsicana*) en Castilla y León. Esta distinta utilización se deriva de las diferencias tanto en el hábitat en el que se pueden encontrar como en el crecimiento y calidad de sus árboles.

Se han definido en España dos formas: *hispanica* y *pyrenaica* (Ruiz de la Torre, 1971), que corresponderían con las antiguas variedades *latisquama* y *angustisquama* (Laguna, 1883). Estas formas presentan características ecológicas diferentes, por lo que conviene referirse a sus hábitats por separado, aunque no existen incompatibilidades entre los hábitats centrales (Gandullo y Sánchez-Palomares, 1994), habiendo precisado este trabajo los requerimientos de estas dos formas.

Una caracterización de las dos especies se recoge en la Tabla 1, elaborada a partir de los datos de Elena *et al.* (1985) y Sánchez-Palomares *et al.* (1990).

Tabla 1. Hábitats de *Pinus nigra* Arn. en España (A partir de Elena *et al.*, 1985; y Sánchez-Palomares *et al.*, 1990)

Forma <i>pyrenaica</i>	Forma <i>hispanica</i>
Localización en la zona pirenaica	Localización en el centro y sur
Altitud: 500-1.400 m. Pie de montaña	Altitud: 800-2.000 m. En ladera
Climas pseudo-oceánicos	Climas mediterráneos
Menor continentalidad	Mayor continentalidad
Menor precipitación anual	Mayor precipitación anual
Menor aridez estival	Mayor aridez estival
Precipitación estival: 170 mm	Precipitación estival: 90 mm
Precipitación otoño: 200 mm	Precipitación otoño: 225 mm
Indiferente al suelo	Calcófila

Climáticamente, el 85% de las masas habitan sobre fitoclimas nemoromediterráneos genuinos (VI(IV)₁, VI(IV)₂) y nemoromediterráneos genuinos frescos (VI(VII)), y el 15% de las masas se encuentran en zonas de clara tendencia mediterránea genuina.

Regato (1997) diferencia varios tipos de pinares de salgareño, que son los siguientes:

- *Formaciones del límite forestal superior*. En ellas el pino salgareño aparece disperso en los pinares de alta montaña de pino silvestre (1.600-1.900 m). Al descender en latitud el pino salgareño va adquiriendo un papel predominante en el límite forestal superior, alcanzando fácilmente los 2.000-2.200 m de altitud en las Sierras Béticas. En estas zonas, por tanto, la protección es la principal función de estas masas y la selvicultura aplicada es poco intensiva, pues las producciones son bajas.
- *Pinares submediterráneos típicos*. Son los pinares más ampliamente extendidos, situados en media montaña (900-1.500 m). Constituyen los principales bosques con aprovechamiento forestal, y en los que se obtiene la mayor producción en una madera de buena calidad.
- *Pinares subesteparios*. Son prácticamente exclusivos del Sistema Ibérico, donde las montañas se encuentran circundadas por altas parameras y se dan condiciones de mayor continentalidad y suelos esqueléticos. Definen el límite altitudinal inferior de la especie, entre 500-900 m. Los pinares presentan una estructura más aclarada, aunque en las umbrías se pueden encontrar ejemplares de grandes dimensiones. La xericidad de estas zonas empieza a ser limitante para esta especie

La selvicultura aplicada es la típica de montes con funciones protectora y productiva, con turnos que oscilan entre los 100-120 años, aunque en ocasiones estos pueden llegar a los 140 años.

La utilización de la especie *Pinus nigra* está circunscrita a zonas de media montaña, principalmente de sustrato calizo (Elena *et al.*, 1985; Gandullo y Sánchez Palomares, 1994). Dentro de la especie, se puede diferenciar entre las dos formas, aunque no presenten incompatibilidades entre ellas. La *pyrenaica* prefiere cotas bajas (alrededor de los 600 m) y cálidas, donde las precipitaciones estivales son regulares y abundantes (mayores de 150 mm) aunque la precipitación total sea escasa (alrededor de 650 mm). Alcanza buenas calidades en localidades altas y frescas cuando las precipitaciones son abundantes todo el año y edáficamente sobre suelos poco pedregosos, de elevada capacidad de retención de agua, básicos y con porcentaje de caliza activa próximos a 25.

La forma *hispanica* alcanza las mejores calidades en cotas próximas a los 1.100 m, con temperaturas medias elevadas en verano, fuerte oscilación térmica y precipitaciones de otoño elevadas. Edáficamente prefiere suelos poco pedregosos, con un escaso porcentaje de limo y caliza activa, aunque vive en suelos calizos.

Consumo y necesidades de semilla

El consumo medio durante el periodo 1988-96 ha sido de 558 kg. A partir de 1993, se ha producido un incremento en el uso del pino salgareño, reflejo de la entrada en vigor del

RD sobre ayudas a la reforestación en tierras agrarias. Las CCAA en las que existen masas espontáneas de pino salgareño son las principales consumidoras de semilla (Tabla 2). La excepción la constituye Castilla y León, que presenta un consumo muy elevado, siendo sus masas naturales muy escasas. El consumo de otras subespecies no se considera por carecer de datos.

Tabla 2. Consumo de semilla de *Pinus nigra* Arn. realizado por entidades particulares y organismos oficiales (Total y por Comunidad Autónoma) durante el periodo 1990-1996 (Fuente Servicio de Material Genético, DGCONA).

Año	Total Particulares	Consumo en Organismos Oficiales (por CCAA) en kg/año																	
		Total	Gal	Ast	Can	PV	Nav	Ara	Cat	Val	Rio	CL	CM	M	Mu	Ext	And	Bal	Can
1990	0	150	0	0	0	0	0	20	0	10	0	70	30	0	0	0	20	0	0
1992	12	170	0	0	0	0	0	20	15	7	0	83	0	0	0	0	45	0	0
1993	121	399	0	0	0	0	0	60	0	17	10	230	50	0	0	0	32	0	0
1994	382	739	0	1	0	0	0	170	0	74	23	215	211	0	0	0	45	0	0
1995	297	737	0	0	0	0	0	156	10	0	3	551	2	0	15	0	0	0	0
1996	494	86	0	0	0	0	0	51	0	0	0	0	15	0	0	0	20	0	0
Media	217,6	380,2	0	0	0	0	0	79,5	4,2	18	6	191,5	51,3	0	2,5	0	27	0	0

Producción de semilla

Las principales características de *Pinus nigra* de especial interés para el uso y producción de semilla están recogidas por Martín *et al.* (1998). Están referidas tanto a la recolección de fruto, como la obtención de semilla y manejo de la misma.

En la Tabla 3 se resumen los principales datos disponibles sobre producción de semilla. Los datos manejados por la DGCONA corresponden a los obtenidos por el control de la recolección realizada por este organismo en numerosas partidas. Se refieren a superficie efectiva de recogida, y se observa el amplio rango de variación que se señala, como corresponde a la influencia del clima y las condiciones del sitio sobre la producción de semilla. Los manejados por el CEMAGREF corresponden a otras condiciones, como se observa por las diferentes producciones obtenidas. Los datos correspondientes a Cuenca y Cazorla son de dos trabajos concretos, en unos años determinados. La selección de masas realizada en la década de los 60 por el IFIE proporciona el aforo de semilla de cada una de las masas seleccionadas, referido a cosecha media y teniendo en cuenta que el rendimiento (kg de semilla por ha) está referido a la superficie total del monte (incluye, por tanto, zonas no productoras de semilla como los rasos, masas jóvenes, etc.). El rendimiento medio es de 0,57 kg/ha (rango de 0,1 a 1,04 kg/ha).

La característica más representativa de esta especie es la irregularidad de sus cosechas, con una buena cosecha cada más de 5 años. El corto periodo de recogida (noviembre a enero) coincide con época de mal tiempo, que no suele ser la época de cortas. Estos factores hacen difícil la recogida de semilla en árboles en pie si no es por equipos especializados y en años de buena cosecha. La producción de piñas se inicia en masas a los 25-30 años. En

la Figura 1 se presenta la variación en la producción de semilla, que sigue una pauta muy similar a la del pino silvestre, aunque con producciones claramente menores. En los siete últimos años, sólo en dos se pudo recoger semilla. En los otros años la producción fue muy pequeña.

Tabla 3. Producción de semilla de *Pinus nigra* en masa, según varios autores.

Arboles	DGCONA	(1) Luera, 1951	(2) INIA	CEMAGREF, 1982	(3) IFIE, 1969	
Semilleros/ha	30		84 - 140	30	60	
Kg piña/árbol	3 - 2		0.6 - 4.6			
Hl piña/árbol	0,07 - 0,7	0,103 - 0,223	0,012 - 0,11	0,1 - 0,6	0,3 - 1	
Hl piña/ha	2,1 - 21		0,36 - 3,3	3 - 18	18 - 60	
Kg piña/hl	36 - 45			40 - 60		
Kg semilla/100 kg piña	2 - 4		1 - 2			
Kg semilla/hl	0,7 - 1,5	0,8 - 1,2		0,8 - 1,5		
Kg semilla/ha	1,6 - 31,5	0,08 - 0,45	0,36 - 6,6	2,5 - 2,2	15 - 90	0,1 - 1,04
Kg piña/hombre y día: Cortas				80 - 300		
Escalada				40 - 180		
Hl piña/hombre y día: Cortas	3			2 - 5		
Escalada	0,8 - 1,8			1 - 3		

(1) Cazorla. (2) Cuenca. Cortas. Año de producción media (3) Aforo medio de semilla

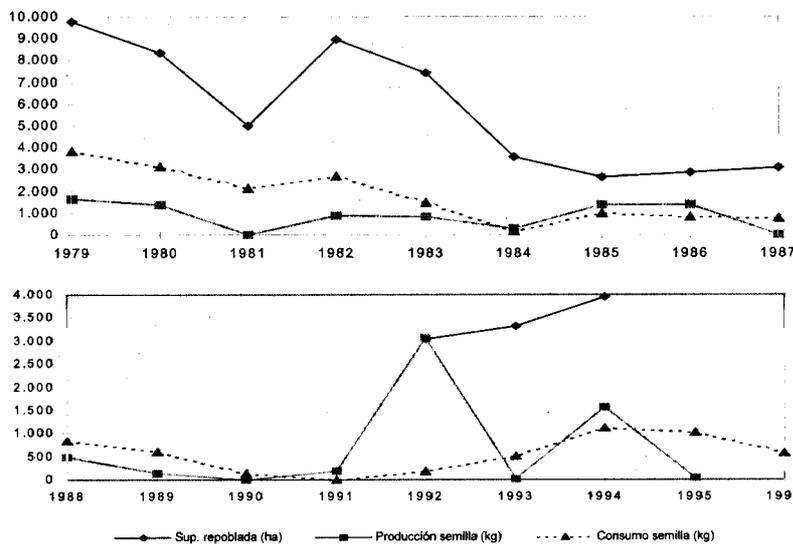


Figura 1.- Superficie repoblada, producción y consumo de semilla de *Pinus nigra* Arn. en el periodo 1977-1996. (Fuente: Servicio de Material Genético, DGCONA)

La producción de semilla en masas naturales está influida por factores inherentes de la especie y por otros debidos a las condiciones ecológicas de la localidad y a los tratamientos selvícolas. La estimación de la producción de semilla en masas naturales se basa principalmente en los datos manejados por el Servicio de Material Genético (DGCONA), a partir de la recolección realizada en gran número de localidades y de muchos lotes de semilla.

Es, de todos los pinos ibéricos, el que presenta mayores problemas en la producción de semilla, de tal forma que ha sido inexistente durante el periodo 1989-91, por causas estrictamente climáticas. En consecuencia en esta especie tiene gran importancia la recolección durante los años de cosecha abundante y el posterior almacenamiento de la semilla. Este hecho resalta la importancia de los huertos semilleros de *Pinus nigra* como elemento básico de la estrategia con esta especie, y como las primeras producciones de los huertos instalados demuestran.

Estimación de la superficie necesaria de áreas productoras de semilla

Para obtener esta estimación seguimos el proceso expuesto en el pino silvestre. En el caso de la superficie teórica a repoblar se supone una densidad de plantación de 2.500 plantas/ha y que el número de plantas por kg oscila entre 20.000 y 28.000. El rendimiento de semilla por unidad de superficie total que se toma como referencia es de 0,57 kg/ha (valor obtenido a partir de los datos del IFIE), y el de la superficie efectiva (productora de semilla) 1,6-31,5 kg/ha (valor manejado por la DGCONA).

El cálculo de la superficie necesaria de áreas productoras de semilla se basa en la producción de semilla por hectárea. Este valor, como se ha mencionado anteriormente, es muy variable, por lo que el valor medio es una aproximación. Por ello, hemos de acudir a unos rangos de variación, que en general son muy amplios, pero que nos sirven para acotar las necesidades máximas y mínimas de áreas productoras de semilla. En la Tabla 4 se ofrecen estas estimaciones, con valores de superficie efectiva de recogida que oscilan entre los 64 y 1.500 ha (recogida cuatrienal), para obtener una cantidad media de 500 kg/año (equivalentes a una superficie teórica de repoblación de 5.100 ha).

En las distintas CCAA el consumo medio anual es muy bajo. Sólo Aragón (79 kg/año) y Castilla y León (191 kg/año) presentan consumos importantes, que obligarían a disponer de 700 ha y de 1.400 ha de masas productoras de semilla respectivamente. Sin embargo, el énfasis mayor en esta especie se ha de realizar en los huertos semilleros y rodales semilleros para asegurar una semilla de calidad que no dependa de las condiciones anuales climáticas y de la existencia o no de cortas.

Tabla 4. Estimación de la superficie necesaria de rodales y masas productoras de semilla de *Pinus nigra* Arn., y de superficie de recolección para producir una determinada cantidad de semilla o para repoblar una determinada superficie anual.

Cantidad de semilla a recolectar	*Superficie teórica de repoblación	Hipótesis sobre producción de semilla en masas de <i>P. nigra</i>		
		0,57 kg/ha	1,6-31,5 kg/ha	15 kg/año
		Superficie Total	Superficie de Recolección	Rodales semilleros
kg / año	ha	ha	ha/año	ha
25	250	43,9	15,6 - 0,8	1,7
100	1.000	175,4	62,5 - 3,2	6,7
250	2.500	438,6	156,2 - 7,9	16,7
500	5.100	877,2	312,5 - 15,9	33,3
750	7.600	1.315,8	468,7 - 23,8	50,0
1.000	10.100	1.754,3	625,0 - 31,7	66,7
1.500	15.200	2.631,5	937,5 - 47,6	100,0
2.000	20.200	3.508,6	1.250 - 63,4	133,3

(*) N° de plantas por kg/semilla 20.000 - 28.000, densidad de plantación 2.500 plantas/ha.

Regiones de Procedencia

La distribución de la especie aconsejaba la diferenciación de un reducido número de regiones de procedencia, subdivididas atendiendo a sus peculiaridades ecológicas heterogéneas pero en las que es difícil diferenciar unidades uniformes con entidad geográfica clara, tal como se recogen en la Tabla 5.

Los trabajos sobre la variación de esta especie en España han sido poco desarrollados. Existen varios ensayos de procedencias (Agúndez *et al.*, 1997) instalados hace pocos años y que constituyen la base para decidir sobre los mejores orígenes respecto a crecimiento y adaptación. Los resultados con terpenos (Geber *et al.*, 1995) han mostrado una cierta variación de las poblaciones ibéricas, así como su relación con las del sur de Francia.

De los estudios realizados con isoenzimas, actualmente sólo se cuenta con la caracterización de dos poblaciones de la misma región de procedencia (Aguinagalde y Bueno, 1994) que muestran diferencias entre las poblaciones pero que ha de ser ampliado a un número mayor de procedencias.

Tabla 5. Descripción de las regiones de procedencia de *Pinus nigra* Arn. (adaptado de Catalán *et al.*, 1991).

Región de Procedencia	Superficie (%)	Altitud	Subtipo Fitoclimático (Allué, 1990)	Factores			Tipo de Sustrato	
				Máximo	mínimo		C: Calizo	S: Silíceo
				T (°C)	P (mm)	Pe (mm)	Sustrato	PH
1. Prepirineo Aragones Occidental	1,2	600 1.000	VI (VII)	12,9 10,4	979 754	64 46	C	7,7
2. Prepirineo Aragones Oriental	1,1	600 1.000	VI (VII)	13,6 12,7	1086 859	54 53	C	7,7-7,8
3. Prepirineo Catalán	14,5	400 1.200	VI (VII)	13,8 10,6	737 590	62 42	C	7,7-8,5
4. Alto Ampurdán	0,1	200 600	VI (V) /VI (IV) ₄	13,3	1095	64	C	7-8,5
5. Baja Cataluña	1,8	400 800	VI (IV) ₁ /VI (IV) ₄ > VI (V)	12,7 10,2	928 708	39 24	C S	8,1 6,1
6. Alto Maestrazgo	6,7	800 1.200	VI (IV) ₂ ; VI (IV) ₄ ; VI (VII) > VI (V)	12,2 9,7	801 629	42 21	C	7,3-8,2
7. Sistema Ibérico Meridional								
7A. Serranía de Cuenca y Alta Alcarria	35,8	800 1.600	VI (IV) ₂ /VI (VII) /VI (IV) ₁	13,3 7,3	1134 516	36 8	C S	6,4-7,8 5,8-6,4
7B. Sur de Cuenca	12,5	800 1.300	VI (IV) ₁ > VI (IV) ₂	13,2 12,0	690 455	34 7	C S	6,9-7,8 6,8
7C. Teruel	7,0	1.000 1.600	VI (VII) /VI (IV) ₁	11,6 8,7	621 446	32 24	C	7,4-8,0
8. Cordilleras Béticas								
8A. Cazorla-Alcaraz	13,5	1.000 2.000	VI (IV) ₂ ; (IV) ₄ > VI (IV) ₁	14,7 10,0	1166 589	11 0	S C	6,5 6,9-8,0
8B. Sierras Béticas orientales	4,6	1.200 2.000	VI (IV) ₁ ; IV (VI) ₁	13,5 11,5	664 465	27 14	C	7,3-7,6
8C. Sierra Mágina	0,1	1.300 1.800	IV (VI) ₁				C	7-8,5
8D. Sierra de Baza	0,4	1.400 2.000	IV (VII) /IV (VI) ₁				C	7-8,5
8E. Sierra de María	0,1	1.150 1.600	IV (VI) ₁ > VI (IV) ₁	11,4	391	4	C	7-8,5
9. Sistema Central	0,01	1.100 1.700	VI (IV) ₂				S	6,3
10. Soria	0,5	1.000 1.200	VI (IV) ₁	8,4	613	11	C	6,4-7,5

Actuaciones de mejora

El esquema seguido para definir las actuaciones son las ya descritas anteriormente. Se han considerado diversas opciones: zonas de conservación *in situ* (ZCI), conservación *ex situ* (CE), fuentes semilleras (FS), Masas o rodales selectos (RS); rodales semilleros (RSe) y huertos semilleros (HS). Los ensayos comparativos (EC) también se incluyen como una opción esencial en los programas a medio plazo.

El material de reproducción de las procedencias de amplio uso definidas por Catalán *et al.* (1991) va dirigido a cubrir casi todos los tipos climáticos en los que habita la especie, tal como se muestra en la Tabla 6. Se ha añadido la región 5 por cubrir unas condiciones fitoclimáticas ligeramente diferentes.

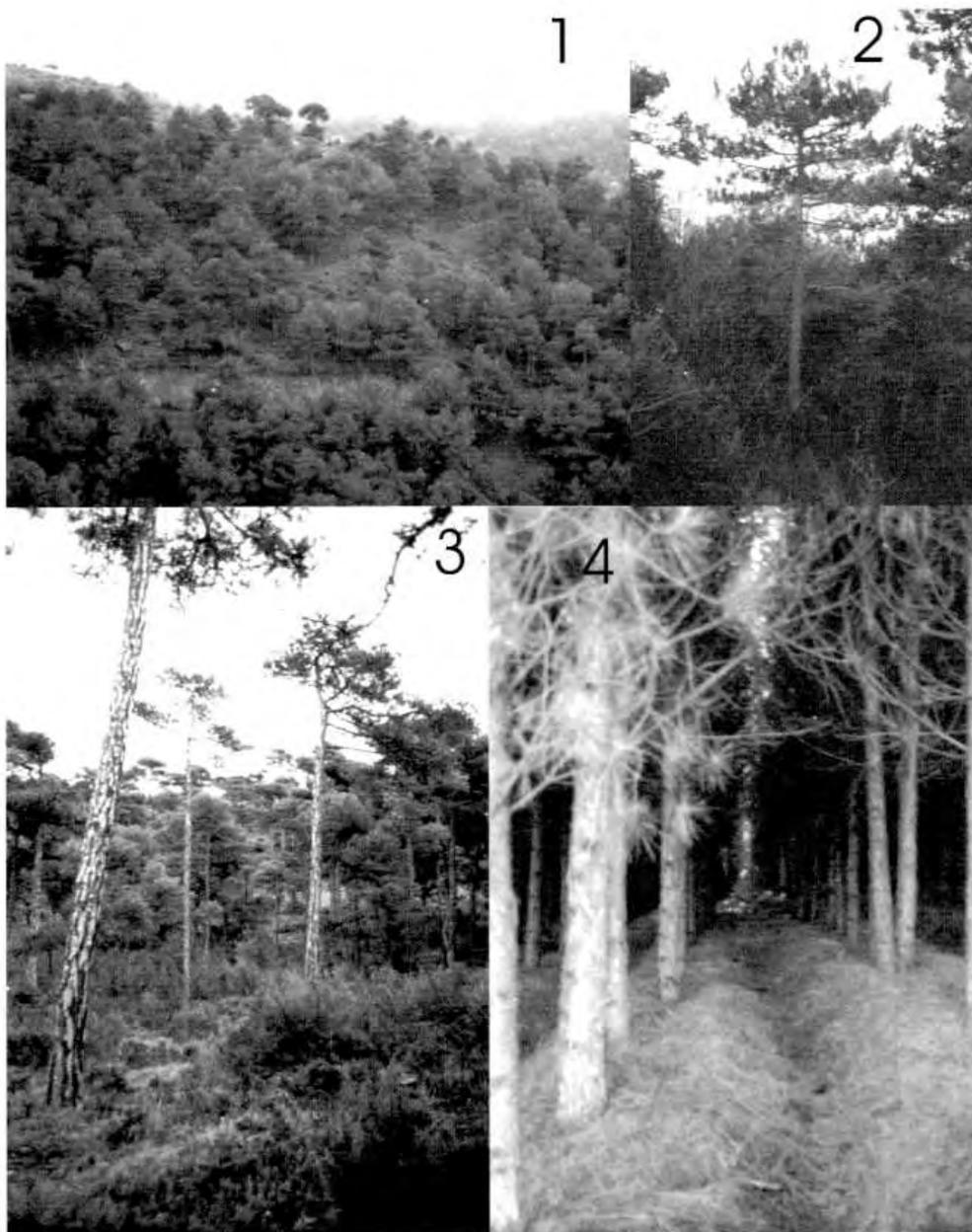
Tabla 6. Subtipos fitoclimáticos para uso de las principales regiones de procedencia de *Pinus nigra* Arn.

Fitoclima	Región de procedencia
Nemoral subestepario	Región 3
Transición entre nemoromediterráneo y nemoral	Región 6
Nemoromediterráneo	Región 7
Transición entre nemoromediterráneo y mediterráneo	Región 5
Mediterráneo	Región 8

Una aproximación más detallada del uso de la especie se obtiene por la asignación a las regiones de utilización. En la Figura 2 se muestran las recomendaciones de uso para la distintas regiones de procedencia diferenciadas. El material de reproducción de pino salgareño puede ser utilizado, según el índice de idoneidad, en 45 de las regiones.

A partir de distintos factores (recogidos en la Tabla 7) se han definido las acciones emprendidas para cada región de procedencia.

En las formaciones calizas prepirenaicas han sido diferenciadas tres regiones de procedencia. Las tres ocupan el ámbito fitoclimático nemoral subestepario VI(VII), con bajas temperaturas invernales y con escaso o nulo periodo de sequía. Se dispone sobre suelos de evolución media y sustrato básico, predominando los cambisoles calcáricos. La región **Prepireneo Aragonés Occidental (RP 1)**, presenta una superficie relativamente pequeña, y su ámbito de uso queda circunscrito a la ampliación o regeneración de sus masas. En general, las repoblaciones realizadas en sus proximidades lo han sido con la subsp. *nigra*, cuyo consumo se puede cubrir con el huerto semillero establecido por la DGCONA y por el establecido por la DGA. Son necesarias áreas de conservación *in situ*, establecidas a partir del Catálogo de montes de origen conocido. El consumo de semilla en esta procedencia es pequeño, por lo que es necesaria una reducida superficie de áreas productoras de semilla. Por la irregularidad en el fitoclima, que influye sobre la producción de semilla, es conveniente el establecimiento de rodales semilleros (2 ha). La región **Prepireneo Aragonés Oriental (RP 2)** es muy similar a la anterior, sugiriendo las mismas actuaciones. Al este, la región **Prepireneo Catalán (RP 3)** es considerablemente más extensa que las anteriores. Presenta una mayor amplitud fitoclimática lo que la hace recomendable para regiones próximas y otras más lejanas como la RIU 7, 14 y 15, aunque no se recomienda en zonas tan alejadas por existir otras regiones de mejor calidad más próximas. El consumo de semilla de esta región es muy reducido. Por tanto es conveniente la delimitación de áreas productoras de semilla (40 ha), aunque por los mismos motivos anteriores es recomendable la delimitación de rodales semilleros (2 ha) y definir zonas de conservación *in situ*.



Distintas manifestaciones de Pinus nigra en sus masas naturales: Sierra Seca (Granada) en la región de procedencia Sierras Béticas, Cazorla-Alcaraz (foto 1); Pardina de Cercito (Huesca) en la región Prepireneo Aragonés (foto 2) y Umbria de la Sagra (Granada) en la región Sierras Penibéticas (foto 3). En la foto 4 se muestra una repoblación con pino salgareño en la comarca del Bierzo (León).

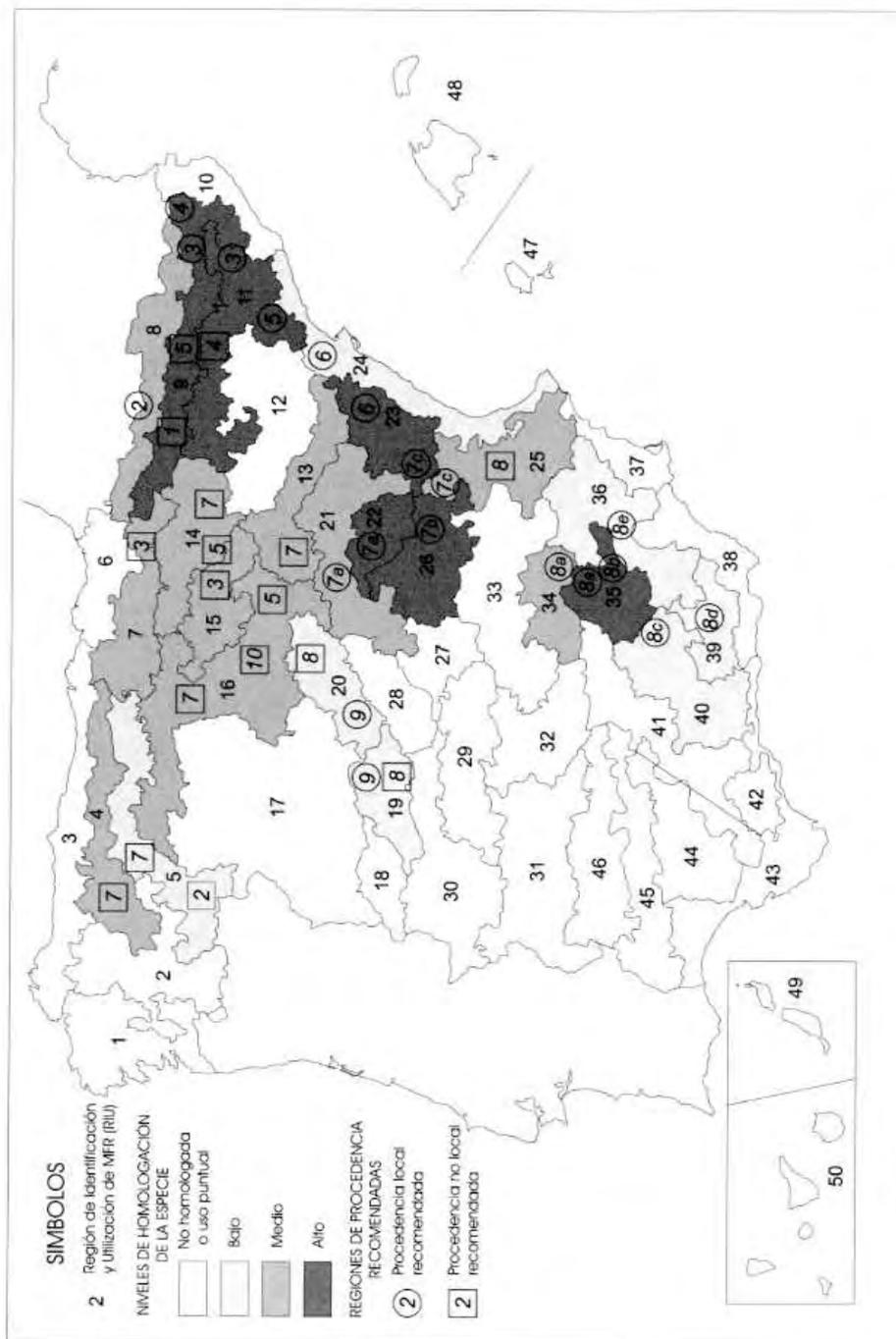
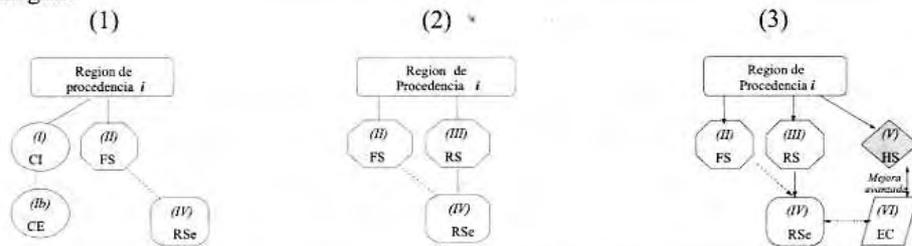


Figura 2.- Recomendaciones de uso del material de reproducción de *Pinus nigra* Arn. por Región de Identificación y Utilización

Tabla 7. Estrategia de mejora de las regiones de procedencia de pino salgareño.

	Regiones de procedencia de pino salgareño															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10						
	7a		7b		7c		8a		8b		8c		8d		8e	
Superficie (%) ¹	1,17	1,12	14,49	0,10	1,73	6,67	35,83	12,49	7,04	13,58	4,61	0,13	0,35	0,14	0,01	0,54
Montes de UP (n°) ¹	5	1	25	0	1	76	160	40	45	152	2	0	4	2	0	4
Consumo de semilla ²	**	**	**	-	***	****	****	**	****	****	**	*	*	*	-	*
Uso fuera de su área. ³	-	-	***	-	****	****	****	****	*	****	****	*	*	*	-	-
Prioridad de conservación ³	***	*	***	***	**	*	*	*	*	*	*	****	****	****	****	****
MBI ⁴																
MBS ⁵	**	**	**	-	**	***	**	*	****	****	**	*	*	*	-	**
Rodales semilleros	*	*	*	-	*	**	**	*	**	**	*	*	*	*	*	*
Huertos semilleros																
Ensayos procedencia	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Ensayos progenie																
Caracter. molecular	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Conservación in situ ⁶	**	*	***	****	*	*	*	*	*	*	*	**	**	**	**	**
Conservación ex situ ⁶	*	*	***	*	**	*	*	*	*	*	*	***	***	***	*	*
Estrategia	I	I	2	I	I	2	3	2	2	3	I	I	I	I	I	I
No. sub-poblaciones	I	I		I	I						I	I	I	I	I	I
	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II
	IV	IV		IV	IV						IV	IV	IV	IV	IV	IV
						III				III						
						IV				IV						
						V				V						
						VI				VI						

Estrategias:



¹ Catalán *et al.* (1991)

² * <5kg/año; **6-25 kg/año; ***25-50 kg/año; **** 51-150 kg/año; ***** 150 -200 kg/año

³ * poco importante, ** medio, *** alto, **** muy alto

⁴ Material de base para la producción de material de reproducción identificado. No permitido en esta especie

⁵ Material de base para la producción de material de reproducción seleccionado:

* < 35 ha; ** < 175ha; *** < 350 ha; **** < 1.100 ha; ***** < 1.400 ha (basada en el consumo actual)

⁶ * no necesarias, ** necesarias, *** urgentes, **** muy urgentes

En el límite pirenaico y aislada geográficamente de las anteriores, la región **Alto Ampurdán (RP 4)** integra pinares que se extienden en masas abiertas y dispersas que no llegan a formar montes continuos. La especie encuentra en esta región sus límites altitudinales inferiores, situándose por debajo de los 300 metros sobre el nivel del mar. Estas masas son de muy escasa importancia para su uso en repoblaciones. Por lo que se deben, exclusivamente, definir áreas de conservación *in situ*.

Al sur de las anteriores la especie se dispersa, en masas poco significativas, a lo largo de la Cordillera Costera Catalana, en la región **Baja Cataluña (RP 5)**. La influencia mediterránea genera un fitoclima nemoromediterráneo submediterráneo VI(IV)₄, definido por temperaturas suaves y un corto periodo de sequía estival, nunca superior a dos meses. Los suelos son de evolución media y generalmente sobre sustrato básico aunque encontramos también masas sobre litofacies silíceas paleozoicas o de origen plutónico. Esta procedencia tiene una gran amplitud de uso basada en el fitoclima, aunque por la baja calidad de sus masas se ha considerado de uso local, con una finalidad principalmente protectora. El consumo de semilla es relativamente elevado. Se han de definir, por tanto, áreas productoras de semilla (40 ha) que deben completarse con rodales semilleros (2ha).

Al sur del río Ebro la especie se extiende por las sierras del sector oriental del Sistema Ibérico en la región **Alto Maestrazgo (RP 6)**. Debido a su distribución geográfica presenta una gran heterogeneidad climática. El sector oriental recibe influencias de litoralidad mediterránea, modificadas por efecto altitudinal, desde el ámbito mediterráneo subnemoral IV(VI)₄ al nemoromediterráneo genuino más húmedo VI(IV)₂ y el nemoromediterráneo submediterráneo VI(IV)₄. Las vertientes del sector occidental, a sotavento de la influencia marina, están sometidas a los rigores de continentalidad del fitoclima nemoral subestepario VI(VII). El pinar, asentado sobre sustrato básico y suelos de evolución media, forma buenas masas en las inmediaciones de Tortosa y Beceite. La forma ecológica de la especie puede ser ya una transición entre las formas *pyrenaica* e *hispanica*. Esta procedencia es también de gran amplitud ecológica para su uso, aunque la consideramos de estricto uso local. El consumo de semilla es alto. Se han de delimitar áreas productoras de semilla a corto plazo (350 ha) y rodales semilleros (10 ha).

En la región **Sistema Ibérico Meridional (RP 7)** se encuentran las masas de pino laricio más extensas de la península, ocupando 200.000 ha. Son pinares monoespecíficos, algunos de excelente calidad. Se diferenciaron tres unidades (subregiones), atendiendo sobre fitoclima VI(IV)₁. Encontramos en ella pinares más abiertos con sotobosque de abundante matorral xerófilo. La subregión de **Teruel** presenta unas condiciones climáticas de continentalidad menos acusada.

La unidad de la **Serranía de Cuenca y Alta Alcarria** presenta una marcada continentalidad, máxima en la Alcarria, donde el pino laricio aparece frecuentemente asociado a la sabina albar de los páramos. En los pinares de la Serranía de Cuenca predomina la influencia fitoclimática nemoromediterránea, quedando las zonas culminales oroborealoides ocupadas por el pino silvestre. La unidad **Sur de Cuenca** ocupa suaves relieves orográficos calizos, de escasa altitud, dominados por el fitoclima nemoromediterráneo menos húmedo

VI(IV)₁. Encontramos en ella pinares más abiertos con sotobosque de abundante matorral xerófilo. La subregión de **Teruel** presenta unas condiciones climáticas de continentalidad menos acusada.

Litológicamente la región es bastante homogénea, predominando las litofacies calizas del Mesozoico y los sedimentos terciarios, especialmente paleógenos. Los suelos varían en evolución según los gradientes climáticos y altimétricos, encontrando suelos de buen desarrollo, luvisoles calcáricos y férricos, en las orlas basales de las zonas más húmedas del norte de la región y suelos de media evolución, del tipo de los cambisoles, en los montes más áridos del sur de Cuenca. También aparecen pinares sobre sustrato silíceo en litologías de la facies germánica del Triás.

En su conjunto es una de las regiones básicas para la mejora de la especie a largo plazo. Dentro de toda ella, la subregión 7A es la base de las actuaciones, destacando por la calidad de sus masas. El huerto semillero establecido de esta región permitirá la producción de gran parte de la semilla necesaria, según las estimaciones realizadas por Climent *et al.* (1997a). Hasta el momento de entrada en producción y para completar ésta son necesarios rodales o masas selectas (500 ha) y rodales semilleros (20 ha).

La región **Cordilleras Béticas (RP 8)** presenta pinares de gran calidad, aunque en ella se encuentran masas en las condiciones de mayor aridez. A pesar del aislamiento geográfico de algunas de las masas se ha considerado una sola región de procedencia subdividida en cinco unidades que presentan apreciable homogeneidad ecológica. Esta región es también de amplio uso. En ella destacan las subregión 8A como otra de las procedencias en que se basa la mejora más intensiva de la especie. Las otras subregiones presentan una gran importancia para la conservación de la especie.

La región **Sistema Central (RP 9)** presenta unos bosquetes, descritos por Regato *et al.* (1992) y que son genéticamente muy interesantes. Están muy amenazados en su existencia, por lo que son objeto de medidas de conservación tanto *in situ* como *ex situ* (Martín *et al.*, 1997a).

Por último la región **Soria (RP 10)** está formada por una masa de pequeña extensión, pero en cuyas proximidades se efectúan repoblaciones con la especie. Por tanto, la obtención de semilla es una de las necesidades en esta región, además de la conservación del material. Por el actual estado de estas masas, se han de obtener rodales semilleros y áreas productoras de semilla mediante el manejo de las poblaciones actuales.

Material de Base para la producción de material de reproducción identificado

Pinus nigra, junto con *Pinus sylvestris*, es una de las especies ibéricas en las que la comercialización en la UE del material forestal de reproducción se ha de hacer obligatoriamente, hasta que entre en vigor la modificación a las actuales normativas, bajo las categorías

seleccionado y controlado, aunque se permite la comercialización bajo el epígrafe de *exigencias reducidas* (UE).

El Catálogo de Material de Base contiene con categoría identificado los datos de localización, pertenencia e identificación de 59 montes de *Pinus nigra* de 4 regiones de procedencia (Tabla 8).

En el caso de *Pinus nigra* estos montes constituyen el primer paso para la obtención de rodales selectos, además de permitir la definición de las zonas de conservación *in situ*. Falta por incluir en este Catálogo montes de 6 regiones. De estas, la región 2 y 5 sólo presentan un monte de UP cuya especie principal es *Pinus nigra*, las regiones 4 y 9 no presentan ninguno (están formadas por bosquetes dentro de los montes) y la región 1 tiene 5 montes de UP.

Tabla 8. Resumen, por región de procedencia, del Catálogo de Material de base para la producción de material de reproducción Identificado de *Pinus nigra* Arn.

Región de procedencia	Nº de montes	Superficie (ha)	Provincias
6. Alto Maestrazgo	13	7.957	Castellón, Tarragona y Teruel
7. S^a Ibérico Meridional	29	33.308	
7A. Serranía de Cuenca y Alta Alcarria	27	32.684	Cuenca, Guadalajara y Teruel
7C. Teruel	2	624	Teruel
8. Cordilleras Béticas	15	2.640	
8A. Cazorla Alcaraz	15	2.640	Jaén
10. Soria	2	2.178	Soria, Burgos
TOTAL	59	46.083	

Material de Base para la producción de material de reproducción seleccionado. Criterios y caracteres de selección

El Catálogo Nacional de Materiales de Base para la producción de material de reproducción seleccionado incluye 16 masas de pino salgareño, de dos regiones de procedencia, tal como se recogen en la Tabla 9, y 2 huertos semilleros. Actualmente, se está ampliando a las regiones números 3 y 10.

El estado sanitario de las poblaciones evaluadas es bueno con un porcentaje de árboles sanos que oscila entre 94% y 100%, a excepción de uno de ellos de la subregión 7C en el que 62% de los árboles estaban atacados por procesionaria en el momento de la evaluación, correspondiendo al rodal que presenta un número de árboles con menor densidad de copa. Así, en la clasificación de la densidad de acículas, son mayoritarias las dos primeras clases, que corresponden a una ausencia o ligera defoliación. En general es un grave problema en muchas de las masas de la especie. Su efecto sobre la producción de semilla es grande, aunque es una causa ambiental. Es decir, no esperamos una causa genética sobre la presencia de procesionaria, y la no inclusión de masas atacadas es un requisito para que la producción de semilla no se vea afectada al existir ataques graves de este insecto.

Tabla 9. Material de Base de *Pinus nigra*, masas y rodales, para la producción de material de reproducción seleccionado (DGCONA, 1996)

Región de Procedencia	Código	Localización	Longitud	Latitud	Altitud (m)	Provincia	Sup. (ha)
7A.- Sª de Cuenca y Alta Alcarria	ES-25/07/001	Ensanche Majadas	1°58'W	40° 15'N	1360-1490	Cuenca	864
7A.- Sª de Cuenca y Alta Alcarria	ES-25/07/002	Cerro Gordo	1°59'W	40° 22'N	1340-1565	Cuenca	315
7A.- Sª de Cuenca y Alta Alcarria	ES-25/07/003	Cerro Candalar	1°58'W	40° 16'N	1290	Cuenca	2.784
7A.- Sª de Cuenca y Alta Alcarria	ES-25/07/004	Palancares	1°58'W	40° 01'N	1150-1280	Cuenca	1.809
7A.- Sª de Cuenca y Alta Alcarria	ES-25/07/005	El Palancar	2°15'W	40° 43'N	1300	Guadalajara	304
7A.- Sª de Cuenca y Alta Alcarria	ES-25/07/006	Loma Escarbadero	2°16'W	40° 43'N	1200	Guadalajara	136
7A.- Sª de Cuenca y Alta Alcarria	ES-25/07/007	Madero Tajo	2°03'W	40° 40'N	1200	Guadalajara	152
7B.- Sur de Cuenca	ES-25/07/008	Cadorzo Los Llecós	2°00'W	39° 50'N	1100	Cuenca	419
7C.- Teruel	ES-25/07/009	Pinar Hueco	0°31'W	40° 34'N	1220-1630	Teruel	356
7C.- Teruel	ES-25/07/010	Pinar Manzanera	0°55'W	40° 02'N	1200-1520	Teruel	572
7C.- Teruel	ES-25/07/011	La Sierra	0°43'W	40° 17'N	1220-1700	Teruel	1.019
8A.- Cazorla - Alcaraz	ES-25/08/001	Navahondona	2°55'W	37° 55'N	1200-1500	Jaén	1.375
8A.- Cazorla - Alcaraz	ES-25/08/002	Río Madera	2°38'W	38° 14'N	1100-1520	Jaén	2.350
8A.- Cazorla - Alcaraz	ES-25/08/003	Garganta de Hornos	2°39'W	38° 13'N	1100-1500	Jaén	394
8A.- Cazorla - Alcaraz	ES-25/08/004	Arrancapechos	2°35'W	38° 13'N	1240-1600	Jaén	1.175
8A.- Cazorla - Alcaraz	ES-25/08/005	Pinar del Risco	2°42'W	38° 04'N	1520-1860	Jaén	968
TOTAL							14.992

La caracterización fenotípica de las masas permite evaluar la importancia de los distintos caracteres en la selección del material de base. En general, las características fenotípicas de estos rodales son buenas, como corresponde a la especie considerada. Las mediciones se llevaron a cabo en 15 de las 16 masas selectas.

El análisis de componentes principales de las variables fenotípicas sirve para sintetizar la variación mostrada por estos caracteres. Tres factores absorben un 64.8% de la variación total (Figura 3), que corresponden con las clases 1 y 3 de la rectitud, 1, 2, y 3 de bifurcación, 1 y 2 de ángulo de ramas y grosor. Estas son las variables que se consideran para determinar los criterios mínimos en los caracteres de forma del fuste.

La rectitud no representa un problema grave en las procedencias analizadas. De las 6 clases en que se ha dividido, las dos últimas (curvaturas superiores al diámetro normal) representan un 2,77% de los árboles evaluados. Tampoco es un defecto grave la bifurcación de las masas, puesto que de las cuatro clases diferenciadas es mayoritaria su ausencia o la presencia en la copa, donde apenas presenta importancia. Sí existe una mayor diferencia en las características de ramificación. Nos encontramos con árboles de ramas medias, y ángulo de ramas mayor de 60°.

	1	2	3
Autovalor	4.286548	2.923946	2.508851
Diferencia	1.362602	0.415094	0.304704
Acumulado	0.2858	0.4807	0.6480

	FACTOR1	FACTOR2	FACTOR3
RC1	-0.45196	0.70792	-0.17937
RC2	-0.35159	-0.05179	-0.17962
RC3	0.71546	-0.54338	0.16677
RC4	0.45077	-0.56940	0.31732
RC5	0.16111	-0.29736	-0.14315
B1	0.03218	0.88902	-0.23879
B2	-0.11035	-0.83390	-0.38552
B3	-0.19227	-0.36681	0.85694
GR1	-0.01143	-0.07706	-0.88486
GR2	0.20620	0.02114	0.92775
AR1	-0.98146	-0.02528	0.03433
AR2	0.98153	0.02521	-0.03511
I1	-0.05986	-0.02994	-0.03248
I2	0.07206	-0.00497	0.04758
I3	-0.02153	0.26375	-0.19332

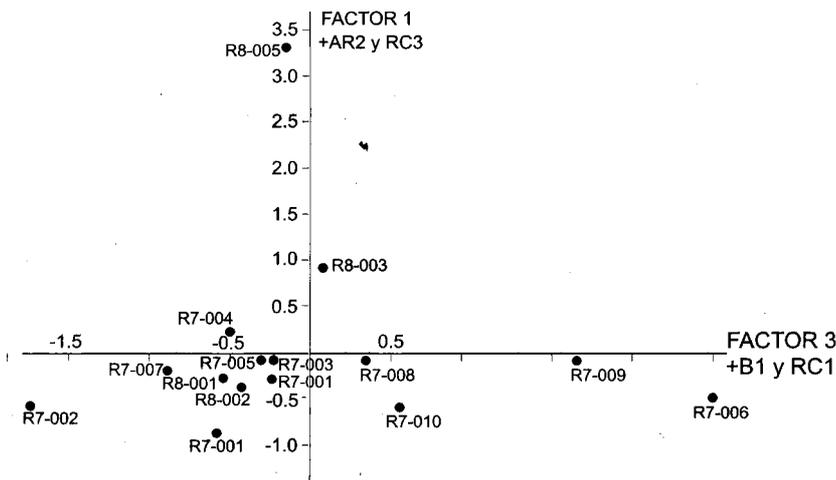
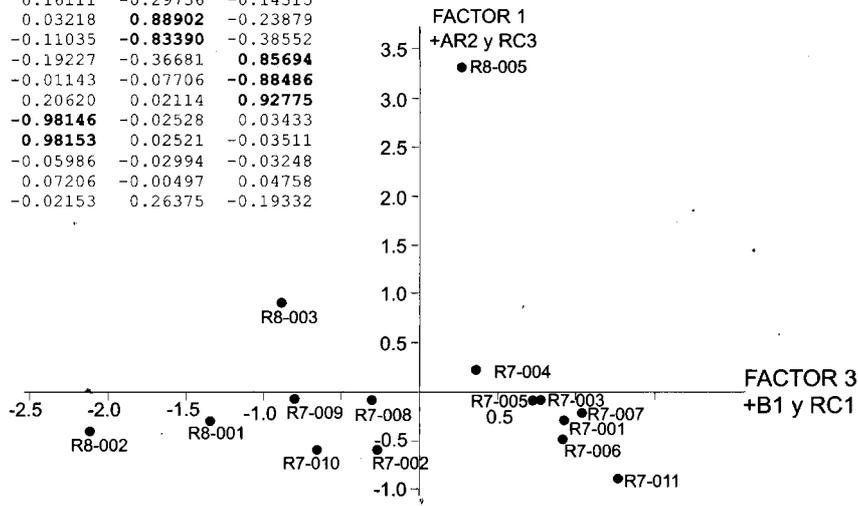


Figura 3.- Tabla descriptiva de análisis de componentes principales (Método de Rotación Varimax) de los rodales selectos de *Pinus nigra* Arn. y situación respecto a los tres primeros ejes factoriales.

La relación entre los rodales se puede apreciar mejor en Figura 3 en la que se representa gráficamente la dispersión de los rodales con respecto a los 3 primeros ejes factoriales. Aparecen diferencias entre las dos regiones de procedencia, con poblaciones que actúan como unión entre las dos.

Debido a la variación dentro de la región de procedencia, en el Sistema Ibérico Meridional (región 7) se observan dos agrupaciones diferenciadas por la rectitud y bifurcación. Las mejores poblaciones, incluidas en la subregión 7A y una masa de la 7B, caracterizadas por tener el mayor porcentaje de árboles rectos ($RC1 > 70\%$ y $RC3 < 10\%$), sin bifurcaciones ($RC1 > 90\%$) y con ángulo de ramas recto ($AR2 < 7\%$) y ramas delgadas. En la región de Cazorla Alcaraz, una de las masas (ES-25/08/005) se separa de las restantes por su mayor porcentaje de árboles totalmente rectos ($RC1$), con curvaturas en la parte media o basal ($RC3$) sin bifurcación ($B1$) y con ángulo de ramas obtuso ($AR2$).

La continuación con el Catálogo Nacional permitirá profundizar en el conocimiento de estos caracteres, y sobre la producción de semilla en *Pinus nigra*.

CAPÍTULO 13. EL PINO NEGRAL (*PINUS PINASTER* AITON)

Introducción

Pinus pinaster es una especie característica del paisaje forestal español. Ocupa más de un millón de hectáreas de las que aproximadamente el 60 por 100 corresponde a pinares de repoblación. Dentro de esta especie se diferencian tres grandes grupos de razas geográficas, (Baradat y Marpeau, 1988):

- Grupo atlántico. Coincide con la denominada subespecie *atlantica*.
- Grupo del mediterráneo europeo. Junto al grupo magrebí constituye la denominada subespecie *mediterranea*.
- Grupo magrebí.

Se han diferenciado dentro de ella 18 razas geográficas, distinguiendo en España seis de ellas. Como se ha comprobado en numerosos estudios existe una gran variación genética entre sus poblaciones (puede verse un resumen de los distintos aspectos, por ejemplo, en la monografía sobre las regiones de procedencia de la especie, Alía *et al.*, 1996).

Es una especie pionera, de crecimiento rápido y de temperamento robusto. Habita en condiciones muy variables, diferenciándose claramente el área atlántica del área mediterránea. Dentro de ésta última se diferencian cinco ecotipos (Nicolás y Gandullo, 1967), que dependen del sustrato sobre el que habitan las masas y que dan lugar a tipos de pinares diferentes. En general, el pino negral presenta una gran amplitud fitoclimática, viviendo sobre 14 de los 17 fitoclimas definidos por Allúe (1990). Esto ocasiona una gran diversidad en los factores climáticos de los lugares de origen que parece haber conducido a adaptaciones de la especie. Edáficamente, se encuentra tanto sobre sustratos silíceos (en arenas) o calizos (peridotitas, rodenales), preferentemente en suelos arenosos, aunque habita en terrenos arcillosos, siempre que estos no se conviertan en una capa difícil de romper por la raíz.

Regato (1997) diferencia 5 tipos de pinares, equiparable a la diferenciación establecida por Nicolás y Gandullo (1967) basándose en los tipos de sustrato sobre los que se asientan las masas.

- *Pinares sobre dolomías del sector bético oriental*: Su aspecto suele ser de una masa abierta, con abundantes claros y árboles de tamaño medio. Estas masas son de claro sentido protector, y en ellas el tratamiento selvícola está muy reducido, siendo la productividad muy baja.

- *Pinares sobre peridotitas del sector occidental malacitano*. Están situados en media montaña, siendo sustituidos en altitud por el pinsapo. La estructura de los pinares es la de un bosque muy aclarado, con árboles de escaso desarrollo.
- *Pinares sobre rodanales*. Constituye una formación aclarada, de estructura muy variable, siendo característica la presencia de ejemplares tortuosos o poco esbeltos. Los tipos de estructura dependen enormemente de las condiciones climáticas de las masas. Son típicos de la especie, donde también forma pinares de gran calidad, con buenos crecimientos.
- *Pinares sobre sustratos arenosos*. Se pueden distinguir los que viven en los cordones dunares litorales de los que ocupan arenales interiores. Los primeros destacan principalmente en Galicia, donde la especie alcanza su óptimo de producción, y da lugar a masas con una selvicultura semi-intensiva, en turnos de 35-40 años y productividades muy elevadas. Los montes sobre los arenales interiores presentan sus más amplias representaciones en la Meseta Castellana. El uso tradicional de la especie ha sido la resina, por lo que suelen ser pinares regulares, con turnos de 80-100 años, producción alta de resina (2-3 kg/pino/año), y producción baja de madera.
- *Pinares sobre granitos y rocas metamórficas*. Destacan estos pinares por estar normalmente situados en media montaña, dando lugar a masas homogéneas, cerradas, de gran calidad y en los que la producción de madera es uno de sus objetivos primordiales. La productividad de estos montes es alta, aunque inferior a las masas gallegas costeras. Los turnos son también superiores, llegando a los 80 años, con densidades finales cercanas a los 300 pies/ha.

La calidad de la madera en esta especie no es alta. Sus propiedades mecánicas son muy similares a las del pino albar aunque es menos rígido y ligero (Fernández Golfín *et al.*, 1997).

Los requisitos edáficos y climáticos de la especie, para su uso en repoblaciones, han sido estudiados por Nicolás y Gandullo (1967) y Gandullo y Sánchez Palomares (1994). Las procedencias atlánticas de *Pinus pinaster* habitan sobre terrenos silíceos, arenosos, moderada o fuertemente ácidos y generalmente bastante humíferos. La calidad de sus masas no parece estar limitada por las propiedades edáficas, siempre que nos encontremos en el hábitat central. Su mejor calidad la alcanza en sitios llanos o zonas de fuertes pendientes expuestas al oeste. El grupo mediterráneo alcanza las mejores calidades en climas mediterráneos, con lluvias abundantes en todas las estaciones excepto en verano y temperaturas relativamente elevadas. Edáficamente las mejores calidades se alcanzan en terrenos ácidos, suelos poco pedregosos, ricos en materia orgánica y con capacidad de retención del agua. También se demuestra que las peores calidades se alcanzan con texturas próximas a 50/30/20 (arena, limo, arcilla).

Con esta especie se ha repoblado una gran extensión, debido a su frugalidad y rapidez de crecimiento. Los principales núcleos de repoblación se encuentran en Galicia, dónde

está siendo sustituido en las áreas más productivas por *Eucalyptus globulus*, en Andalucía, Castilla la Mancha y Extremadura. Muchas de sus masas de repoblación están alcanzando actualmente una edad que permite la realización de tratamientos selvícolas para mejorarlas.

Consumo y necesidades de semilla

La evolución del consumo en *Pinus pinaster* es similar al resto de las especies objeto de este trabajo. Existe una tendencia a la disminución del mismo con dos periodos claros: hasta 1987 existe un consumo elevado (valor medio de 18.399 kg) cuyo valor se reduce drásticamente a partir de 1988 (consumo medio de 3.359 kg). En este último periodo se observa una cierta recuperación del consumo debido a la entrada en vigor del RD sobre ayudas a la reforestación de tierras agrarias, incremento que se produce también en el realizado por particulares (Tabla 1).

Tabla 1. Consumo de semilla realizado por particulares y organismos oficiales (Total y por Comunidad Autónoma) de *Pinus pinaster* Ait. durante el periodo 1989-1996 (Fuente Servicio de Material Genético, DGCONA)

Año	Total Particulares	Consumo en Organismos Oficiales (por CCAA) en kg año																	
		Total	Gal (*)	Ast	Cant	PV	Nav	Ara	Cat	Val	Rio	CL	CM	M	Mu	Ext	And	Bal	Can
1989	224	2729	-	0	0	600	0	414	0	90	0	600	1025	0	0	0	0	0	0
1990	1426	960	-	0	0	0	0	190	35	85	0	300	40	0	0	0	310	0	0
1991	636	2828	-	0	0	242	0	139	0	70	0	835	830	0	0	200	512	0	0
1992	833	5147	-	0	0	0	0	675	0	71	0	3855	164	0	0	300	82	0	0
1993	546	608	-	0	1	0	0	0	0	27	0	80	210	0	0	100	157	33	0
1994	1787	1464	-	0	1	0	0	550	0	147	12	0	350	0	15	300	89	0	0
1995	1647	533	-	0	16	0	0	98	0	0	40	0	49	65	20	225	20	0	0
1996	998	1620	-	0	0	0	0	66	0	0	0	130	390	0	0	196	810	28	0
Media	1012,1	1986,1	-	0	2,3	105,3	0,0	266,5	4,4	61,3	6,5	725,0	382,3	8,1	4,4	165,1	247,5	7,6	0

El destino de la semilla se conoce para la adquirida por organismos oficiales. No incluye, por tanto, el autoconsumo ni el consumo de las empresas privadas. Las Comunidades con masas espontáneas son las principales consumidoras de semilla. No se incluye el consumo realizado por Galicia, puesto que se abastece de su propio programa de mejora. Destaca, entre todas, el consumo de Castilla y León, y en menor medida los de Castilla la Mancha, Aragón y Andalucía.

Producción de semilla

La fructificación en el pino negral se inicia a edad temprana (15-20 años) con una periodicidad de cosechas abundantes de 1 a 2 años. La producción de semilla es elevada, lo

que unido a la facilidad de almacenaje a largo plazo hacen que la producción no sea el factor determinante en la delimitación y selección de áreas productoras. Es en la recolección de la piña y en la selección donde se manifiestan los problemas.

La Tabla 2 muestra los datos existentes sobre producción de semilla en masas de *Pinus pinaster*. Se recogen los valores utilizados en recogida en masas por la DGCONA y el aforo de semillas en masas naturales. También se incluyen los valores utilizados en las masas francesas (CEMAGREF, 1982) que son similares a los obtenidos en masas selectas en la Sierra de Gredos (García-Escudero, 1988). Los valores que se manejan oscilan entre los 40 y 135 kg de semilla/ha siendo los suministrados por el IFIE muy conservadores.

Tabla 2. Producción de semilla de masas de *Pinus pinaster*, según varios autores.

Arboles Semilleros/ha	DGCONA	⁽¹⁾ García Escudero, 1988	CEMAGREF, 1982		⁽³⁾ IFIE, 1969
	40	40	40	60	
Kg piña/árbol	8 - 30	0,75 - 11			
Hl piña/árbol	0,16 - 0,55		0,5 - 1		
Hl piña/ha			20 - 80		
Kg piña/hl	50 - 55	50 - 55	40		
Kg semilla/ 100 kg piña	4 - 4,5	4,5			
Kg semilla/ hl	2 - 2,5	2,25 - 2,48	2 - 3		
Kg semilla/ha	12,8 - 54		40 - 60	160 - 240	0,44 - 10
Nº semillas /kg	13.000 (17.000) 24.000				
Kg piña/hombre y día: Cortas					
Escalada					
Hl piña /hombre y día: Cortas	2 - 4		8 - 12		
Escalada	2,3 - 3		2 - 5		

(1) Arenas de San Pedro. Cosecha buena. (3) Aforo medio de semilla

La Figura 1 muestra la evolución de la producción durante el periodo 1979-96, junto con la superficie repoblada, y el consumo de semilla. Se observa que todos los años se ha recogido semilla con una tendencia a la disminución causada por la reducción de las hectáreas repobladas y en consecuencia del consumo. En 1986 no hubo producción por las existencias acumuladas que hacían innecesaria la recolección.

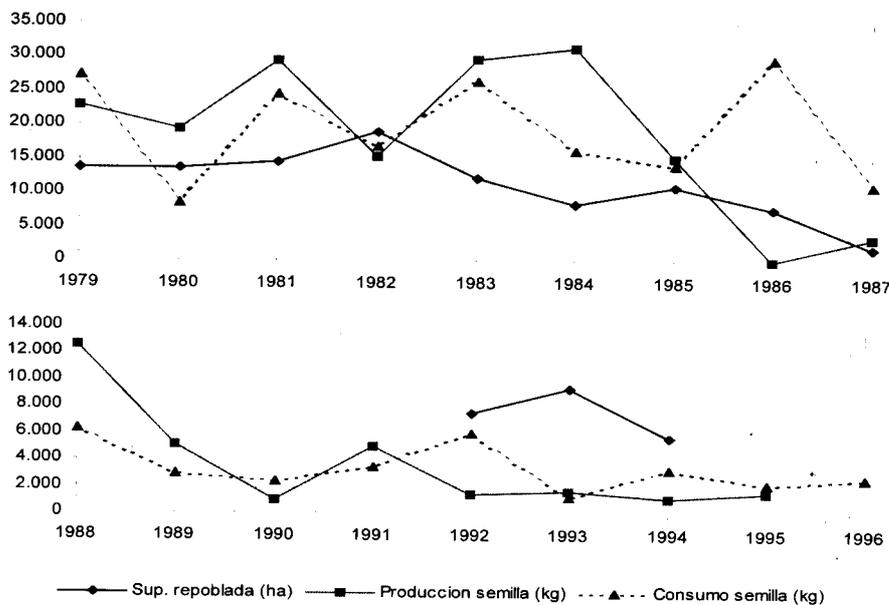


Figura 1.- Superficie repoblada, Producción y consumo de semilla de *Pinus pinaster* Ait durante el periodo 1977-1996. (Fuente: Servicio de Material Genético de la DGCONA)

Estimación de la superficie necesaria de áreas productoras de semilla

Para hacer estas estimaciones se parte de los datos de producción manejados por la DGCONA, y referidos a zonas efectivas de recogida (valores de 12,8-54 kg/ha). Los datos del IFIE, que se refieren a los aforos totales del monte, son muy bajos y vamos a utilizar el valor medio de los ofrecidos en este trabajo (5,2 kg/ha), que consideramos un valor muy conservador en la producción de semilla para una especie como *Pinus pinaster*.

Se ha obtenido la superficie necesaria de áreas productoras de semilla para recolectar desde 100 a 3.600 kg (Tabla 3). En esta especie casi todos los años hay una cosecha aceptable, por lo que no es necesario efectuar previsiones a medio plazo para almacenar suficiente cantidad de semilla. La superficie teórica de repoblación que se puede obtener con cada una de las cantidades de semilla se ha calculado en el supuesto de una densidad de 2.000 plantas por ha y 8.650 plantas por kg de semilla.

Es decir, para suministrar 3.500 kg semilla/año es necesario disponer de un área de recogida anual que oscila entre las 273 ha (para un año de mala cosecha) y las 65 ha (para un año de cosecha excepcional).

Tabla 3. Estimación de la superficie necesaria de rodales y masas productoras de semilla de *Pinus pinaster* Ait., y de superficie de recolección para producir una determinada cantidad de semilla o para repoblar una determinada superficie anual.

Cantidad de semilla a recolectar	*Superficie teórica de repoblación	Superficie de áreas productoras de semilla en masas de <i>P. pinaster</i> (ha)		
		5,2 kg/ha y año	12,8-54 kg/ha y año	15 kg/ha y año
		Superficie total de masas y rodales	Superficie de recolección	Rodales semilleros
kg/año	ha	ha	ha/año	ha
25	110	4,8	1,9 - 0,5	1,7
100	430	19	7,8 - 1,8	6,7
250	1.100	48	19,5 - 4,6	16,7
500	2.100	96	39,0 - 9,2	33,3
1.000	4.300	192	78,1 - 18,5	66,7
2.000	8.600	384	156,2 - 37,0	133,3
3.500	15.000	673	273,4 - 64,8	233,3

(*) N° de plantas por kg/semilla 9.000, densidad de plantación 2000 plantas/ha.

Regiones de Procedencia

La regionalización de la especie ha estado condicionada por la fragmentación de su área natural de distribución y los problemas de aislamiento geográfico de muchas de sus masas. Siguiendo la metodología establecida para todos los trabajos de la serie se han establecido 21 regiones de procedencia, cuyas principales características se recogen en la Tabla 4.

El estudio de la variación genética de la especie en nuestro país, así como su comportamiento en ensayos de procedencias ha sido objeto de numerosos estudios. Por tanto, tenemos una clara idea de la variación genética de la especie a través de marcadores terpenicos (Baradat y Marpeau, 1988), proteicos (Allona *et al.*, 1996, Salvador, 1997) e isoenzimáticos (Salvador, 1997). Ello permite la diferenciación de grandes grupos geográficos de la especie (atlántico, perimediterráneo, y maghrebí). El comportamiento de las procedencias ha sido sintetizado en el libro de las regiones de procedencia de la especie, por lo que no se va a analizar aquí. Simplemente mencionar que existen una serie de regiones que han demostrado su buena adaptación a determinadas condiciones de uso (regiones 1a en Galicia, 6, 9 y 17).

Tabla 4. Descripción de las regiones de procedencia de *Pinus pinaster* Ait. (Alía et al., 1996).

Región de Procedencia	Superficie (%)	Altitud	Subtipo Fitoclimático (Allué, 1990)	Factores			Tipo de Sustrato	
				máximo	mínimo		C: Calizo	S: Silíceo
				T (°C)	p (mm)	pe (mm)	Sustrato	pH
1a. Noroeste-Costera	-	200-400	VI(V);VI(IV) ₂ >VI(IV) ₂	14,7 11,2	2078 866	58 15	S	4,3-5,1
1b. Noroeste-Interior		600-800	VI(IV) ₂ ; VI(V)>VI(IV) ₁ VI(IV) ₃ ;IV ₄	14,3 10,7	2331 781	32 8	S	4,4
2. Sierra del Teleno	2,4	900-1200	VI(IV) ₂ /VI(IV) ₁	11,1 10,2	844 751	19 12	S	4,7-5,4
3. Sierra de Oña	2,7	700-1000	VI(IV) ₁ /VI(IV) ₂	11,2 10,8	787 528	29 18	S C	4,9-6,2 9,0
4. Sierra de Gata-Las Hurdes	1,5	400-1000	VI(IV) ₂ >IV ₄	14,2 10,7	1606 1153	16 14	S	4,9
5. Bajo Tiétar	0,8	400	VI(IV) ₂ ;IV ₄	15,4 14,0	1138 977	5 4	S	5,9
6. Sierra de Gredos	6,7	800-1400	VI(IV) ₂ /IV ₄	15,1 12,2	1664 1007	17 6	S	5,1-6,2
7. Sierra de Guadarrama	2,7	800-1200	VI(IV) ₂ /VI(IV) ₁	13,2 10,6	771 648	17 11	S	5,8-6,4
8. Meseta Castellana	23,3	700-1000	VI(IV) ₁ /IV(VI) ₁	12,4 9,8	668 393	25 10,8	S C	5,6-6,9 7,8
9. Montaña de Soria Burgos	4,1	800-1200	VI(IV) ₁ >VI(IV) ₂	11,3 8,6	686 673	21,6 20	S	5,9-6,8
10. Sistema Ibérico Central	1,7	800-1400	VI(IV) ₁ > IV ₃ ;IV ₄ ;IV ₁	13,7 13,5	449 387	22 15	S	6-6,7
11. Rodenaks de Molina	4,0	1000-1200	VI(IV) ₁ >VI(IV) ₂	11,0 10,2	621 548	25 15	S	5,4-5,9
12. Serranía de Cuenca	14,5	800-1200	VI(IV) ₁ ; VI(IV) ₂	15,5 9,4	1005 455	34 11	S C	6,2-6,8 7,9-8
13. Albarracín	2,1	1000-1400	VI(VII)/VI(IV) ₂	9,8 9,7	878 779	40 30	S	6,5-7
14. Maestrazgo	3,5	800-1200	VI(IV) ₁ ; VI(VII)	11,9 11,6	634 487	40 37	S	6,9-7,3
15. Sierra Espadán	0,9	600-800	IV(VI) ₂ / IV ₄ ;IV ₃ ;IV ₂	16,7 16,0	637 507	20 11	S	5,7-7,2
16. Levante	4,6	800-1000	IV ₃ ; IV ₄	15,7 14,6	516 469	15 5	C	8-8,3
17. Sierra Segura Alcaraz	14,1	800-1400	IV ₃ ; IV ₄ /VI(IV) ₂	17,6 12,1	1133 443	15 3	C S	7,9-8,3 5,5-6,2
18. Moratalla	1,0	800-1200	IV ₃ >IV ₁	14,1 13,8	440 423	6 5	C	7-8,5
19. Sierra Almajara Nevada	3,4	1200-1400	IV ₄ ; IV ₃	16,3 15,0	703 552	5 4	C	8,0-9,0
20. Sierra Bermeja	4,5	200-1000	IV ₂ ; IV ₄	18,0 14,3	1240 919	5 0	C	7,1-7,7

Actuaciones de mejora

Pinus pinaster manifiesta una gran diversidad por lo que la selección de la procedencia constituye un primer paso de suma importancia. La información de los ensayos, siendo la más fiable, se encuentra limitada por el siempre reducido número de ensayos disponibles. Por ello se ha de acudir a la extensión de estos resultados a un ámbito geográfico más amplio, para lo que la homologación fitoclimática de las regiones de procedencia es una herramienta útil de trabajo. En esta especie, más que con otras esta selección ha de ser matizada según el sustrato en el que se realiza la repoblación.

La primera aproximación se realiza a través de los subtipos fitoclimáticos de las principales regiones de procedencia. En la Tabla 5 se recogen estos resultados sintéticos, en función del grupo fitoclimático, tipo de sustrato y textura.

Tabla 5. Subtipos fitoclimáticos, tipo de sustrato y textura de las principales regiones de procedencia de *Pinus pinaster* Ait.

Fitoclima	Tipo sustrato	Textura	Región de procedencia
Nemoral	Silíceo	Arenosa	Región no. 1
Alternancia entre nemoral y nemoromediterráneo	Silíceo	Franca	Región no. 13
Nemoromediterráneo	Silíceo	Arenosa	Región no. 8
Nemoromediterráneo	Silíceo	Franca	Región no. 9 y 12
Alternancia entre nemoromediterráneo y mediterráneo	Silíceo	Franca	Región no. 6
Mediterráneo	Calizo	No arenosa	Región no. 17

La homologación entre las Regiones de utilización de material de reproducción y los ámbitos fitoclimáticos de las regiones de procedencia se muestran en la Figura 2, mostrando con mayor detalles estas recomendaciones. La gran amplitud de uso de esta especie queda demostrada porque presenta homologaciones fitoclimáticas altas con 40 de las 52 regiones.

Para definir las estrategias en *Pinus pinaster* se sigue el mismo esquema que en las otras especies. Los factores considerados se resumen en la Tabla 6, en la que se indican tanto las estrategias seguidas en cada región de procedencia como la descripción de las necesidades de semilla y de rodales y huertos semilleros. Las actuaciones de conservación de recursos se dirigen preferentemente a las procedencias de área restringida, que no se incluyen en la tabla.

Se han considerado diversas opciones ya descritas anteriormente (Capítulos 5 y 10): zonas de conservación *in situ* (CI) entre las que pueden estar las fuentes semilleras o las masas selectas que cumplan los requisitos mencionados en el capítulo 10, la conservación *ex situ* (CE), fuentes semilleras (FS), Masas o rodales selectos (RS); rodales semilleros (RSe) y huertos semilleros (HS). Los ensayos comparativos (EC) se incluyen como opción esencial en los programas a medio plazo.

En la región Noroeste se encuentran los extensos y productivos pinares galaico-astures, producto, mayoritariamente, del cultivo desde el siglo XVIII. Ha sido dividida en dos atendiendo a la respuesta de la especie experimenta en función de la altitud.

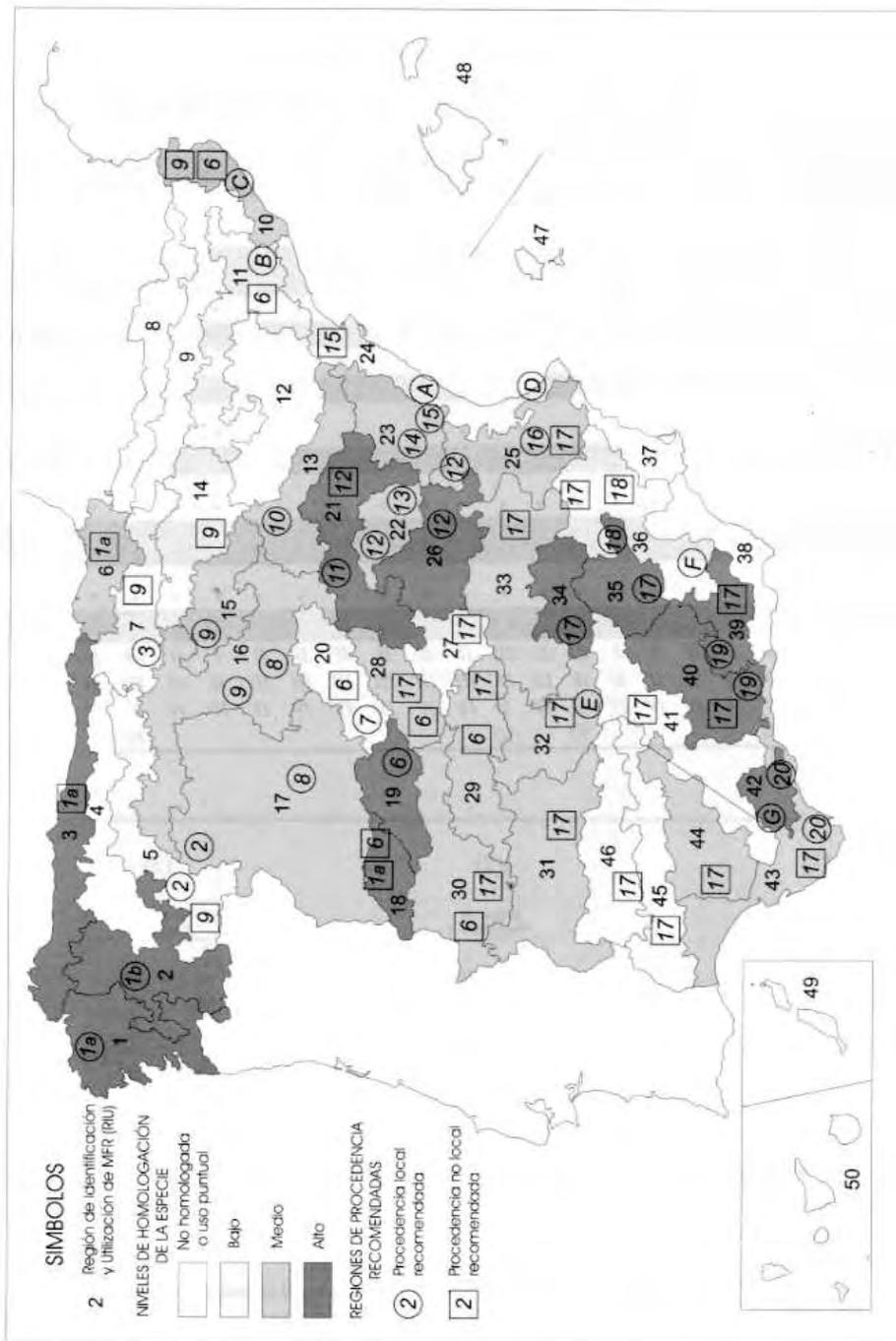
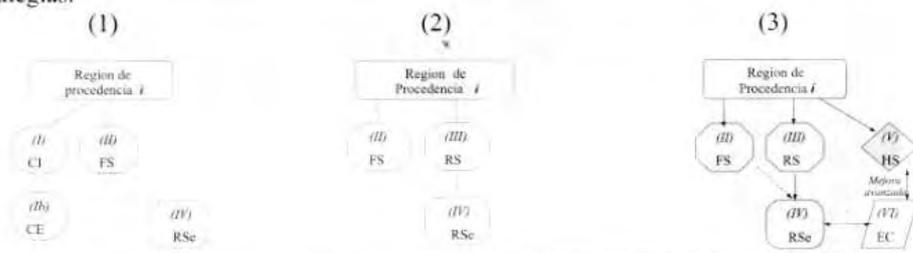


Figura 2.- Recomendaciones de uso del material de reproducción de *Pinus pinaster* Ait. por Región de Identificación y Utilización.

Tabla 6. Actuaciones previstas, por región de procedencia, en *Pinus pinaster* Ait.

	Regiones de procedencia de Pino negral																				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Superficie (%) ¹	-	2,40	2,75	1,46	0,84	6,70	2,75	23,2	4,12	1,73	4,04	14,5	2,13	3,52	0,97	4,64	14,1	1,07	3,31	4,45	
Montes de UP (n°) ¹	-	8	32	7	6	30	30	192	29	5	27	47	16	31	14	8	77	2	9	13	
Consumo de semilla ²	***	*	**	***	-	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	
Uso fuera de su área. ³	***					***		**	*			*				***					
Prioridad de conservación ³	***	*	*	***	***	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
MBI ⁴	(*)	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
MBS ⁵	***	(*)	**	***	***	***	**	***	***	***	***	**	***	***	***	***	**	***	*	*	*
Rodales semilleros		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Huertos semilleros	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Ensayos procedencia	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Ensayos progenie	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Caracter. molecular	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Conservación <i>in situ</i> ⁶		*	*	***	**	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Conservación <i>ex situ</i> ⁶	***	*	*	**	**	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Estrategia	3	2	2	1	1	3	2	2,3	2	2	2	2	2	2	1	2	3	2	2	2	
Subpoblaciones	III IV V VI	II III IV	II III IV	I II IV	I II IV	III III IV	II III IV	III III IV	II III IV	II III IV	II III IV	II III IV	II III IV	II III IV	I II IV	II III IV	III IV V	II III IV	II III IV	II III IV	II III IV

Estrategias:



¹ Alia *et al.* (1996)

² * <25kg/año; **25-50 kg/año; ***50-100 kg/año; **** 100-300 kg/año; ***** >300 kg/año

³ * poco importante, ** medio, *** alto, ****muy alto

⁴ MB para la producción de MFR identificado

⁵ Material de base para la producción de material de reproducción seleccionado.

* <5 ha; ** <10 ha; *** <20 ha; **** <50ha; ***** <100 ha. (basada en el consumo actual)

⁶ * no necesarias, ** necesarias, *** urgentes, **** muy urgentes

Noroeste Litoral (RP 1a) incluye las masas diseminadas por el litoral galaico-astur. Está sometida a unas condiciones climáticas muy favorables al crecimiento de la especie, con abundantes precipitaciones y temperaturas suaves por el efecto de la litoralidad atlántica. Asentada sobre materiales paleozoicos y granitos hercínicos, de substrato ácido, sobre ella se han generado suelos de texturas francas y poco evolucionados. La recomendación de uso de esta región es en las zonas costeras (RIU números 1, 3 y 6), donde compite con *Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus*. Es la región más importante productivamente y en la mejora de la especie. Está desarrollándose un programa de mejora propio para esta región, que incluye la instalación de huertos semilleros (Vega *et al.*, 1993, 1997).

Noroeste Interior (RP 1b), integra las masas diseminadas por las sierras interiores gallegas y los piedemontes más occidentales de la Cordillera Cantábrica. Establecida a partir de la isohipsa de 600 metros, pierde paulatinamente los efectos termorreguladores de la litoralidad, propio del fitoclima nemoral VI(V), para adquirir características de continentalidad, genuinas como en el subtipo VI(IV)₂, o subnemorales como en el subtipo VI(IV)₃. Presenta básicamente las mismas condiciones litológicas y edáficas de la región anterior. Su uso es relativamente amplio, en la misma región (RIU número 2) y en las 14 y 18. En esta última se ha utilizado material de Portugal por su buen crecimiento.

En el interior peninsular la especie se fragmenta y dispersa tanto por las orlas y laderas de los sistemas Central e Ibérico, como en los arenales meseteños situados a ambas orillas del Duero. Esta fragmentación, unida a las peculiaridades fisiográficas y ecológicas de las distintas áreas de desarrollo natural de la especie han sido la base de diferenciación regional.

En las llanuras y sistemas montañosos septentrionales de la Meseta, asentada sobre litologías ácidas hercínicas y los depósitos terciarios generados por la meteorización y erosión de los materiales de las sierras, la especie se adapta con facilidad a suelos silíceos arenosos y francos poco desarrollados: cambisoles y arenosoles.

En el sector septentrional de la Meseta encontramos dos regiones: Sierra del Teleno y Sierra de Oña, aisladas geográficamente del resto de las regiones meseteñas. Situada en el noroeste de la provincia de León, la región **Sierra del Teleno (RP 2)** forma una masa prácticamente continua de unas 13.000 ha y destaca por presentar una adaptación al incendio, expresada a través de rasgos morfológicos y genéticos que, aunque también están presentes en otras poblaciones, adquieren en estos pinares su máxima expresión. El uso de esta región es estrictamente local, con un consumo medio de semilla. Por tanto, la selección de rodales selectos o rodales semilleros es una buena medida. En este caso sería necesario el establecimiento de 15 ha de masas selectas o 5 ha de rodales semilleros.

La región **Sierra de Oña (RP 3)**, situada en la depresión de La Bureba, presenta rodales de pequeña extensión en los ámbitos fitoclimáticos nemoromediterráneos genuinos VI(IV)₁ y VI(IV)₂ y sometidos a heterogeneidad de condiciones litológicas y edáficas debidas a la gran complejidad tectónica del sector. Es una procedencia de uso local. Debido a la mala conformación de muchos de sus montes, las actividades a desarrollar son la selección

de rodales semilleros para mejorar la calidad de las masas. En este caso, como el consumo es medio, bastaría el establecimiento de 7 ha de masas selectas ó 6 de rodales semilleros.

A lo largo del Sistema Central se han diferenciado tres regiones de procedencia situadas en cada una de las tres grandes unidades de la cordillera: Sierra de Gata- Las Hurdes, Sierra de Gredos y Sierra de Guadarrama. Desarrolladas sobre materiales metamórficos y granitos hercínicos, de carácter ácido, las tres presentan gran homogeneidad en su litología y suelos. Las masas se asientan prioritariamente en las vertientes meridionales de las sierras, ocupando los ámbitos fitoclimáticos de las orlas basales y de media montaña interiores: VI(IV)₁ y VI(IV)₂, llegando al oroborealoide subnemorale, VIII(VI), en los límites altitudinales de las masas de la Sierra de Gredos. La región de **Sierra de Gata-Las Hurdes (RP 4)** es una procedencia de uso local, puesto que quedan muy pocas masas naturales. Por tanto, se ha de traer semilla de otras procedencias con características similares. En sitios de gran calidad, puede utilizarse la procedencia Leiria (Portugal) o procedencias gallegas costeras. En el resto, procedencias de Gredos o gallegas interiores. Para cubrir la demanda se debe instalar rodales semilleros (puesto que las masas actuales no pueden proporcionar semilla) para que en un plazo breve se disponga de suficientes masas. También se está efectuando la conservación de recursos *ex situ* (a través de semilla) y deben señalarse zonas para conservación *in situ*.

La región **Sierra de Gredos (RP 6)** ocupa unas 39.200 ha y en ella se encuentra una de las mejores representaciones de la especie en cuanto a porte y productividad. Es una procedencia de amplio uso, por la magnífica respuesta en ensayos de campo. En ella se dispone de ensayos de progenies de la especie (Sierra, 1993). Es necesario disponer de huertos semilleros, como esta previsto en la red Nacional, y de rodales selectos o semilleros en cantidades de 100 ha ó 32 ha respectivamente, debido al elevado consumo de semilla de esta región.

Por último, dentro de este grupo de procedencias, la región **Sierra de Guadarrama (RP 7)** es de uso estrictamente local. El consumo de semilla es moderado, por lo que conviene disponer de 15 ha de rodales selectos ó 5 ha de rodales semilleros.

Al pie de la Sierra de Gredos, la región **Valle del Tietar (RP 5)** integra un grupo de pequeños pinares diseminados a lo largo del curso del río Tietar en un ambiente climático mediterráneo genuino húmedo, IV₄. Es una región de estricto uso local, por la peculiaridad de su situación climática y edáfica. La variable calidad de sus masas, en algunos casos de porte muy tortuoso, sugiere convertir en rodales semilleros masas jóvenes de buena calidad. El consumo actual de semilla es nulo, por lo que las actuaciones son a medio plazo.

En la región **Meseta Castellana (RP 8)** las masas naturales de pinar se extienden por los arenales situados a ambas orillas del río Duero ocupando una superficie de 120.000 ha. Presenta gran homogeneidad climática, desarrollándose en los ámbitos fitoclimáticos templados y húmedos VI(IV)₁ y IV(VI)₁. El uso de esta región es relativamente amplio, desde el punto de vista ecológico. Sin embargo, la baja calidad de muchas de sus masas no hacen recomendables estos orígenes en repoblaciones extensivas. El consumo de semilla es muy



Pinus pinaster mostrando distintos aspectos: masas en resinación, en Valdevacas (Segovia), dentro de la región Meseta Castellana (foto 1); repoblación con buen aspecto fenotípico en la Sierra de Oña (Burgos) de probable origen gallego (foto 2) y vista general de las masas de Siles en la región Sierra de Segura-Alcaraz.

elevado (el mayor de todas las regiones, próximo a los 600 kg/año). En esta región el pino resinero y su aprovechamiento secular están íntimamente ligados a la cultura de la zona. Sus especiales condiciones de productividad hace que sigan resinándose algunos de estos pinares, cuando esta actividad ha desaparecido en el resto de España. En esta población existe una estrategia de mejora enfocada al aprovechamiento resinero a través de la selección y cruzamiento entre árboles grandes productores de miera (Prada *et al.*, 1997, Gil, 1998). También se han de establecer rodales selectos de esta procedencia (120 ha) procurando eliminar los rodales más defectuosos en cuanto a su forma.

Situada en las estribaciones meridionales del sector noroccidental del Sistema Ibérico la región **Montaña Soria-Burgos (RP 9)** se extiende por los relieves de baja altitud que conectan con la depresión del Duero. El negral aparece con frecuencia mezclado con el pino albar, con el que entra en competencia en las zonas más elevadas. La litología de la zona está compuesta mayoritariamente por materiales ácidos mesozoicos de la facies Wealdica, con predominio de conglomerados y areniscas, que generan suelos de textura arenosa a franca, muy permeables, del grupo de los arenosoles y cambisoles. Su climatología es nemo-romediterránea genuina: VI(IV)₁ y VI(IV)₂. Son regiones de uso amplio (RIU 5, 7, 14, 15 y 16), con un consumo de semilla moderado (alrededor de 100 kg/año). Se dispone de huertos semilleros que no están todavía en producción (Climent *et al.*, 1997a), por lo que conviene, dada la calidad de sus masas, establecer masas selectas (20 ha) y rodales semilleros (7ha). No son necesarias labores de conservación de recursos genéticos.

La especie desciende hacia el Mediterráneo a través de las alineaciones del **Sistema Ibérico Central (RP 10)**, en masas aisladas que tienen que adaptarse a condiciones climáticas más xéricas, aún cuando siguen predominando las condiciones del fitoclima VI(IV)₁. Es una región de uso local, en la que el consumo de semilla es medio. La calidad de las masas no es muy buena, encontrándose en masas dispersas y aisladas. Las actuaciones propuestas son la selección de rodales selectos (20 ha) o rodales semilleros (7 ha).

Al suroeste de la anterior se sitúa la región **Rodenaes de Molina (RP 11)**, una masa prácticamente monoespecífica desarrollada casi en su totalidad sobre las areniscas rojas del Buntsandstein, que han generado suelos de escasa a media evolución, de textura arenosa a franca bastante arenosa y muy permeables. Es una masa con antiguo aprovechamiento resinero, por lo que muchos de sus montes están ordenados para este aprovechamiento. Su uso es estrictamente local con un consumo medio de semilla. Las actuaciones propuestas son las mismas que para la región anterior (20 ha de rodales selectos ó 7 ha de rodales semilleros).

En las regiones más orientales del sistema Ibérico: Serranía de Cuenca, Albarracín, Maestrazgo y Sierra de Espadán, el substrato, mayoritariamente mesozoico, genera suelos básicos poco desarrollados (cambisoles calcáricos), parcialmente descarbonatados, aumentando la calidad de las masas con el progreso del proceso de descarbonatación. Sobre substrato ácido tiene especial predilección por las areniscas del Buntsandstein que conforman los rodanos de Albarracín o la Sierra de Espadán, dando lugar a suelos bien drenados de texturas francas a francas bastante arenosas (cambisoles eútricos y arenosoles). Climáticamente

se adapta a las condiciones de continentalidad de la zona, desarrollándose preferentemente sobre subtipos fitoclimáticos nemoromediterráneos genuinos, con ligeros periodos de sequía y mediterráneos genuinos frescos, con mayor grado de aridez pero no muy secos.

La región **Serranía de Cuenca (RP 12)** es una región de amplio uso, con pinares de gran calidad. El consumo de semilla es elevado, por lo que son necesarios rodales selectos (60 ha) o rodales semilleros (20 ha). Aunque en la red de huertos semilleros clonales de *Pinus pinaster* estaba prevista la instalación de un huerto de esta región, no pensamos que se vaya a realizar debido a los cambios habidos en la política forestal.

La región **Albarracín (RP 13)** es de uso muy reducido para extender las poblaciones naturales o para su uso en ellas. El consumo es medio, siendo necesario para abastecer la demanda establecer 30 ha de rodales selectos ó 10 ha de rodales semilleros.

El **Maestrazgo (RP 14)** presenta un uso local, con un consumo muy bajo de semilla. Para abastecer este consumo bastan 5 ha de rodales selectos ó 2 de rodales semilleros.

La **Sierra de Espadán (RP 15)** es una región de una extensión reducida, y de uso limitado a su propia área de distribución. El consumo de semilla es medio, por lo que serían necesarias 20 ha de rodales selectos y 7 de rodales semilleros. Estas áreas pueden utilizarse como zonas de conservación *in situ*.

En la provincia de Valencia los pinares de la región **Levante (RP 16)** se adaptan a condiciones litológicas y edáficas marcadamente básicas, muy diferentes a las que habitualmente se les asocia, lo que evidencia la elevada capacidad de adaptación de la especie. Son regiones con su área muy reducida por incendios forestales. Por tanto, las actuaciones comprenden la preservación *ex situ* de semillas y la delimitación de rodales selectos en las zonas que quedan (bastarían 10 ha), que pueden servir de rodales de conservación *in situ*. Asimismo, el establecimiento de plantaciones se puede realizar pensando en reconvertirlas en rodales semilleros a medio plazo (10-20 años).

Las montañas Béticas sustentan las masas del sudeste de la península. Desde las formaciones prebéticas de las Sierras de Segura-Alcaraz, donde encontramos una de las más importantes representaciones naturales de *Pinus pinaster*, con más de 70.000 ha, la especie se dispersa, muy fragmentada, ocupando las orlas basales y laderas (hasta alcanzar los 2000 metros de altitud), de la Sierra de los Alamos (Moratalla), Sierra Almijara, Sierra Nevada y Sierra Bermeja.

Las condiciones litológicas y edáficas de estas regiones reflejan la complejidad y heterogeneidad tectónica bética, resaltadas por su peculiar localización geográfica sometida a las influencias climáticas mediterráneas, atlánticas y africanas. El resultado es una respuesta genética y morfológica distinta para cada región. Desde las masas de las Sierras de Segura y Alcaraz, caracterizadas por la gran calidad de sus fustes, que constituyen un grupo de transición entre los grupos perimediterráneos y magrebíes de la especie, hasta los ejemplares adaptados a la litología peridotítica alpujárride de la Sierra Bermeja.

La región de las **Sierras de Segura-Alcaraz (RP 17)**, es una de las procedencias de mayor amplitud de uso en todo el sur de España. El consumo de su semilla es elevado necesitándose establecer 40 ha de rodales selectos ó 14 de rodales semilleros. Inicialmente estaba prevista la instalación de un huerto semillero dentro de la Red Nacional de huertos semilleros, pero los cambios habidos desde entonces hacen imposible su constitución.

La región de **Moratalla (RP 18)** es, también, de amplio uso debido al buen comportamiento de sus poblaciones en ensayos de procedencias, aunque pensamos que en general es más recomendable el material de la región 17. El consumo de semilla de esta procedencia es muy bajo, por lo que pueden establecerse rodales selectos (2 ha).

Las regiones de **Sierra Almijara-Nevada (RP 19)** presenta un uso estrictamente local. El consumo de su semilla es muy bajo, y sus masas son aclaradas y de baja calidad. Por ello deben establecerse rodales selectos (5 ha) para la recogida de semilla utilizada en las proximidades de esta zona en condiciones climáticas y edáficas muy difíciles.

Por último la región de **Sierra Bermeja (RP 20)**, es también de uso estrictamente local. El consumo de semilla, para repoblar zonas incendiadas o extender las masas naturales es medio, necesitándose 20 ha de rodales selectos en esta zona.

Las procedencias de área restringida no han sido incluidas en el esquema anterior. Como ha puesto de manifiesto el estudio con marcadores enzimáticos (Salvador, 1997):

- Las poblaciones de menor tamaño, Fuencaliente y Sierra de Oria, presentan una menor variabilidad genética que las poblaciones adyacentes.
- En toda la zona del Levante, la diversidad genética es alta alcanzando los valores mayores de esta especie.
- La proximidad entre las poblaciones no impide la existencia de una diferenciación genética acusada, como en el caso de la Sierra Bermeja respecto a la Serranía de Ronda, o en el de Benicasim respecto a las otras poblaciones de Castellón y Valencia.

Las amenazas a algunas de las poblaciones son diversas, entre las que se encuentran:

- Reducción de la extensión de las poblaciones debido a la frecuencia de los incendios. Es el caso de Sierra de Espadán, Levante o Benicasim; o de las continentales Sierra de Gata-Hurdes.
- Problemas en la regeneración natural. En las masas del Sistema Ibérico-Central, la encina regenera abundantemente; en otras, como en la Serranía de Ronda, se produce una alternancia con el alcornoque. El pastoreo no regulado perjudica, e impide en muchas ocasiones, la supervivencia del regenerado.

- Repoblaciones de origen desconocido, tal es el caso de las masas de Fuencaliente o Sierra de Oria. En otras zonas como La Safor, está previsto repoblar próximamente.

Un método efectivo para el mantenimiento de la variabilidad intraespecífica a medio plazo es el almacenamiento de semilla como medida de conservación de recursos *ex situ*; además de constituir una forma segura de disponer de planta ante posibles desastres ambientales. No obstante, siempre que sea posible, debe ir acompañada de otras medidas como son el establecimiento de plantaciones *ex situ* y las medidas de conservación *in situ*, lo que implica la protección legal y real de las áreas. Estas últimas acciones son imprescindibles tanto por los largos períodos de regeneración de las especies forestales como porque es el único modo de conservar el potencial evolutivo de las especies. En el caso del pino negral, la red de rodales selectos e identificados pueden constituirse en una primera red de conservación de recursos de la especie siempre que se asegure la propagación del material a partir de las mismas poblaciones y que la proporción de repoblado en los montes se mantenga en unos niveles adecuados (nunca inferior al 20%).

Como medio de conservación *ex situ*, se ha recolectado semilla de 18 poblaciones durante dos campañas (1994-95 y 1995-96), siguiendo varios criterios (Martín *et al.*, 1997a):

- Un número mínimo de 50 árboles - de características medias, con buena producción de piña y sanos-, separados lo máximo posible para reducir al mínimo la consanguinidad.
- La cantidad de piña recolectada de cada individuo debe ser similar, independientemente de la producción de cada uno.
- La cantidad de semilla a conservar se fijó en 30 kg por población.

Material de base para la producción de material de reproducción identificado

En el catálogo de material de base están registrados 145 montes cuya especie principal es el pino negral. Estos montes están distribuidos en 15 regiones de procedencia (Tabla 7). La condición necesaria para que el material forestal de reproducción adquiriera la categoría identificada es que proceda de una masa natural o bien repoblada de la cual se conozca el origen y que esté inscrita en el Catálogo Nacional.

A partir de este material de base se debe iniciar la selección de masas para la producción de material de reproducción seleccionado. Faltan por incluir montes de las regiones 1a y 1b, 5 (que incluye 5 montes), 10 (con 5 montes), 15 (con 14 montes) y 18 (con 2 montes). Del resto de las procedencias existe una superficie suficiente de material de base incluido en el Catálogo Nacional. Debe, de todas formas, actualizarse la información recogida en este Catálogo.

Tabla 7. Resumen del Catálogo Nacional de material de base para la producción de material de reproducción identificado de *Pinus pinaster* en España.

Región de procedencia	Nº de montes	Superficie (ha)	Provincias
2. Sierra del Teleno	3	105	León
3. Sierra de Oña	3	---	Burgos
4. Sierra de Gata - Las Hurdes	6	2.746	Cáceres, Salamanca
6. Sierra de Gredos	13	12.203	Ávila, Madrid
7. Sierra de Guadarrama	3	---	Ávila
8. Meseta Castellana	45	56.705	Ávila, Burgos, Segovia, Soria, Valladolid
9. Montaña de Soria-Burgos	16	21.210	Burgos, Soria
11. Alcarria	7	8.499	Guadalajara
12. Serranía de Cuenca	7	12.740	Cuenca
13. Rodenales de Molina	11	9.801	Teruel
14. Maestrazgo	3	110	Castellón
16. Levante	5	4.655	Valencia
17. Sierra Segura - Alcaraz	19	9.411	Albacete, Jaén
19. Sierra Almijara- Nevada	2	754	Granada, Málaga
20. Sierra Bermeja	2	3.511	Málaga
TOTAL	145	127.396	

Material de base para la producción de material de reproducción seleccionado. Criterios y caracteres de selección

La selección del material de base ha sido iniciada por los Servicios Forestales de la Junta de Castilla y León, en colaboración con la ETSI de Montes (Gordo *et al.*, 1995) que han propuesto la selección de 14 rodales de cinco regiones de procedencia (Tabla 8).

El primer criterio de selección es la posibilidad de recoger semilla, que se basa en la práctica de los técnicos que seleccionan el material; no se incluyen aquellos rodales en los que la forma de la masa impide recoger semilla por los métodos usuales. Existen zonas, principalmente en las regiones de montaña, en las que las características de la masa (altura de los individuos, espesura trabada, edad de la masa) no hace rentable la recolección. Por otro lado, ha de existir un número de pies suficiente por unidad de superficie para evitar un alto grado de parentesco como para que la recolección sea económicamente viable.

Los siguientes criterios que limitan la selección de los rodales son el origen y estado sanitario, ambos permiten asegurar la adaptación a las condiciones ecológicas en las que habitan, además un estado sanitario deficiente ocasiona que la producción de piña sea escasa.

Tabla 8. Propuesta de Material de Base: Masas y Rodales Selectos de *Pinus pinaster* Ait. en Castilla y León. (Gordo *et al.*, 1995)

Región de procedencia	Código	Localización	Altitud (m)	Longitud	Latitud	Provincia	Superf. (ha)
2. Tabuyo	26/02/001	Tabuyo del Monte	1.100	6° 14'W	42° 18'N	León	23
6. Sierra de Gredos	26/02/001	Arenas de San Pedro	680-700	5° 3'W	40° 12'N	Ávila	25
6. Sierra de Gredos	26/06/002	Casavieja	1.150	4° 46'W	40° 19'N	Ávila	928
6. Sierra de Gredos	26/06/003	Piedralaves	800	4° 44'W	40° 19'N	Ávila	1.835
7. S. Guadarrama	26/07/001	Las Navas del Marqués	1.250	4° 23'W	40° 36'N	Ávila	42
8. Meseta Castellana	26/08/001	Nava de Arévalo	840	4° 44'W	40° 59'N	Ávila	451
8. Meseta Castellana	26/08/002	Turégano	900	4° 2'W	41° 12'N	Segovia	744
8. Meseta Castellana	26/08/003	Nieva	820	4° 25'W	41° 6'N	Segovia	373
8. Meseta Castellana	26/08/004	Tardelcuende	850	2° 38'W	41° 33'N	Soria	3.329
8. Meseta Castellana	26/08/005	Iscar	750	4° 30'W	41° 23'N	Valladolid	108
8. Meseta Castellana	26/08/006	Viloria del Henar	850	4° 22'W	41° 28'N	Valladolid	107
9. Mña. Burgos- Soria	26/09/001	Navaleno	1.100-1.300	3° 0'W	41° 52'N	Soria	2.522
9. Mña. Burgos- Soria	26/09/002	San Leonardo	1.100-1.300	3° 4'W	41° 52'N	Soria	2.517
9. Mña. Burgos- Soria	26/09/003	Casarejos	1.100-1.300	3° 2'W	41° 52'N	Soria	559

Todos estos criterios son evaluados en la fase de preselección. Aquellas masas que los cumplen y que concuerdan con las condiciones ecológicas predominantes en la región de procedencia, pasan a la fase de selección fenotípica.

Los caracteres fenotípicos de selección han sido evaluados a partir de los datos recogidos en 38 rodales de las regiones de procedencia 2, 3, 4, 6, 7, 8 y 9. Los caracteres medidos siguen un borrador preliminar del manual de selección y evaluación de rodales selectos.

En *Pinus pinaster* nos encontramos una mayor variación en la rectitud que en las otras especies evaluadas. Además, este carácter presenta una gran variación entre las procedencias, cuyo control genético a nivel población es alto (Alía *et al.*, 1995). En las masas analizadas las clases mayoritarias de la rectitud son clases claramente deficientes. Los árboles totalmente rectos representan menos del 30 % del total. En las regiones 2, 7 y 9 el mayor porcentaje de árboles corresponde a árboles ligeramente curvados (RC2), y las regiones 7 y 9 tienen un porcentaje mayor de árboles totalmente rectos. Las regiones 3, 4, 6, y 8 presentan árboles más torcidos, siendo mayoritaria la clase de árboles fuertemente curvados (RC5). El grosor de las ramas no es un carácter distintivo, puesto que en general nos encontramos representadas las tres clases, sin apenas diferencia. Esto corresponde a una característica de la especie, y principalmente en la zona analizada, puesto que en otras procedencias el grosor de las ramas es claramente inferior. El pino negral en los rodales medidos presenta ramas horizontales, que es una característica de la especie en árboles de edades maduras. La inclinación es otro defecto importante. Así la clase más alta de inclinación (I3) llega a alcanzar el 17,4% en algunas masas.

La Figura 3 recoge los resultados del análisis factorial. Los tres primeros factores explican el 79.46% de la variación total. El primer factor está relacionado con la rectitud, el segundo con la inclinación, el tercero con el ángulo de ramas, representando el 37.4%, 29.5% y 12.9% de la variación total respectivamente. Lo que indica que éstos son, de los medidos, los que presentan mayor variación y permiten seleccionar las poblaciones.

También recoge la representación gráfica de las poblaciones medidas respecto a los tres primeros ejes factoriales. En ambas figuras las poblaciones situadas en el primer y cuarto cuadrante son las que tienen mayor número de árboles rectos (RC1) y con curvaturas en la copa inferiores al diámetro normal (RC2), mientras las que se ubican a la izquierda del eje de abscisas (tercer y cuarto cuadrante) poseen la mayor proporción de árboles no inclinados y con ángulo de ramas menor de 90°. Por lo que las poblaciones con características fenotípicas más favorables se sitúan alejadas del eje de ordenadas en el cuarto cuadrante, seguidas del primero y las más desfavorables en el segundo cuadrante.

De esta forma, en las regiones de procedencia números 2, 3 y 6 se encuentran las peores poblaciones. La región 9 (excepto un rodal) y un rodal de la 7 tienen las mejores características fenotípicas y los rodales de la región 8 se pueden clasificar tanto en uno como en otro grupo.

	1	2	3
Autovalor	4.1164	3.2501	1.3737
Diferencia	0.8663	1.8763	0.4669
Acumulado	0.3742	0.6697	0.7946

	FACTOR1	FACTOR2	FACTOR3
RC1	0.86212	0.06005	0.01917
RC2	0.85430	-0.41815	0.00866
RC5	-0.94148	-0.04727	-0.00264
RC6	-0.69461	0.55706	-0.01920
GR1	-0.05445	-0.08481	-0.25673
GR2	0.13477	0.14526	0.26013
AR1	0.01572	0.14019	0.95054
AR2	-0.01572	-0.14019	-0.95054
I1	0.09475	-0.94677	-0.16049
I2	-0.07247	0.95466	0.15054
I3	-0.23117	0.28517	0.13480

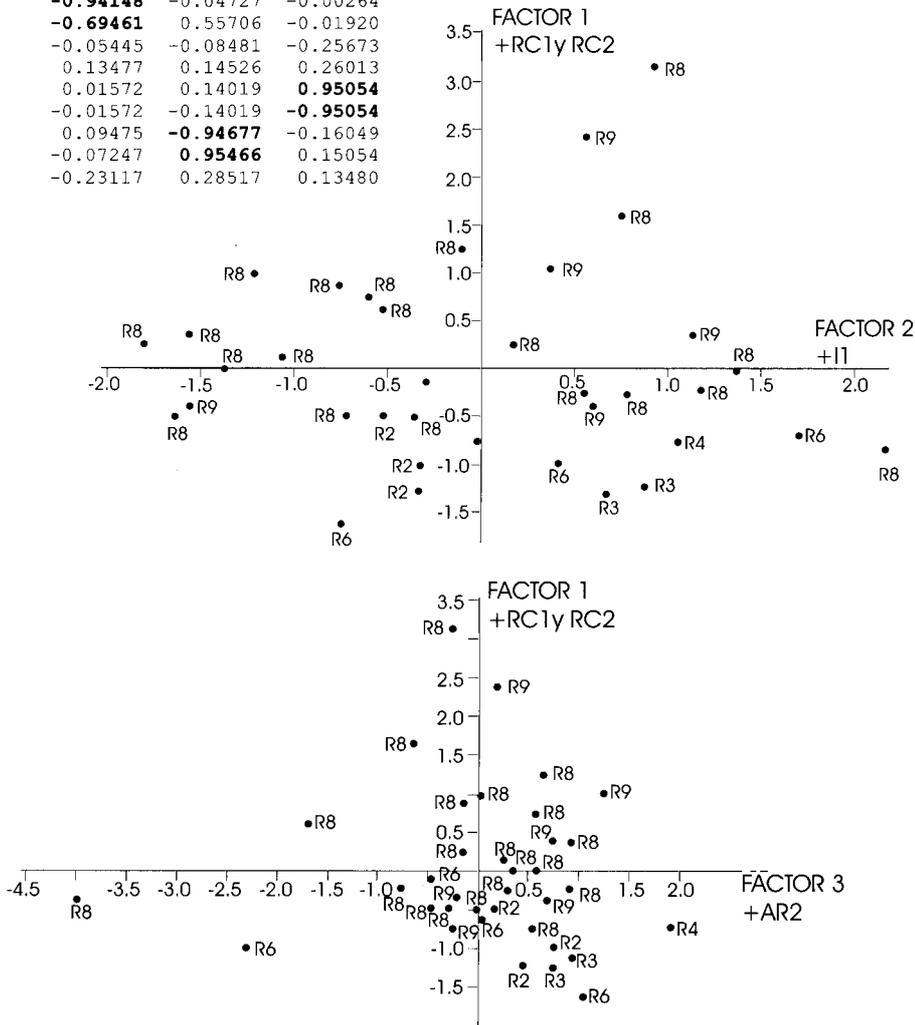


Figura 3.- Tabla descriptiva de análisis de componentes principales (Método de Rotación Varimax) de los rodales selectos de *Pinus pinaster* Ait. y situación respecto a los tres primeros ejes factoriales.

CAPÍTULO 14: EL PINO CARRASCO (*PINUS HALEPENSIS* MILL.)

Introducción

El pino carrasco se puede considerar la especie del género *Pinus* más representativa del medio mediterráneo, por estar ampliamente distribuida por toda la región. Forma un complejo de especies con *Pinus brutia* y *Pinus eldarica* de gran importancia en toda la cuenca mediterránea.

Ecológicamente es el pino más frugal, pudiendo vivir en condiciones de clima y suelo donde no se encuentre ninguna otra especie arbórea. Esto hace que haya sido utilizado frecuentemente para restaurar la cubierta forestal. Aunque vive en condiciones muy pobres, las mejores calidades y crecimientos las alcanza en sitios más lluviosos y de terrenos no muy calizos.

Pueden diferenciarse varios tipos de pinares que condicionan tanto su aspecto como sus aprovechamientos. Siguiendo a Regato (1997) podemos hablar de tres tipos principales.

- *Pinares de zonas basales de ambiente semiárido.* En estas condiciones el pino carrasco presenta un desarrollo moderado, apareciendo sobre un estrato arbustivo más o menos denso, sin llegar a definir nunca una estructura de bosque cerrada. Normalmente predominan los portes raquíuticos y retorcidos.
- *Pinares de zonas basales o medias de ambientes mediterráneos.* El pinar se asienta en exposiciones sur y este más caldeadas y allí donde las condiciones edáficas y el relieve son más desfavorables para el encinar. Se encuentra entre 500 y 800 m sobre margas e incluso yesos constituyendo pinares aclarados con un sotobosque termófilo y rico. En situaciones de clima más contrastado se encuentran bosques con excelente desarrollo, en altitudes hasta los 1.000 m, mezclándose con quejigos y encinas.
- *Pinares de solanas térmicas en ambiente subhúmedo.* Alcanza distintas franjas altitudinales, dependiendo de las condiciones climáticas. Se asientan en afloramientos calcáreos-dolomíticos. Es posible encontrarlo en mezcla con pino salgareño, el quejigo y la encina.

El fin primordial de las masas de esta especie es la protección, quedando en un segundo término la producción, que en general es muy baja (producciones medias de 1 m³/ha/año). La silvicultura aplicada es muy reducida, limitándose a operaciones de limpieza para evitar los incendios forestales. Esto lleva a que la elección de la fuente de semi-

lla para las repoblaciones se base más en la adaptación de ésta que en su producción. Es una especie con escasa variación genética a nivel general, aunque con diferencias entre poblaciones en cuanto a crecimiento y resistencia a la sequía y frío.

En esta especie el turno de aprovechamiento suele ser de 80 años. Las repoblaciones se efectúan mediante plantación con planta de una savia, a densidades iniciales de 1.500 a 2.000 plantas /ha. En masas naturales es difícil observar masas coetáneas, excepto si están ordenadas, dando lugar a masas semirregulares o irregulares, en las que se alternan muchas clases de edad en masas abiertas.

Pinus halepensis ha sido estudiado tanto en sus aspectos edáficos como climáticos (Gandullo, 1972; Gandullo y Sánchez Palomares, 1994), por lo que conocer la adecuación de la especie a una determinada localización no es un problema difícil de resolver. En general la calidad de las repoblaciones con esta especie es mayor en zonas de elevadas precipitaciones totales, principalmente en invierno y primavera, con temperaturas medias del mes más frío próximas a los 8°C, y las del mes más cálido no son demasiado altas. Edáficamente prefiere suelos con una textura del 40% en arena y limo, y de un pH próximo a la neutralidad. Prefiere regolitos no ricos en carbonatos, y suelos bastante descarbonatados. Como señalan estos autores, aunque vive preferentemente en suelos básicos y ricos en caliza, sus mejores calidades no se alcanzan en estas condiciones. Cámara (1997) señala la mayor idoneidad del pino carrasco para fitoclimas áridos, aunque no existe una relación clara entre idoneidad y calidad de estación (Gómez-Loranca *et al.*, 1997). Es decir, desde un punto de vista productivo, los criterios de elección de procedencias pueden no coincidir con los que marcan la persistencia de las masas.

Hay que tener en cuenta, además, que en ocasiones, en sitios con objetivo productivo pueden sustituirse esta especie por otra de mayor calidad como el *Pinus brutia* (introducida con buenos resultados en parcelas de ensayo (Blanco *et al.*, 1972; Tella *et al.*, 1997), o diversas procedencias foráneas de *Pinus halepensis* claramente más productivas que las españolas.

Los tratamientos selvícolas que se aplican en repoblaciones, en las que la producción es mayor, son la realización de clareos y claras a partir de los 15-20 años. Los productos obtenidos suelen ser utilizados para trituración.

Consumo y necesidades de semilla

El consumo realizado por Organismos Oficiales durante el periodo 1980-91 presenta un máximo en 1984 de 8.188 kg de semilla y un mínimo en 1989 de 2.596 kg. La variación en el consumo presenta un factor particular como son los incendios forestales. Una práctica selvícola muy utilizada es el semillado de las áreas quemadas para favorecer la regeneración. La entrada en vigor del RD sobre reforestaciones de terrenos agrarios ha supuesto una estabilización del consumo de semilla, así como una mayor importancia del realizado por organismos o entidades no oficiales, en un valor próximo a los 3.500 kg de semilla/año.

Los valores medios por comunidad autónoma se recogen para el consumo realizado por organismos oficiales en la Tabla 1. En general el consumo se efectúa en comunidades donde existen importantes masas de la especie. El consumo realizado por entidades particulares, al no estar adscrito a ningún ámbito geográfico no puede ser interpretado. Podemos deducir que va dirigido principalmente a extender el área natural de la especie o a ayudar a la repoblación en las masas existentes. Los consumos por CCAA se han utilizado para valorar el origen del consumo.

Tabla 1. Consumo de semilla realizado por particulares y organismos oficiales (total y por comunidades autónomas) de *Pinus halepensis* Mill. durante el periodo 1991-1996

Año	Particulares	Consumo por Organismos Oficiales (por CCAA) en kg/año																	
		Total	Gal	Ast	Can	PV	Nav	Ara	Cat	Val	Rio	CL	CM	M	Mu	Ext	And	Bal	Car
1991	915	3.458	0	0	0	0	0	43	0	2250	4	10	700	5	0	0	446	0	0
1992	1.410	1.949	0	0	0	0	0	643	157	181	2	10	642	0	0	0	308	6	0
1993	1.137	1.350	0	0	0	0	0	30	36	100	0	0	801	0	0	0	355	28	0
1994	2.262	2.681	0	0	0	0	0	260	60	499	10	0	1245	0	0	0	577	30	0
1995	3.052	1.359	0	0	0	0	0	224	167	10	0	0	318	0	0	0	235	405	0
1996	1.222	601	0	0	0	0	0	245	2	0	0	0	156	0	0	0	195	3	0
Media	1.666	1.989	0	0	0	0	0	240,8	70,3	506,7	2,7	0	643,7	0	0	0	352,7	78,7	0

Resulta difícil estimar el consumo futuro de semilla en una especie tan sujeta a factores coyunturales. Por ello, se considera que el valor medio de los últimos es adecuado para estimar el intervalo de superficie necesaria productora de semilla. El almacenamiento de la semilla, muy fácil en estas especies, permitiría cubrir demandas ligeramente superiores a estos valores. Sobre estos valores, desviaciones significativas pueden ser absorbidas por la recolección en una mayor superficie de rodales selectos o de fuentes semilleras.

Producción de semilla

En la Tabla 2 se muestran los valores utilizados por la DGCONA y las estimaciones del aforo de semilla manejadas por el IFIE. Los datos del aforo de semilla señalados por el IFIE, están referidos a cosecha media (definida como la media de las cosechas durante un periodo determinado) y masas en cuya superficie se incluye rasos y áreas en las que existen pies que aún no han entrado en producción. A diferencia del anterior punto, estos valores no están referidos a superficie efectiva de producción. Los datos sobre rendimiento (kg de semilla por ha) en masas naturales han sido contrastados a partir de los datos procedentes de la recolección destinada a los ensayos de procedencia realizados por el CIFOR, en 35 masas naturales, y que se puede estimar entre 1,7 a 11,8 kg/ha en masas no seleccionadas y en un año de baja producción.

Pinus halepensis es una especie muy prolífica, con una elevada producción de semilla y en la que no se observa un efecto de la vecería tan marcado como en otras especies de este género. En el periodo 1989-1995 siempre se alcanza una producción elevada, por encima de los 2.000 kg anuales. La producción en masa comienza a edades tempranas, dando buenas producciones a los 15-20 años. Su producción está marcada tanto por la elevada cantidad de semilla requerida como por los propios usos que se realizan de esta semilla, dirigida en ocasiones a las siembras directas.

La recolección de piñas se efectúa directamente de la copa (por escalada o mediante pértigas), dada la facilidad de acceso en esta especie, o por recogida tras la corta. No existe problema de maduración, pudiendo recogerse en un amplio lapso de tiempo.

Tabla 2. Producción de semilla en masas de *Pinus halepensis* Mill.

Arboles Semilleros/ha	DGCONA	IFIE
	60	
Kg piña/árbol	7-25	
Hl piña/árbol	0,17 - 0,52	
Hl piña/ha	10,2 - 31,2	
Kg piña/hl	40 - 48	
Kg semilla/100 kg piña	2,8 - 3,7	
Kg semilla/ hl	1,1 - 1,7	
Kg semilla/ha	1.53-11,88	0,75 -(1,0)-1,5
Nº semillas /kg	45.000-(51.500)-60.000	
Kg piña/hombre y día:		
Cortas	80 - 96	
Escalada	36 - 96	
Hl piña /hombre y día:		
Cortas	2	
Escalada	0,9 - 2	

La producción y consumo de semilla ha sufrido oscilaciones (Figura 1), aunque no tan importantes como en las otras especies.

En huertos semilleros, gestionados para producir semilla, la producción estimada es de 70 kg de semilla/ha y año (Climent *et al.*, 1997a). Esto indica la enorme potencialidad productiva de estas masas como fuentes de semilla. La realización de rodales semilleros es una alternativa a la producción para esta especie al conjugar la facilidad de gestión de los rodales selectos y la mayor producción.

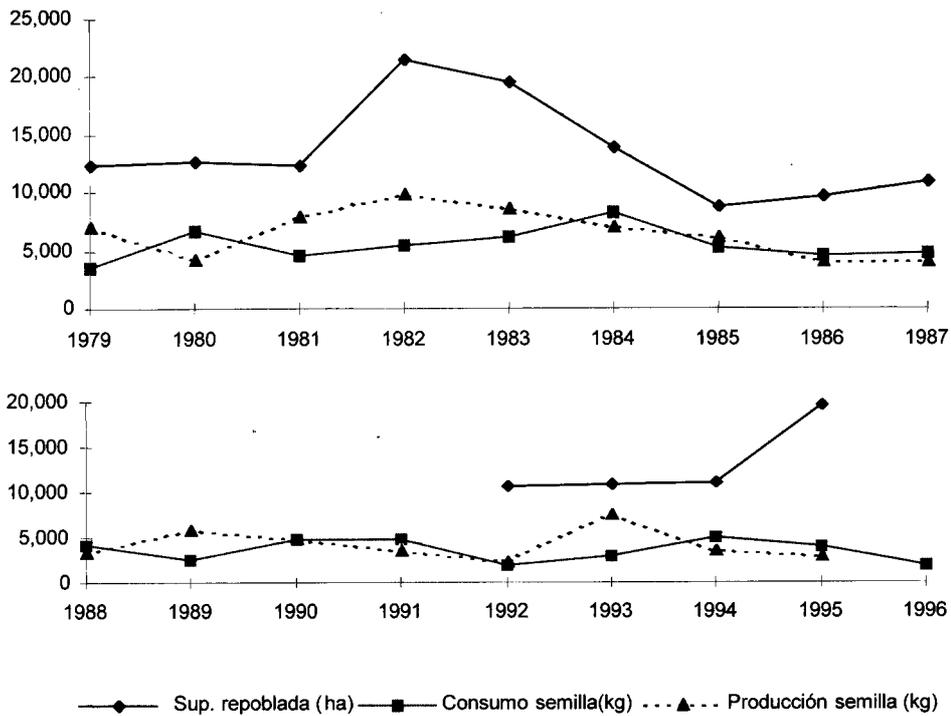


Figura 1.- Superficie repoblada, consumo y producción de semilla de *Pinus halepensis* durante el periodo 1979-1996. (Fuente Servicio de Material Genético, DGCONA)

Estimación de superficie necesaria de áreas productoras de semilla

El cálculo de las necesidades de áreas productoras de semillas se hace en función de la demanda que se quiere satisfacer, cuyo valor medio es de 3.500 kg. La superficie teórica que se puede repoblar con una cantidad de semilla determinada se ha calculado suponiendo 25.750 plantas/kg y repoblaciones de 2000 pies/ha (Tabla 3).

Los rendimientos manejados son los referidos a superficie efectiva de recolección y para el aforo del monte que implican la selección necesaria para poder recoger todos los años esas cantidades.

Tabla 3. Estimación de la superficie necesaria de rodales y masas productoras de semilla de *Pinus halepensis* Mill, y de superficie de recolección para producir una determinada cantidad de semilla o para repoblar una determinada superficie anual.

Cantidad de semilla a recolectar	Superficie teórica de repoblación	Hipótesis sobre producción de semilla en masas de <i>P. Halepensis</i>		
		1,05 kg/ha y año	7,8-35 kg/ha y año	15 kg/ha y año
		Superficie total de masas y rodales	Superficie de recolección	Rodales semilleros
kg /año	ha	ha	ha/año	ha
25	322	23,8	3,2 - 0,7	1,7
100	1.287	95,2	12,8 - 2,8	6,7
250	3.218	238,1	32,0 - 7,1	16,7
500	6.437	476,2	64,1 - 14,3	33,3
1.000	12.875	952,4	128,2 - 28,6	66,7
2.000	25.750	1.904,7	256,4 - 57,1	133,3
3.500	45.062	3.333,3	448,7 - 100,0	233,3

(*) N° de plantas por kg/semilla 25.750, densidad de plantación 2.000 plantas/ha.

Es decir, para suministrar 3.500 kg semilla/año es necesario disponer de un área de recogida anual que oscila entre las 448 ha (para un año de mala cosecha) y las 100 ha (para recogida en un año de buena cosecha).

Regiones de procedencia

Se han delimitado 18 regiones de procedencia para *Pinus halepensis*. Las principales características de estas regiones se recogen en la Tabla 4.

La variación genética de la especie ha sido revisada por Gil *et al.* (1996) haciendo hincapié en los aspectos relacionados con la delimitación de las regiones de procedencia.

Existen dos aspectos importantes relacionados con el uso de la especie. En primer lugar la variación en caracteres relacionados con el crecimiento y la producción y por otro los relacionados con la variación en marcadores neutros.

En *Pinus halepensis* se ha demostrado la existencia de interacción genotipo-ambiente en caracteres relacionados con la adaptación al frío y a la sequía. Por tanto, se puede pensar en una adaptación diferencial de las procedencias a los sitios de ensayo, y por tanto en una especificidad en el uso de las procedencias dependiendo del lugar de origen. En España, la ausencia de datos sobre el comportamiento de las procedencias no permite sacar conclusiones sobre la adaptación de las procedencias. Si que existen pautas de variación en factores adaptativos relacionados con los factores ambientales de los lugares de procedencia, principalmente en cuanto a los ciclos de crecimiento y características morfológicas de piñas y

Tabla 4. Descripción de las regiones de procedencia de *Pinus halepensis* en España (Gil et al., 1996)

Región de Procedencia	Superficie (%)	Altitud	Subtipo Fitoclimático (Allué, 1990)	Factores máximo mínimo			Tipo de sustrato C: Calizo S: Silíceo	
				T (°C)	p (mm)	pe (mm)	Sust rato	pH
1. Alta Cataluña	1,6	0-200	VI(IV) ₄	16,2 15	740 506	43 15	C S	7,0-7,9 6,4
2. Cataluña Litoral	3,2	0-300	IV(VI) ₂	18,7 12,6	744 455	30 11	C	7,0-8,2
3. Cataluña Interior	15,9	400-600	VI(IV) ₁	14,7 11,4	800 539	55 14	C	6,4-8,1
4. Bardenas-Ribagorza	2,4	400-600	VI(IV) ₁ ; VI(IV) ₂	14,4 11,9	859 420	53 16	C	8,1
5. Ibérico Aragonés	5,5	200-600	VI(IV) ₁	17 12,2	493 367	23 17	C	8,1
6. Monegros-Depresión de Ebro	4,8	300-600	IV ₁ ; IV ₃ ; IV ₄	14,8 13,1	458 340	21 12	C	7,7-8,4
7. Alcarria	1,6	600-1000	VI(IV) ₁	14,3 13,3	628 447	15 8	C	7,5-8,3
8. La Mancha	0,8	600-800	IV(VI) ₁	14,3 12,6	508 393	11 6	C	8-8,1
9. Maestrazgo – Los Serranos	14,3	400-1000	VI(IV) ₁	17,6 12,3	637 407	34 7	C	7,9-8,2
10. Levante Interior	15,9	400-900	IV ₃ ; IV ₄	17,1 13	569 447	23 5	C	7,5-8,4
11. Litoral Levantino	14,3	0-600	IV ₂ > IV(III)	19,4 16,4	736 425	14 4	C	6,9-8,3
12. Pitiusas	2,4	0-400	IV(III)	18,7 17,5	447 408	8 3	C	7-8,5
13. Sudeste	1,6	0-400	IV(III); IV ₁	19,6 17,5	355 273	7 1	C	8,2
14. Bética Septentrional	14,3							
14a. Norte		600-1200	IV ₁ ; IV ₃	17 13	443 277	12 5	C	8,1-8,3
14b. Centro		600-1200	IV ₃ ; IV ₄	16,1 12,9	488 361	10 6	C	8,1-8,2
14c. Sur		600-1200	IV ₁ ; IV ₃ ; IV ₄	17,7 11,4	550 341	7 2	C	7,6-8,5
15. Bética Meridional	1,6	800-1200	IV ₃ ; IV ₄	15,8 12,5	788 396	8 0	C	7,8-8,4
16. Cazorla	0,8	600-800	IV ₄ ; VI(IV) ₂	16,6 11,4	837 639	8 3	C	7,7-8,1
17. Sur	2,0	200-1200	IV ₃ ; IV ₄	20 14,3	1214 448	2 0	C	8,5
18. Mallorca y Menorca	5,6							
18a. Mallorca y Cabrera		0-700	IV ₂ ; IV(VII)	17,3 16,6	653 437	8 3	C	7-8,5
18b. Menorca		0-350	IV ₂	17,7 16,2	637 609	4 2	C	7-8,5

piñones (Agúndez y Alía, 1997) y en la variación mostrada en marcadores (Agúndez *et al.*, 1997; Gómez, 1998). Al tratarse de una especie de colonización reciente, el nivel de variación de la especie es bajo en comparación a otras especies de este mismo género. Sin embargo, en España la variación entre poblaciones es relativamente importante en comparación a otras especies del mismo género. La existencia de tendencias claras de variación Norte-Sur y su estructuración en tres grupos principales de procedencias permite aceptar la división de procedencias como medio de asegurar una mayor homogeneidad del material para comercializar. Estos resultados permiten predecir la existencia de una variación clinal en estas características, relacionados con los principales factores ambientales de la especie: aridez y termofilia.

Actuaciones de mejora

En *Pinus halepensis* se puede comercializar todo tipo de materiales forestales de reproducción, lo que hace mucho más versátil la elección de los materiales de base. En la estrategia seguida se considera que lo deseable es disponer, al menos, de material de base para la obtención de material de reproducción seleccionado. Esto es debido a que se asegura un mayor control al usuario, que dispone de mayor información cuando va a utilizar dicho material. El material de base para la producción de material de reproducción identificado sirve para cubrir demandas extraordinarias o de regiones poco usuales. En esta especie se requieren bajas superficies productoras de semilla debido a la elevada producción de piña. La gestión de éstas para destinarlas a rodales semilleros no es tan importante como en el pino silvestre o el salgareño.

Actualmente no contamos con información de ensayos para predecir el comportamiento de procedencias de la especie a distintos lugares. Por ello hemos de basarnos en una homologación ecológica de las masas. Todas las regiones se recomiendan para uso dentro de su región de procedencia, al asegurar la adaptación de las masas. En este sentido, podemos definir grandes grupos fitoclimáticos, tales como los señalados en la Tabla 5.

Tabla 5. Recomendaciones de uso de las procedencias de *Pinus halepensis* Mill. según subtipos fitoclimáticos.

Fitoclima	Región de procedencia
Mediterráneo infra-arbóreo	Región 13
Transición entre mediterráneo infra-arbóreo y nemoral	Región 6
Transición entre fitoclima mediterráneo infra - arbóreo y arbóreo	Regiones 10, 11, 15 y 16
Transición entre fitoclima mediterráneo arbóreo y nemoral	Regiones 2, 7 y 1.
Nemoral típico	Regiones 3, 4 y 9.

Como herramientas para ayudar en la elección de la procedencia y para estimar la posibilidad de uso de cada procedencia se recoge la homologación fitoclimática de las masas y la extensión de estos resultados a las regiones de utilización e identificación del material de reproducción. El ámbito fitoclimático de la especie se define por los valores máximo y mínimo de cada factor fitoclimático en 142 estaciones meteorológicas situadas en la proximidad de masas naturales de la especie. Cada estación se ha clasificado por región de procedencia, estando representada cada región por al menos 3 estaciones, excepto la región 8 (La Mancha) y la 12 (Pitiusas) que se han excluido por no cumplir este requisito.

Se ha realizado la homologación, a partir del indicador de idoneidad, utilizando una base de datos con los factores fitoclimáticos de 622 estaciones. Cada estación se ha situado dentro de las regiones de identificación y utilización de material forestal de reproducción (RIU). De las 622 estaciones, no son homólogas 129 (es decir, no se encuentran dentro del ámbito de la especie *Pinus halepensis* y por tanto no se recomienda el uso de esta especie) y 82 presentan algún factor análogo. Es decir, se homologan en distinto grado 411 estaciones (incluidas las 142 de las masas naturales), de las cuales 269 estaciones son de fuera del área natural de la especie (57% de las estaciones analizadas).

Las recomendaciones se han restringido a las regiones de mayor interés, eliminando por tanto muchas de estas homologaciones de escaso uso. En general, dentro de una región de procedencia se recomienda la local, aunque no siempre sea ni la más productiva ni estos seguros de que sea la más adaptada. Los ensayos de procedencias permitirán precisar esta información. Además se incluyen las recomendaciones de regiones homólogas ecológicamente y de masas de la mejor calidad posible.

Las regiones cuya semilla tiene mayor demanda son las que tienen una zona potencial de uso amplia fuera de su área natural. Entre ellas, las mayoritarias son las regiones de procedencia no. 9, 10 y 14. Toda la información se ha resumido en la Figura 2.

Las 18 regiones delimitadas no tienen la misma importancia para la mejora de la especie, y tampoco son las mismas las actuaciones a realizar en cada una de ellas. Para efectuar una aproximación a esta estratificación de las procedencias hemos de basarnos en una serie de datos como son los siguientes: las zonas de utilización de cada una de las procedencias, la demanda y consumo de semilla de cada una de las regiones y sus características fenotípicas o genéticas. En la Tabla 6 se resumen las actuaciones previstas para *Pinus halepensis*.

Se ha realizado una asignación del consumo de semilla proporcional a la superficie de la región de procedencia y observando las RIU en que puede ser utilizada cada una de las regiones. Esta asignación adolece, por tanto, de precisión pero nos permite realizar una asignación preliminar (matizada por la propia experiencia) sobre la importancia de las distintas regiones y la cantidad de semilla que hemos de obtener de ellas.

Las regiones litorales catalanas, **Alta Cataluña (RP 1)** y **Cataluña litoral (RP 2)**, integran las masas gerundenses del Ampurdán y los pinares diseminados a lo largo de la franja costera desde la desembocadura del río Tordera hasta el límite meridional de la provincia de

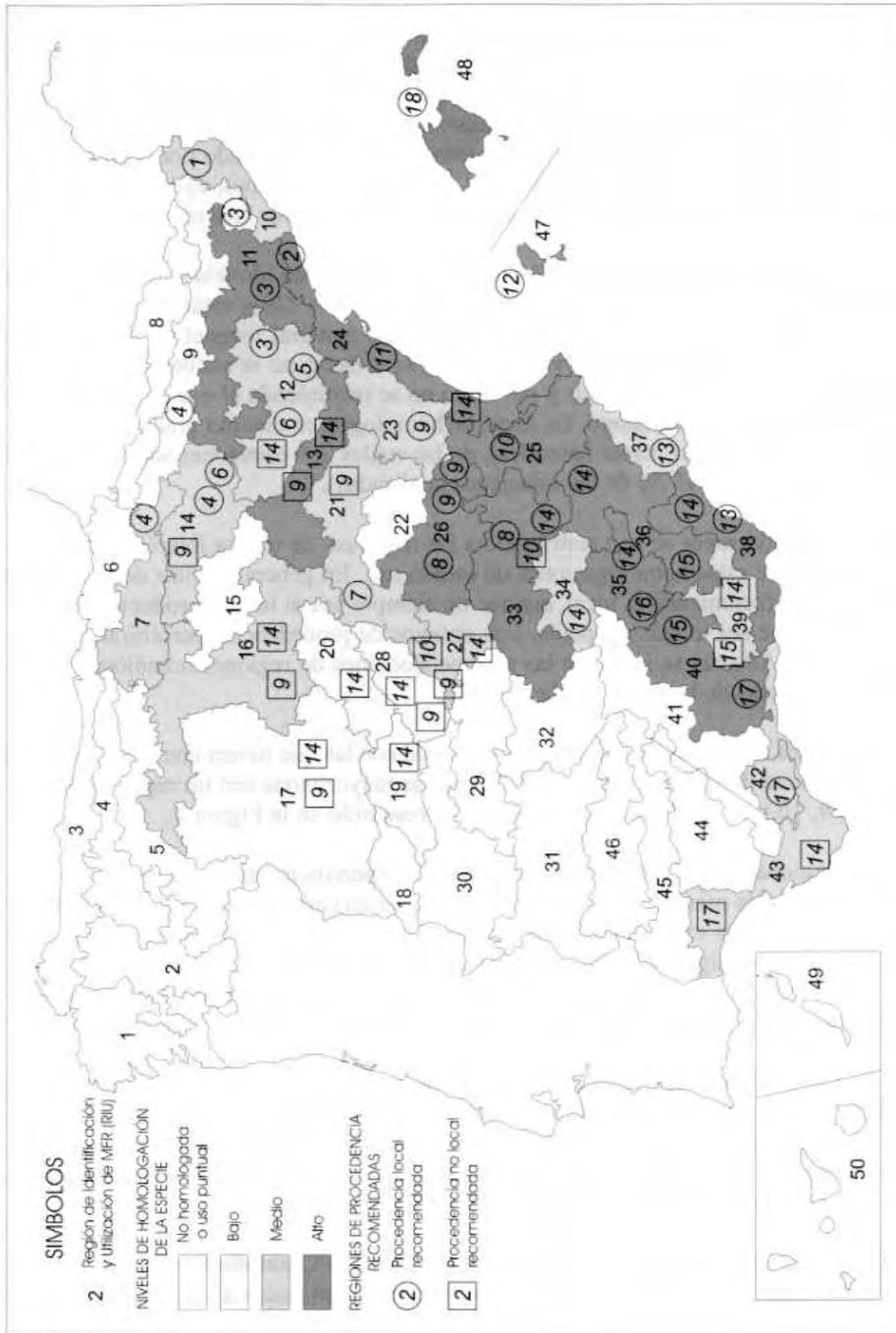
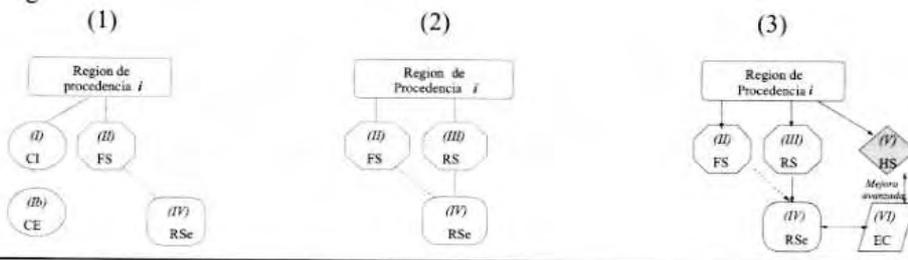


Figura 2.- Recomendaciones de uso del material de reproducción de *Pinus halepensis* Mill. por Regiones de Identificación y Utilización.

Tabla 6. Actuaciones previstas por región de procedencia, para *Pinus halepensis*

	Regiones de procedencia de Pino carrasco																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Superficie (%) ¹	1,6	3,2	15,9	2,4	5,5	4,8	1,6	0,8	14,3	15,9	14,3	2,4	1,6	14,3	1,6	0,8	2,0	5,6
Consumo de semilla ²	*	**	**	***	***	***	***	**	*****	*****	*****	**	-	*****	***	**	***	***
No. subpoblaciones	3	3	3	3	4	3	4	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Uso fuera de su área. ³	-	**	***	**	*	*	*	-	**	**	*	-	*	***	**	*	*	*
Prioridad de conservación ³	***	**	*	**	*	*	**	***	*	*	*	**	****	*	**	***	**	*
MBI ⁴	*	**	**	***	***	***	***	**	*****	*****	*****	**	-	*****	***	**	***	***
MBS ⁵	*	**	**	***	***	***	***	**	*****	*****	*****	**	-	*****	***	**	***	***
Rodales semilleros				**	**	**	**		**	**	**			**	**		**	**
Huertos semilleros					*		*		**									
Ensayos procedencia	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Ensayos progenie					*		*		*									
Caracter. molecular	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Conservación <i>in situ</i> ⁶	**	**	*	*	*	*	*	**	*	*	*	*	**	*	*	***	**	*
Conservación <i>ex situ</i> ⁶	***	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	***	*	*	***	*	*
Estrategia	1	2	2	2	3	2	3	2	3	2	2	2	1	2	2	1	2	2
Subpoblaciones	I	II	II	II	III	II	III	II	III	II	II	II	I	II	II	I	II	II
	II	III	III	III	IV	III	IV	III	IV	III	III	III	II	III	III	II	III	III
	IV	IV	IV	IV	V	IV	V	IV	V	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV
					VI		VI		VI									

Estrategias:



1 Gil et al. (1991)
 2 * <0-20 g/año, **21-100 kg/año; ***101-250 kg/año; **** 251-500 kg/año; *****501-900 kg/año
 3 * poco importante, ** medio, *** alto, ****muy alto
 4 Material de base para la producción de material de reproducción identificado
 5 Material de base para la producción de material de reproducción seleccionado.
 * <19 ha; ** <95ha; *** <238 ha; **** <476 ha; ***** <856 ha (basada en el consumo actual)
 6 * no necesarias, ** necesarias, *** urgentes, **** muy urgentes

Tarragona. Su climatología, sometida a la influencia del Mediterráneo dentro del ámbito fitoclimático mediterráneo subnival IV(VI)₂, se caracteriza por la existencia de inviernos suaves, escasez de heladas y ausencia de fuertes contrastes térmicos, con un período de sequía estival moderado y precipitaciones equinocciales abundantes. La litología la componen materiales sedimentarios mesozoicos y terciarios de sustrato básico sobre los que se han desarrollado suelos poco evolucionados: regosoles en las zonas más elevadas ampurdanesas y cambisoles calcáricos en la llanura litoral. La región de alta Cataluña es de uso local, presentando un consumo de semilla casi despreciable, por lo que no son necesarias casi actuaciones de mejora, o la selección de 10 ha de rodales selectos. Por el contrario Cataluña litoral tiene una gran amplitud de uso, en toda la zona mediterránea norte. El consumo de semilla es bajo, por lo que únicamente se necesitan unas 20 ha de rodales selectos, aunque conviene disponer de 2 ha de rodales semilleros.

Distribuidas por las laderas de la Cordillera Costera Catalana y las sierras nororientales del Sistema Ibérico, separadas geográficamente por el Ebro pero con gran homogeneidad ecológica, encontramos los pinares que integran las regiones denominadas **Cataluña interior (RP 3)** e **Ibérico aragonés (RP 5)**. Climáticamente se caracterizan por estar sometidas a mayores rigores de continentalidad que las del litoral, moviéndose en los ámbitos fitoclimáticos nemoromediterráneos genuinos VI(IV)₁ y VI(IV)₂, sometidas a períodos prolongados de helada segura. Las masas que en ambas regiones descienden hacia la depresión del Ebro se ven afectadas por las condiciones de xericidad de la zona con precipitaciones anuales que apenas sobrepasan los 400 mm. Estas sierras litorales presentan litologías mesozoicas y terciarias entre las que afloran puntualmente materiales ácidos hercínicos elevados en la orogenia alpina: granitoides, cuarcitas, pizarras y arenas silíceas. El pinar se desarrolla sobre suelos poco evolucionados del grupo de los cambisoles, sobre todo calcáricos, con un considerable contenido de caliza activa, formando bosques con un estrato arbóreo de 20-25 metros, bajo el que se desarrolla un rico sotobosque de arbustos esclerófilos. Las dos procedencias son de uso local, o de posible uso en regiones con importantes masas naturales de la especie. El consumo de semilla es moderado, por lo que se necesita disponer de al menos 8 ha de rodales semilleros en cada una de ellas, o de 90 ha de rodales selectos.

Hacia el oeste, el pino carrasco remonta el Ebro, en las regiones de **Monegros-Depresión del Ebro (RP 6)** y **Bárdenas-Ribagorza (RP 4)**, formando pequeños enclaves en los cerros y escarpes erosionados de las estribaciones prepirenaicas evitando las fuertes inversiones térmicas de las zonas más deprimidas de la cuenca. El fitoclima característico de estas depresiones interiores es el IV₁, caracterizado por heladas persistentes durante un prolongado período de hasta 7-8 meses y una acusada sequía estival. Estas condiciones extremas se suavizan en las masas que alcanzan el prepirineo y se desarrollan en condiciones de mayor precipitación anual y menor aridez estival. La litología terciaria de sustrato básico es mayoritaria en estas regiones. Sobre ella se desarrollan suelos calcimórficos de escasa evolución y muy carbonatados, mayoritariamente regosoles y cambisoles calcáricos. Su uso puede efectuarse en zonas con masas naturales de otras regiones, por lo que se puede considerar una procedencia de uso local. El consumo de semilla es medio, y actualmente se está llevando a cabo un programa de mejora para la primera de las regiones (Notivol, 1997), con la selección de individuos e instalación de un huerto semillero. También se han selec-

cionado rodales selectos, necesitándose disponer de una infraestructura de 200 ha de rodales selectos o 20 ha de rodales semilleros para cada una de las regiones.

En Levante volvemos a encontrar una disposición geográfica regional muy similar a la catalano-aragonesa: una franja litoral, dos regiones diferenciadas geográficamente sobre orografías del Sistema Ibérico y otras dos regiones que integran masas marginales de la especie.

Hacia el interior, *P. halepensis* forma extensas masas, como especie dominante, en las sierras surorientales del Sistema Ibérico y las primeras estribaciones prebéticas alicantinas, diferenciadas en dos regiones de procedencia, climáticamente sometidas a un doble gradiente norte-sur, este-oeste. En **Maestrazgo-Los Serranos (RP 9)**, al norte, las situaciones frescas y húmedas, del nemoromediterráneo genuino VI(IV)₁ van transformándose en cálidas y secas, hacia el sur, en el ámbito mediterráneo genuino de los subtipos IV₄ y IV₃. De este a oeste, el alejamiento de la influencia litoral tiene como consecuencia mayores efectos de continentalidad. La litología mesozoica de caliza, dolomía y margas, característica de todas estas sierras, ha generado suelos fuertemente carbonatados del grupo de los calcisoles. Esta región es una de las de más amplio uso, tanto fuera como dentro del área de distribución de la especie. El consumo de semilla es muy elevado (cerca de los 1.000 kg/año). Por tanto, además del huerto semillero actualmente instalado es necesario disponer de rodales selectos (casi 900 ha), combinado con rodales semilleros para incrementar la producción y facilidad de recogida de la piña (60 ha). La procedencia situada más al sur, **Levante interior (RP 10)** es de uso más localizado en las zonas próximas a la misma región de procedencia, y presenta un consumo medio. Son necesarias 250 ha de rodales selectos.

Alejadas y aisladas geográficamente de las anteriores, las regiones **La Mancha (RP 8)** y **Alcarria (RP 7)** integran las masas que han progresado hacia el interior peninsular, ascendiendo los valles fluviales, teniendo que adaptarse a condiciones climáticas de fuerte continentalidad. Las dos son de uso local, y con consumos moderados de semilla. Se necesita disponer de al menos 100 ha de rodales selectos de cada una de las regiones. Las masas de la Alcarria constituyen la máxima penetración natural de la especie hacia el interior de la meseta. Dentro de ellas se han de marcar áreas de conservación *in situ*, que coincidan con los rodales selectos.

La región **Litoral Levantino (RP 11)** integra los pinares cercanos a la costa castellonense y valenciana que ascienden desde el nivel del mar hasta los 600-800 metros de altitud. Las influencias marítimas mediterráneas en estas latitudes determinan el ámbito fitoclimático del subtipo IV₂, caracterizado por temperaturas suaves en invierno, con escasas heladas, y veranos cálidos con prolongado período de sequía. Es una región de relativa importancia superficial, aunque de uso casi estrictamente local. El consumo de semilla es importante, necesitándose 250 ha de rodales selectos, ó 20 ha de rodales semilleros.

El pino carrasco continua su expansión hacia el sur a través de las Cordilleras Béticas. La primera región diferenciada en ellas, **Bética Septentrional (RP 14)**, integra las masas diseminadas por las pequeñas sierras del sector prebético desde el sur de Albacete hasta la

Sierra de las Estancias. Su dispersión geográfica, a pesar de la relativa homogeneidad ecológica de la región, ha hecho aconsejable dividirla en tres unidades diferenciales: **Norte**, **Centro** y **Sur**. Está asentada sobre materiales mesozoicos en las sierras y depósitos terciarios en las depresiones. La litología dominante, muy carbonatada, la componen calizas, dolomías, margas y conglomerados. Sobre este sustrato los suelos generados son de evolución media y muy básicos: cambisoles calcáricos y calcisoles. Los pinares de esta región se desarrollan bajo condiciones climáticas mediterráneas genuinas en el ámbito de los subtipos IV₁, IV₃ y IV₄, caracterizados por veranos calurosos e inviernos templados, siendo más frescos en las zonas culminales de las sierras. Las heladas se dan únicamente de manera esporádica y las precipitaciones suelen alcanzar máximos invernales desplazándose al otoño en las zonas más cercanas al litoral. En general oscilan entre los 300-550 mm anuales. En esta gran variedad ambiental encontramos al pino carrasco como colonizador de suelos deforestados o como cubierta permanente en situaciones de alta xericidad. Son muy habituales los bosques mixtos de encina y pino producidos por la colonización de los claros del encinar, en encinares alterados; al haber menguado la presión de pastores y leñadores. Es una de las regiones de mayor amplitud de uso de las del sur. El consumo de semilla es elevado (próximo a los 800 kg), por lo que es necesario disponer de aproximadamente 800 ha de rodales selectos.

Las regiones de **Bética meridional (RP 15)**, **Cazorla (RP 16)** y **Sur (RP17)**, integran las masas que se dispersan hacia el sur por las laderas y depresiones de las morfologías del Sistema Bético. En un territorio tan amplio y complejo la variedad litológica es grande, aunque el carrasco sigue asentándose preferentemente sobre los materiales calcáreos mesozoicos de las sierras y los sedimentos terciarios y cuaternarios, de sustrato básico, en las depresiones y casi siempre sobre suelos poco evolucionados y fuertemente carbonatados. La extensión territorial también determina variabilidad climática, si bien el ámbito fitoclimático mediterráneo genuino IV₄ es factor común en las tres regiones. Un factor importante en la climatología de la zona es el aporte de precipitación proporcionado por los frentes atlánticos que penetran por el sur, amortiguado en las masas más orientales por la sequedad de los vientos de levante.

De norte a sur la calidad y características del pinar también presentan rasgos diferenciales. Cada región presenta rasgos peculiares en la calidad y extensión de las masas que integra. En la región Sur el pino carrasco ha sido muy utilizado en repoblación, sin embargo las masas naturales aparecen muy dispersas y reducidas. En la **Bética Meridional** el pino aparece desde la orla basal de las montañas, en torno a los 600 m, y asciende hasta los 1100-1200 m, llegando a los 1400 m en Sierra Mágina. Ocupa siempre las zonas más secas y los peores suelos. Es una región de uso local, siendo el consumo de semilla bajo. Basta con disponer de rodales selectos de la especie (100 ha). El pinar es el elemento característico del paisaje de **Cazorla**, donde ocupa siempre las zonas más bajas de la sierra en compañía del negral y salgareño en el que encuentra su límite superior. *P. halepensis* desarrolla en esta región las masas de mejor calidad de la península. A pesar de la calidad de sus masas, es de uso local en las proximidades de su área de origen. El consumo de semilla es bajo, por lo que únicamente es necesario disponer de unas 60 ha de rodales selectos. En el litoral mediterráneo, a sotavento de las formaciones béticas, la región Sur engloba las masas situadas en



Distintos aspectos de las masas naturales de Pinus halepensis: Villajoyosa (Alicante) en la región de procedencia Sudeste (foto 1), Ricote (Murcia) en la región de procedencia Bética septentrional (foto 3) y Cerro de la Bucentina (Jaén) en la región de procedencia Cazorla (foto 4). La fotografía 2 ilustra una repoblación con pino carrasco en Coto Ríos, en la misma región, donde la especie alcanza las mejores calidades de esta especie.

las comarcas más áridas de la península. El ámbito fitoclimático subsahariano IV(III), genérico en toda la región, se caracteriza por recibir precipitaciones que apenas alcanzan los 350 mm anuales y un período de sequía estival que puede prolongarse durante 5-7 meses. Bajo estas condiciones apenas pueden desarrollarse suelos y los procesos de descarbonatación de los materiales básicos (calizas, dolomías y margas mesozoicas y terciarias) es lento y escaso, manteniendo proporciones de caliza activa entre el 40 y 60 por ciento. En función de estas características, es una región de estricto uso local. El consumo de semilla es moderado, necesitándose unas 140 ha de rodales selectos de esta especie, que pueden ser utilizadas como áreas de conservación *in situ*.

El aislamiento geográfico insular, unido a las peculiaridades ecológicas en clima y suelo que presentan las diferentes islas del archipiélago balear, ha originado la designación de dos regiones de procedencia. La primera, región **Pitiusas (RP 12)**, incluye a las islas meridionales de Ibiza y Formentera. Los pinares se distribuyen por todo el territorio cubriendo su escasa orografía. La litología mesozoica de materiales calcáreos es muy similar a la que encontrábamos en las Béticas, de las que las islas meridionales son prolongación estructural. Los suelos generados son de poca evolución por la aridez del ámbito fitoclimático mediterráneo subsahariano que afecta a toda la región y que ha propiciado el desarrollo de la vegetación acusadamente xerófila de las dos islas. Su uso es estrictamente local, con un consumo muy bajo de semilla, que puede ser abastecido por rodales selectos de la misma región (40 ha).

La región de **Mallorca y Menorca (RP 18)** incluye el conjunto insular septentrional subdividido a su vez en dos unidades diferenciales: Mallorca y Cabrera y Menorca. La isla de Mallorca es la más grande y variada del archipiélago balear. El pinar se dispersa por toda la isla en masas que crecen entre el nivel del mar y los 700 metros, alcanzando puntualmente mayores altitudes en la sierra. La influencia de los diversos frentes meteorológicos que afectan a la zona ha generado dos ámbitos fitoclimáticos bien definidos. En una estrecha franja, al sur de la isla, dominan las xéricas condiciones mediterráneas subsaharianas. El resto de la isla se ve afectada por las condiciones del mediterráneo genuino IV₂, típico de todo el litoral levantino, más húmedas y suaves. El pino se desarrolla en las diversas condiciones de la isla, estando presente en numerosos tipos de cubierta vegetal y siendo acompañante habitual del encinar. La isla de Menorca, prolongación estructural del Sistema Pirenaico, se diferencia del resto del archipiélago por poseer una litología mucho más compleja y heterogénea, con un sector septentrional, Tramuntana, en el que alternan materiales paleozoicos y mesozoicos, muchos de ellos de carácter ácido, y una amplia franja meridional constituida por calcarenitas y conglomerados terciarios postorogénicos, de carácter básico. La presencia de sustrato ácido, unido a las condiciones de xericidad, acrecentadas por la constancia de los vientos de componente norte y este durante gran parte del año, acentúan la personalidad diferencial de la isla que presenta una flora exclusiva frente a las demás. El pinar, muy alterado, presenta baja densidad en las masas dispersas por toda la isla. En esta región cuyo uso debe circunscribirse a la misma región, el consumo es bajo, pudiendo abastecerse a partir de 100 ha de rodales selectos que pueden servir de zonas de conservación *in situ*.

Material de base para la producción de material forestal de reproducción identificado

En la actualidad en el Catálogo de Material de Base identificado están registrados 144 masas pertenecientes a 16 regiones de procedencia, tal como aparecen recogidos en la Tabla 7.

Tabla 7. Material de base identificado incluido en el Catálogo Nacional (actualizado a Diciembre de 1996).

Región de procedencia	Nº. montes	Provincias
1. Alta Cataluña	7	Girona
2. Cataluña Litoral	10	Girona, Tarragona, Barcelona
3. Cataluña Interior	8	Tarragona, Barcelona, Lleida
4. Bardenas Ribagorza	1	Zaragoza
5. Ibérico Aragonés	4	Teruel
6. Monegros- Depresión del Ebro	4	Zaragoza, Teruel, Castellón
7. Alcarria	4	Guadalajara, Cuenca, Madrid
9. Maestrazgo- Los Serranos	15	Cuenca, Valencia, Castellón
10. Levante Interior	23	Albacete, Valencia, Alicante, Castellón
11. Litoral Levantino	15	Alicante, Valencia, Castellón
13. Sudeste	1	Alicante
14. Bética Septentrional	28	Albacete, Murcia, Alicante
15. Bética Meridional	10	Jaén, Albacete, Granada, Almería
16. Cazorla	5	Jaén
17. Sur	7	Granada, Málaga
18. Mallorca y Menorca	3	Baleares

Material de Base para la producción de material de reproducción Seleccionado. Criterios y caracteres de selección

De los montes de origen identificado, se han visitado 79 en el periodo 1995-1996 pertenecientes a 11 regiones de procedencia. Se han preseleccionado 40 masas. Se han rechazado las restantes por incumplimiento de uno o varios de los criterios generales o particulares. El criterio que más ha condicionado la preselección ha sido la autenticidad, debido al elevado número de hectáreas repobladas en que se desconoce el origen de semilla. También existen repoblaciones dentro o bordeando masas naturales. La accesibilidad ha sido la segunda causa de rechazo, por la dificultad de acceso para efectuar una recogida comercial de semilla. Por ejemplo, en la región Cazorla los árboles presentan un estado sanitario aceptable, con fustes rectos sin bifurcar. Sin embargo en la mayoría de los montes existen repoblaciones de origen desconocido, además de una gran escasez de pistas. Aplicando los criterios de autenticidad y accesibilidad en esta región no se seleccionaría ningún rodal

selecto. Las masas del Parque Natural de Sierra Espuña (RP 14) son en gran parte repoblaciones efectuadas con semilla de la misma región de procedencia, que presentan una gran calidad de fustes. Al haber sido preseleccionadas las masas de donde procede la semilla, no se han incluido las masas de Sierra Espuña.

La aproximación al estudio de los caracteres de selección de rodales en *Pinus halepensis* se ha realizado mediante la caracterización fenotípica de 13 masas pertenecientes a 6 regiones de procedencia. La metodología seguida es la descrita por Galera *et al.* (1997). Las edades de los rodales se encuentran en las clases de edad de 40 a 60 y de 60 a 80 años, con valores extremos de 31 y de 116 años.

El estado sanitario es bueno con un porcentaje de árboles sanos que oscila entre 93,75% y 100%; salvo en las poblaciones de Zuera (región 6), Luna (Región 4) y Peña Quesada (Región 15) en las que el porcentaje de árboles atacados y enfermos es de 90,7%, 41,7% y 16,7% respectivamente. En las dos primeras predominan los ataques de muérdago, mientras que en la última son los hongos de pudrición - aparecen en árboles que superan los 70 años- los causantes del deficiente estado sanitario. Los rodales caracterizados en la región 14 y los montes visitados en la 16 han sufrido el ataque de escolítidos, pero en las zonas muestreadas no se ha detectado debido a las cortas de policía para sanear las masas. La existencia de esta gran variación implica que se considere como criterio esencial en la selección de masas y rodales. Considerando a la especie en su conjunto, los rodales de las regiones 4, 5 y 15 no deberían seleccionarse dado su deficiente estado sanitario. Sin embargo, las masas de las regiones 4 y 5 presentan una generalizada presencia de muérdago. Aún así, el rodal de Luna presenta un 40,7% de los árboles atacados y el de Zuera un 90,7%. Por tanto, no deben seleccionarse hasta que se determine el control genético de esta susceptibilidad o la imposibilidad de elegir rodales con ausencia de este parásito, por estar influida por características ambientales y por la edad de la masa. El rodal de la región 15 presenta un porcentaje de árboles sanos superior a los anteriores (83,3%). Las mediciones muestran que los árboles dañados superan los 70 años de edad. La defoliación de las copas afecta principalmente a las acículas más viejas (clase 3). El porcentaje de árboles con defoliación más intensa se produce en aquellas poblaciones con un estado sanitario deficiente y que han soportado un periodo de sequía prolongado. Por tanto, es un buen indicador de la adaptación de las masas a las características del medio.

Las masas de las restantes regiones de procedencia presentan buen estado sanitario, buena regeneración y un vigor medido en altura y diámetro normal similar, por lo que serían seleccionados todos ellos.

Tienen gran importancia también los caracteres de forma. Todas las clases (6) en las que se ha dividido la rectitud están representadas en las poblaciones medidas. Son mayoritarios los árboles tortuosos, con curvaturas inferiores al diámetro normal en dos tercios o a lo largo de todo el fuste (clase 4). La frecuencia de esta clase es muy variable, desde el 12,1% (La Sierra, 24/10/V/004) al 53,5% (Zuera, 24/05/Z/001). El porcentaje de árboles totalmente rectos oscila entre el 18,6% en la población de Zuera y el 63,3% en la masa de Luna.

En la bifurcación también existe una gran variación, estando representadas todas las clases diferenciadas. Los árboles sin bifurcación o bifurcados ya en la copa son mayoritarios. Sin embargo, las poblaciones del sur (regiones 14 y 15) tienen el mayor porcentaje de árboles con ahorquillamiento en la parte media del fuste.

Los tres primeros factores explican el 78.71% de la variación total (Figura 3), siendo la bifurcación (a través de la frecuencia de las clases 1, 2 y 3), la rectitud (clases 4 y 5), el ángulo de ramas y la inclinación las variables que maximizan la varianza entre las masas estudiadas, y por tanto permiten establecer los criterios mínimos de selección.

La representación de los caracteres fenotípicos de las masas de *Pinus halepensis* se presenta en la Figura 3. En ellas se representan las masas caracterizadas sobre los tres primeros factores principales obtenidos a partir de los caracteres fenotípicos de las masas. Se observa una estructuración de la variación entre procedencias. El mayor porcentaje de árboles con bifurcación en la parte media del fuste (B3), ángulo de ramas recto (AR1) y curvaturas superiores al diámetro normal (R5) separan las procedencias 14 y 15 de las restantes. Las poblaciones de las regiones 4 y 5 se separan de las de las regiones 9 y 10 en el mayor porcentaje de árboles con bifurcación en la parte de la copa (B2).

	1	2	3
Autovalor	5.7782	3.5832	2.4457
Diferencia	2.1950	1.1374	1.1694
Acumulada	0.3852	0.6241	0.7871

	FACTOR1	FACTOR2	FACTOR3
RC1	-0.46382	-0.38087	-0.38918
RC2	-0.53153	-0.18527	0.62898
RC3	-0.17714	0.05472	0.23625
RC4	0.82489	0.37649	0.14535
RC5	0.09347	0.76111	0.05813
B1	-0.92608	-0.28582	0.16599
B2	0.96096	-0.08976	-0.15688
B3	0.03385	0.95531	-0.05331
GR1	-0.02768	-0.44265	0.07464
GR2	-0.08349	0.08996	-0.05111
AR1	0.52105	0.78744	-0.02289
AR2	-0.58790	-0.73017	-0.02365
I1	0.11429	-0.00044	-0.96534
I2	-0.16820	0.05656	0.93255
I3	0.41167	-0.04293	0.70914

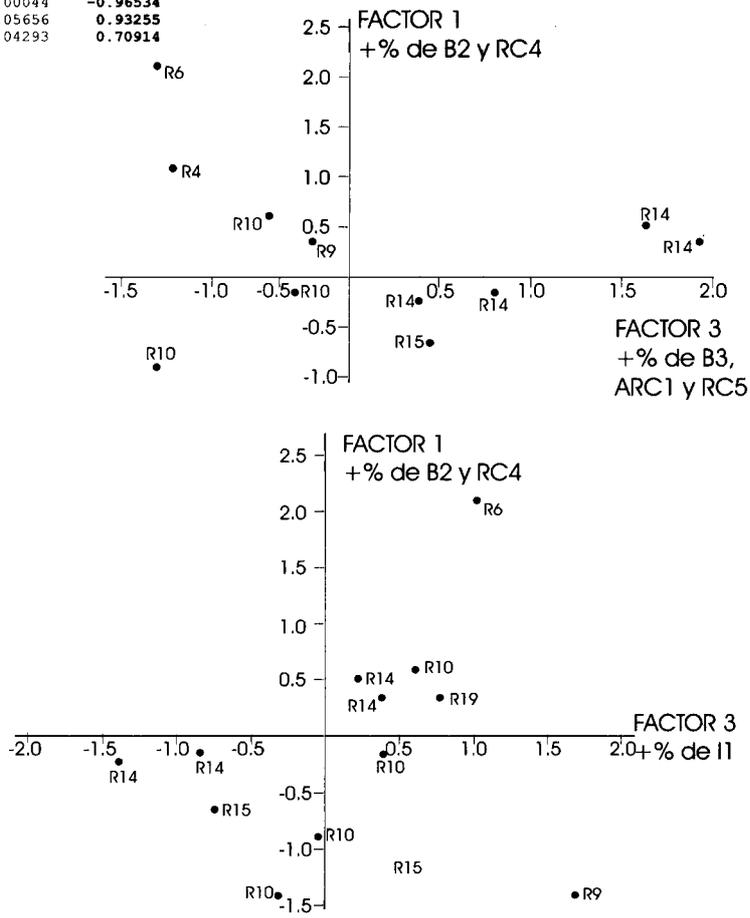


Figura 3.- Tabla descriptiva de análisis de componentes principales (Método de Rotación Varimax) de los rodales selectos de *Pinus halepensis* Mill. y situación respecto a los tres primeros ejes factoriales.

CONCLUSIONES

La mejora genética de los pinos ibéricos se apoya principalmente en los materiales de base reconocidos en la legislación española y que pueden obtenerse en un plazo medio de tiempo. Sin embargo, también se han iniciado trabajos, no recogidos en esta monografía y que permiten una mejora avanzada de las especies.

Creemos que se ha avanzado significativamente en cinco aspectos básicos de las actuaciones de mejora:

- Definición de las estrategias de mejora utilizadas en los pinos ibéricos.
- Delimitación y caracterización de las regiones de procedencia.
- Aspectos metodológicos de la selección de masas y rodales, y elaboración de los primeros catálogos de materiales de base.
- Selección y caracterización (fenotípica y ecológica) de material de base de *Pinus sylvestris*, *Pinus nigra* y *Pinus halepensis*.
- Recomendaciones de uso del material de base de los pinos ibéricos basado en las regiones de identificación y utilización del material de reproducción.

La legislación actualmente vigente sobre material de reproducción, los compromisos adquiridos para la conservación de los recursos genéticos forestales (Resoluciones de Estrasburgo, Helsinki y Lisboa) desarrollados a través de la red Euforgen, así como la necesidad de evaluar la biodiversidad de los espacios forestales, abren nuevas perspectivas de actuación en los campos de la mejora genética y la conservación de los recursos genéticos forestales. Se ha de profundizar en aspectos como son:

- La relación entre el uso del material y sus niveles de variabilidad genética.
- Actualización de los límites de las regiones de procedencia basándose en los límites de las regiones de identificación y utilización del material de reproducción.
- Seguimiento del Catálogo Nacional de Materiales de Base. Incluye la actualización del Catálogo de Material de Base para obtención de material de reproducción identificado (actualmente en fase de aprobación), la actualización del Catálogo de Material de Base para obtención de material de reproducción seleccionado (con la inclusión de material de las procedencias ya identificadas), y la elaboración del Catálogo Material de Base para obtención de material de reproducción controlado
- Establecimiento de rodales semilleros, principalmente en *Pinus sylvestris* y *Pinus nigra*; de huertos semilleros, sobre todo en *Pinus nigra*, *Pinus pinaster* y *Pinus halepensis*; y de bancos clonales depurados, como en *Pinus pinea*.

- Completar los estudios de variación genética de las procedencias españolas, integrando la información obtenida en ensayos de procedencias y mediante diversos tipos de marcadores genéticos. Estos resultados estarán disponibles en un corto periodo de tiempo.
- Avanzar en la mejora genética de distintas poblaciones de gran interés (*Pinus pinaster* para producción de resina, *Pinus sylvestris* para incrementar la calidad y crecimiento de las repoblaciones, etc.)
- La conservación de los recursos genéticos forestales, integrada dentro de las actuaciones de mejora, y como una de sus directrices. Así como la propuesta de actuaciones concretas de conservación en poblaciones amenazadas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABELLANAS B., ALCAIDE M.C., BUTLER I., CASADO R., MONTEAGUDO F.J., 1993. Zonificación de Andalucía para el desarrollo de un programa de mejora genética de *Pinus pinea* L. Congreso Forestal Español Lourizán 1993. Ponencias y comunicaciones, Tomo II: 27-32.
- ABELLANAS B., CUADROS S., NAVARRO R., OLIET J., BASTIDA F., BUTLER I., LÓPEZ J., MONTEAGUDO F.J., 1997. Programa de mejora de pino piñonero (*Pinus pinea* L) en Andalucía. Cuadernos de la SECF 5, 57-66.
- AGUINAGALDE I., BUENO M.A., 1994. Morphometric and Electrophoretic Analysis of two populations of European Black pine (*Pinus nigra* Arn.). *Silvae Genetica* 43: 195-199.
- AGUINAGALDE I., LLORENTE F., BENITO C., 1997. Relationships among five populations of European black pine (*Pinus nigra* Arn.) using morphometric and isozyme markers. *Silvae Genetica*. 46(1): 1-5
- AGÚNDEZ D., ALÍA R., 1997. Estudio de la variación morfológica de *Pinus halepensis* Mill. I Congreso Forestal Hispano Luso, Actas Mesa 3: 27-32.
- AGÚNDEZ D., ALÍA R., DÍEZ R., GIL L., PARDOS J.A., 1992. Estudio de la variación de *Pinus sylvestris* L. en España: Características de piñas y piñones. *Investigación Agraria. Serie Sistemas y Recursos Forestales*. 1(2): 151-162.
- AGÚNDEZ D., ALÍA R., STEPHAN R., GIL L., PARDOS J.A., 1994. Ensayo de procedencias españolas y alemanas de *Pinus sylvestris* L.: comportamiento en vivero y supervivencia en montes. *Ecología*, 8: 245-275.
- AGÚNDEZ D., DEGEN B., WUEHLISCH G., ALÍA R., 1997. Genetic variation of Aleppo pine (*Pinus halepensis* Mill) from Spain. *Forest Genetics* 4(4): 201-209.
- AGÚNDEZ D., GALERA R., ALÍA R., 1997. Instalación de un ensayo de procedencias de *Pinus nigra* Arn. I Congreso Forestal Hispano Luso. Actas Mesa 3: 33-37.
- ALAZARD P., 1995. Comment accroître la fructification des peuplements de pin maritime?. *Informations Forêt AFOCEL ARMET* 3, 185-195.
- ALÍA R., 1997. Variación genética de las especies forestales y su uso en mejora. I Congreso forestal Hispano Luso. Actas Tomo I: 101-109.
- ALÍA R., AGÚNDEZ D., NOTIVOL E., 1998. Annual Rhythm height growth variation in Scots pine provenances. Actas congreso Scots pine Breeding and Genetics Lithuania
- ALÍA R., GIL L., 1992. Ritmo anual de crecimiento en circunferencia de quince procedencias de *Pinus pinaster* Ait. *Montes* 28, 34-36.

- ALÍA R., GIL L., CATALÁN G., PARDOS J.A., 1991. Interacción procedencia-edad en 52 procedencias de *Pinus pinaster* Ait en España. Investigación Agraria Serie Sistemas y Recursos Forestales. 0: 11-24.
- ALÍA R., GIL L., PARDOS J.A., 1995. Performance of 43 *Pinus pinaster* provenances on 5 locations in Central Spain. *Silvae Genetica* 44(2/3), 75-81.
- ALÍA R., MARTÍN S., DE MIGUEL J., GALERA R., AGÜNDEZ D., GORDO J., CATALÁN, G., GIL L., 1996. Las regiones de procedencia de *Pinus pinaster* Ait. Madrid: OA de Parques Nacionales, DGCONA.
- ALÍA R., MORO J., 1996. Comportamiento de procedencias de *Pinus pinaster* Ait en el centro de España. Investigación Agraria Serie Sistemas y Recursos Forestales
- ALÍA R., MORO J., DENIS J.B., 1997. Performance of *Pinus pinaster* Ait provenances in Spain-Interpretation of the Genotype-Environment interaction. *Can Jour For Res.* 27(10): 1548-1559.
- ALLONA I., SAIZ J.A., CASADO R., ARAGONCILLO C., 1996. Megagametophyte salt-soluble proteins as Genetic Markers in *Pinus pinaster* Ait. *Silvae Genetica* 45(1), 21-24.
- ALLUÉ J.L., 1990. Atlas Fitoclimático de España- Taxonomías, Madrid: INIA Ministerio de Agricultura.
- ALLUÉ J.L., 1997. Tres nuevos modelos para la fitoclimatología forestal: Diagnósis, Idoneidad y Dinámica de Fitoclimas. I Congreso Forestal Hispano Luso. Libro de Actas. 1: 31-40.
- ALLUÉ CAMACHO C., 1995. Idoneidad y expectativas de cambio fitoclimático en los principales sintaxa pascícolas españoles. Tesis Doctoral. ETSIM. UPM. Madrid.
- ANÓNIMO, 1991. Managing global genetic resources: Forest Trees, Washington D.C: National Academic Press.
- ANÓNIMO, 1997. Selección y Manejo de rodales semilleros, Turrialba, C. R.: Serie técnica. Manual técnico 21. CATIE. PROSEFOR.
- ARBEZ M., 1980. Variabilité, Héredité et déterminisme physiologique des qualites du tronc et des branches. INRA. Pierroton. (Informe no publicado). 29 pp.
- ARBEZ M., MILLER C., 1972. Variabilité, heritabilite et correlations entre caracteres chez de jeunes pins laricio de calabre (*Pinus nigra* Arn. ssp laricio, var calabrica). IUFRO Genetics. SABRAO Joint Symposia, Tokyo Oct 1972. 22 pp.
- BARA S., TOVAL G., 1983. Calidad de Estación de *Pinus pinaster* Ait en Galicia. Comunicaciones INIA Serie Recursos Naturales 24, 166 pp.
- BARADAT P., MARPEAU A., 1988. Le Pin maritime *Pinus pinaster* Ait- Biologie et génétique des terpènes pour la connaissance et l'amélioration de l'espèce, Bordeaux: Université Bordeaux I. Thèse.
- BARADAT P., MICHELOZZI M., TOGNETTI R., KHOUJA M.L., KHALD A., 1995.

- Geographical variation in the terpene composition of *Pinus halepensis* Mill. In: BARADAT P., ADAMS W.T., MULLER-STARCK (ed). Population genetics and genetic conservation of forest trees. pp: 141-158
- BARADAT P., PASTUSZKA P., 1992. Les résineux. Le pin maritime. In: Gallais A., Bannerot H. (Eds). Amélioration des espèces végétales cultivées INRA Editions 695-709.
- BARITEAU M., 1992. Variabilité géographique et adaptation aux contraintes du milieu méditerranéen des pins de la section halepensis: résultats (provisoire. d'un essai en plantations comparatives en France). Ann. Sci. For. 49, 261-276.
- BARNER H., 1975. Identification of sources for procurement of forest reproductive materials. Report of FAO DANIDA Training Course of Forest Seed Collection and Handling FAO Roma 2,
- BARNER H., KOSTER R., 1976. Terminology and Definitions to be used in Certification Schemes for Forest Reproductive Materials. Proceedings IUFRO Working Party s2 10 2 174-191.
- BARNER H., OLESEN K., 1984. Seed Crop Evaluation, Technical Note no 19. Danida Forest Seed Centre.
- BARNER H., WILLAN R.L., 1983. The concept of seed zone. In: Willan, R.L., (Ed.). Seed collection Units: seed zone, Technical note no.16. DANIDA Forest Seed Centre. pp. 1-5.
- BARRETT W.H., 1980. Selección y manejo de rodales semilleros con especial referencia a coníferas. In. Mejora genética de árboles forestales, Estudios FAO Montes. 20. Rome. pp. 158-165.
- BLANCO J.L., TAMAYO T., LÓPEZ A., 1981. Plan de ensayos de procedencias de *P. Brutia* Tenn. Cuadernos INIA nº 8.
- BRANDON R.N., 1990. Adaptation and Environment. Princeton Univ. Press, Princeton, NJ.
- CÁMARA A., 1997. Idoneidades fitoclimáticas de *Pinus halepensis* Mill. Actas del I Congreso Forestal Hispano Luso 2, 15-20.
- CAMPBELL R.K., 1991. Soils, seed-Zone maps, and Physiography: Guidelines for Seed Transfer of Douglas-Fir in Southwestern Oregon. Forest Science 37(4), 973-986.
- CAMPO M. DEL, PEÑA F., 1921. Semillas de los pinos españoles. IFIE. Madrid.
- CARVALHO A., 1995. Present situación and perspectives of *Pinus pinea* in Portugal. *Pinus pinea* FAO Workshop. Madrid, nov. 1995.
- CATALÁN G., 1963. Monografía sobre creación de huertos de árboles semilleros de gran producción de miera. Anales IFIE 30-51.
- CATALÁN G., 1969. Estudio de procedencias de *Pinus pinaster*- datos de vivero. Proc. Second World Consultation on Forest tree Breeding FO FTB 69 2/18 1, 225-241.
- CATALÁN G., 1977. Semilla de árboles y arbustos forestales españoles., Colección Técnica. ICONA. Madrid.

- CATALÁN G., GIL P., GALERA R., MARTÍN S., AGÜNDEZ D., ALÍA R., 1991. Regiones de procedencia de *Pinus sylvestris* L y *Pinus nigra* ssp *Salzmannii* (Dunal). Franco en España, Madrid: ICONA.
- CATALÁN G., DIETL T., ENCISO E., 1997. Selección de árboles sobresalientes, en cuanto a producción de fruto, en los pinares de pino piñonero en la región "Valles del Tiétar y del Alberche". Parámetros de selección. I Congreso Forestal Hispano-Luso, Pamplona, 23-27 de junio de 1997. Actas Mesa 3: 141-145.
- CEMAGRET, 1982. Les semences forestieres. Note Technique n° 48. 80 pp + fichas.
- CLIMENT J., GIL L., DE TUERO M., 1996. Regiones de procedencia de *Pinus canariensis* Chr, Sm Ex Dc, Madrid: ICONA.
- CLIMENT J., MARTÍN S., GIL L., PARDOS J.A., 1997a. Estado actual y perspectivas de la red de huertos semilleros del género *Pinus* en España. Cuadernos de la SECF 5, 73-82.
- CLIMENT J., GARCÍA J., PARDOS J.A., 1997b. Evaluación de un ensayo de progenies de *Pinus sylvestris*, procedencia Sierra de Guadarrama. Libro de Actas I Congreso Forestal Hispano Luso.3: 153-158.
- COSTA M., GARCÍA-ANTÓN M., MORLA C., SAINZ-OLLERO H., 1990. La evolución de los bosques de la Península ibérica: una interpretación basada en datos paleobiogeográficos. Ecología Fuera de serie 1, 31-58.
- COTTERILL P.P., DEAN C.A., VAN WYCK G., 1987. Additive and dominance effects in *Pinus pinaster*, *Pinus rariata* and *Pinus elliottii* and some implications for breeding strategy. *Silvae Genetica*. 36:221-232.
- CTGREF 1976. Semences Forestieres. Les regions de provenance d'epicea commun. CTGREF. Nogent/Vernison. Not. Tech. Num 30.
- DANEL O., 1993. Tree Breeding Strategy: Are we too concerned conservacionist but inefficient breeders?. Proceedings Nordic group for Tree Breeding. Edinburgh. 80-94.
- DESTREMAU D.X., ALAZARD P., CHAPERON H., 1982. Monographie génétique de *Pinus pinaster*. Annales forestales, Zagreb 9/4.
- DGCONA, 1996. Catálogo de Material de Base aprobado en España: Rodales y Masas Selectas. Documento interno.
- DÍAZ-FERNÁNDEZ P., JIMÉNEZ M.P., CATALÁN G., MARTÍN S., GIL L., 1995. Regiones de procedencia de *Quercus suber* L, Madrid: ICONA.
- DÍAZ-FERNÁNDEZ P., JIMÉNEZ P., MARTÍN S., DE TUERO M., GIL, L., 1995. Regiones de procedencia de *Quercus robur* L., *Quercus petraea* (Matt.) Liebl y *Quercus humilis* Miller, Madrid: ICONA.
- DUFF G.E., 1928. The varieties and geographical forms of *Pinus pinaster* Sol. In Europe and South Africa. Union of South Africa. British Empire Forester Conference. Pretoria.
- ELENA R. (Coord.), 1997. Clasificación biogeoclimática de España Peninsular y Balear. MAPA. Madrid. 446.

- ELENA R., SÁNCHEZ PALOMARES O., CARRETERO P., 1985. Estudio fisiográfico y climático de los pinares autóctonos españoles de *Pinus nigra* Arn. Comunicaciones INIA. nº 36.
- ELENA R., SÁNCHEZ-PALOMARES O., 1991. Los pinares españoles de *Pinus nigra* Arn: una síntesis ecológica. Monografía INIA 81.
- ELENA R., TELLA G., ALLUÉ J.L., SÁNCHEZ-PALOMARES O., 1990. Clasificación biogeoclimática Territorial de España: Definición de ecorregiones. Ecología Fuera de serie 1, 59-79.
- ENESCU V., CONTESCU L., 1987. La variabilité et l'heritabilité de certains caracteres chez des descendances half-sib de Pin noir (*Pinus nigra* Arn.). Bulletin de L'Academie des Sciences Agricoles et Forestières Romania, 16: 81-99.
- ERIKSSON G., 1996. Evolutionary genetics and conservation of forest tree genetic resources. En Turok, J., Erikson G, Kleinschmit J., and Canger S. Noble Hardwoods Network. Report of the first meeting, 24-27 March 1996, Escherode, Germany. IPGRI, Rome Italy, pp: 159-167.
- ERIKSSON G., NAMKOONG G., ROBERDS J., 1993. Dynamic gene conservation for uncertain futures. For. Ecol. Man. 62, 15-37.
- ERIKSSON G., NAMKOONG G., ROBERDS J., 1995. Conservación dinámica de los recursos genéticos de los árboles forestales. Recursos genéticos forestales 23, 2-8.
- ESPINEL S., ARAGONÉS A., 1997. Mejora genética de *Pinus radiata* D.Don en el País Vasco. Situación actual. Cuadernos de la SECF 5, 109-110.
- EUROPEAN COMMISSION 1996. Non paper. FRM Directives 66/404/EEE and 71/161/EEC. Rev. 11, Brusels.: UE.
- FALLOUR D., FADY F., LEFEVRE F., 1997. Study of Isozyme Variation in *Pinus pinea* L.: Evidence for Low Polymorphism. Silvae Genetica 46(4): 201-207.
- FAO., 1997. Directory of seed sources of the mediterranean conifers. FAO. Roma. 118 pp.
- FAO-UNESCO., 1990. Mapa mundial de suelos. Leyenda revisada. Informes sobre Recursos Mundiales de suelos 60. FAO, Roma: 142 pp.
- FEILBERG L., SÖEGAARD B., 1975. Historical review of seed orchards, For. Comm. Bulletin 54: 1-8.
- FERNÁNDEZ-GOLFÍN J.I., DÍEZ R., GUTIERREZ A., BAONZA M.V., ALVAREZ H., 1997. Propiedades mecánicas y clasificación de la madera aserrada de uso estructural de diferentes coníferas españolas. II Congreso Forestal Nacional 171-176.
- FONT TULLOT I., (Dir.), 1983. Atlas climático de España. I.N.M. Ministerio de Transportes, Turismo y Comunicaciones. Madrid.
- FOWELLS H.A., SCHUBERT G.H., 1956. Seed crops of forest trees in the pine region of California. USDA Tech. Bull. 1150,

- GALERA R., 1993. Variación morfológica de *Pinus sylvestris* L. en España. Caracteres de acículas, piñas y piñones. Tesis Doctoral. ETSI Montes. 154 pp.
- GALERA R.M., MARTÍN S., 1997. Material de base selecto. Proceso de selección y base de datos. Cuadernos de la SECF 5, 169-173.
- GALERA R.M., MARTÍN S., ALÍA R., GORDO J., AGUADO A.M., NOTIVOL E., 1997. Manual de selección de masas productoras de semillas. Evaluación de caracteres. Monografía INIA 97, 1-92.
- GANDULLO J.M., (Ed.), 1972. Ecología de los pinares españoles III: *Pinus halepensis* Mill. IFIE. Madrid.
- GANDULLO J.M., SÁNCHEZ-PALOMARES O., 1994. Estaciones ecológicas de los pinares españoles, Colección Técnica. ICONA. Madrid.
- GARCÍA ESCUDERO A., 1988. Selección de rodales selectos y rodales semilleros de la procedencia "Valle del Tiétar" de *Pinus pinaster* Ait. Proyecto Fin de Carrera. ETSI Montes. Madrid. (sin publicar).
- GARCÍA-GÜEMES C., CAÑADAS N., MONTOTO R., MONTERO G., 1997. Producción de piña de *Pinus pinea* L. en los montes de la provincia de Valladolid en la campaña 1996/97. I Congreso Forestal Hispano Luso. Actas Mesa 4: 273-277.
- GARCÍA-LOYGORRI (Dir.), 1980. Mapa Geológico de la Península Ibérica, Baleares y Canarias. Escala 1:100.000, Instituto Geológico y Minero de España. Madrid.
- GAUSSEN H., HEYWOOD V.H., CHARTER A.D., 1964. *Pinus*. En: Tutin y Heywood (ed) Flora Europea. Cambridge University Press. Vol I.
- GEBER S., BARADAT P., MARPEAU A., ARBEZ M., 1995. Geographic variation in Terpene composition of *Pinus nigra* Arn. Forest Genetics, 2(1), 1-10.
- GIL L., 1991. Consideraciones históricas sobre *Pinus pinaster* Aiton en el paisaje vegetal de la Península Ibérica. Estudios Geográficos 202, 5-27.
- GIL L., 1998. La mejora genética de la producción de resina. I Simposio de aprovechamiento de resinas naturales. 5-7 febrero. Segovia. Libro de Actas. 24-33.
- GIL L., ABELLANAS B., 1989. La mejora genética del pino piñonero. Montes 21: 4.12.
- GIL L., PRADA M.A., 1993. Los pinos como especies básicas de la restauración forestal en el medio mediterráneo. Ecología 7, 113-125.
- GIL L., CATALÁN G., PARDOS J.A., 1991. La mejora genética del género *Pinus*. Montes 23, 12-24.
- GIL L., DÍAZ-FERNÁNDEZ P., JIMÉNEZ M.P., ROLDÁN M., ALÍA R., AGÚNDEZ D., DE MIGUEL J., MARTÍN S., DE TUERO M., 1996. Las Regiones de procedencia de *Pinus halepensis* Mill, Madrid: O.A. Parques Nacionales.DGCONA.
- GIL L., GORDO J., ALÍA R., CATALÁN G., PARDOS J.A., 1990. *Pinus pinaster* Ait. en el paisaje vegetal de la Península ibérica. Ecología Fuera de Serie 1, 469-495.

- GÓMEZ A., 1998. Análisis de la variabilidad genética mediante marcadores moleculares de ADN en poblaciones españolas de *Pinus halepensis* Mill. Tesis Doctoral. ETSIA. UPM. 161 pp (sin publicar).
- GÓMEZ A., BUENO M.A., ALÍA R., VENDRAMIN G., 1997. Uso de RAPDS y cp Microsatélites como marcadores en *Pinus halepensis* Mill.: estudios preliminares. Cuadernos de la SECF 5, 237-241.
- GÓMEZ-JOVER F., JIMÉNEZ F.J., 1997. Forestación de Tierras Agrícolas. MAPA, Madrid: Madrid: 383 pp.
- GÓMEZ LORANCA J.A., CÁMARA A., GRAU J.M., 1997. Curvas de calidad de estación para *Pinus halepensis* Mill. e idoneidades fitoclimáticas. I Congreso Forestal Hispano Luso. Actas Mesa 4: 279-284.
- GORDO J., GIL L., MUTKE S., 1995. Selección de masas y rodales selectos para la obtención de semilla de *Pinus pinaster* Ait. y *Pinus pinea* L. En Castilla y León. Dir. Gral. del Medio Natural y Fundación General de la UPM. Junta de Castilla y León (sin publicar).
- GORDO J., MUTKE S., GIL L., 1997a. Variabilidad en la producción de fruto de *Pinus pinea* L. en la provincia de Valladolid. I Congreso Forestal Hispano Luso. Actas Mesa 4: 327-332.
- GORDO J., MUTKE S., GIL L., 1997b. Selección de masas y rodales selectos de *Pinus pinaster* Ait. y *Pinus pinea* L. en Castilla y León. Cuadernos de la SECF 5, 151-156.
- GORDO J., MUTKE S., GIL L., 1999. Plan de Mejora Genética para la producción de fruto de *Pinus pinea* L.: Selección de clones grandes productores y de rodales Memoria final. Dir. Gral. del Medio Natural y Fundación General de la UPM. Junta de Castilla y León (sin publicar).
- GORDON A.G., FAULKNER R., 1992. Identification and assesment of cone and seed crops. In: Gordon, A.G., (Ed.). Seed manual of forest trees, Bulletin 83. Forestry Commission. pp. 71-79.
- GORDON A.G., SAMUEL C.J.A., 1992. Systems of seed and plant identification and certification. In: Gordon, A.G., (Ed.). Seed manual of forest trees, Bulletin 83. Forestry Commission. pp: 23-48.
- GUIBERT M., 1997. Les variétés améliorées de pin laricio de Corse issues des vergers a graines de familles. Rev. For. Fr. 49: 545-557.
- HAMRICK J.L., GODT M.J., SHERMAN-BROYLES S.L., 1992. Factors influencing levels of genetic diversity in woody plant species. New Forests 6, 95-124.
- HATTEMER H.H., 1987. Are the EEC Directives on Forest Reproductive Material Genetically Adelante. Silv. Genet. 14: 141-145
- HOPKINS E.R., BUTCER T.B., 1994. Improvement of *Pinus pinaster* Ait on Western Australia. CALMSscience. 1(2): 159-242.

- ICONA 1994. Los bosques del futuro. Una estrategia forestal para España, Madrid: ICONA.
- ICONA 1995. Catálogo de Material de Base aprobado en España: Rodales y Masas Selectas. Documento interno.
- IGLESIAS S., 1997a. Programa de mejora genética de *Pinus pinea*. Cuadernos de la SECF 5, 217-224.
- IGLESIAS S., 1997b. Desarrollo legislativo de la comercialización de los materiales forestales de reproducción en España relativos a la calidad genética. II Congreso Forestal Nacional. Tomo I: 91-100.
- IGLESIAS S., MARTÍN S. CATALÁN G., 1993. Problemática actual en la comercialización de semillas forestales en España. Congreso Forestal Español. Lourizán 1993. Ponencias y comunicaciones. Tomo II. 33-37.
- JARA L.F., (Comp.), 1994. Selección y manejo de rodales semilleros. Serie Técnica. Manual técnico/CATIE nº 11. Turrialba, C.R.: CATIE, PROSEFOR: DFSC. 200 pp.
- JONES N., BURLEY J., 1977. Seed certification, provenance nomenclature and genetic history in Forestry. *Silvae Genetica* 22(3), 53-58.
- JUNTA DE ANDALUCÍA, 1989. Plan Forestal Andaluz. Junta de Andalucía. Sevilla.
- JUNTA DE CASTILLA Y LEÓN, 1993. Programa Regional de Forestación de Tierras Agrarias y Desarrollo y Ordenación de los Bosques en Zonas Rurales. Valladolid.
- KIMURA M., 1983. The neutral theory of molecular evolution, Cambridge University Press.
- KOSKI V., 1996. Directrices para la gestión de la Conservación genética in situ de coníferas anemófilas de zonas templadas. Recursos genéticos forestales 24, 2-8.
- KREMER A., 1981. Déterminisme génétique de la croissance en hauteur du Pin maritime (*Pinus pinaster* Ait). 2. Comportement interannuel, interaction genotype*année. 38: 192-222.
- KRUSCHE D., DAS B.L., STEPHAN B.R., 1980. Results of a Progeny test with *Pinus sylvestris* and Estimation of Genetic Gains from Different Selection methods. *Silvae Genetica* 29(3/4), 122-129.
- LAGUNA M., 1883. Flora Forestal Española. Vol I. Imprenta del Colegio Nacional de Sordomudos y de Ciegos. Madrid. 372 pp.
- LANGLET O., 1971. Two hundred years genecology. *Taxon* 20(5/6): 653-722
- MANGOLD R.D., LIBBY W.J., 1978. A model for reforestation with optimal and suboptimal tree populations. *Silvae-Genetica.*, 27: 2, 66-68; 4 ref.
- MAPA, 1996. Anuario de estadística agraria, Madrid: MAPA.
- MARTÍN M.T., MANRIQUE E., 1994. Programas CLIMESP y ESCESP. EUITF. Madrid (no publicado).

- MARTÍN S., PRADA A., 1995. Ensayo de procedencias de pino piñonero (*Pinus pinea* L.) en España en: El pino piñonero como árbol productor de frutos secos en los países mediterráneos. I Reunión de la Red de Frutos Secos de la FAO sobre el Pino Piñonero. INIA-CIFOR. Madrid: 117-121.
- MARTÍN S., TUERO M., GALERA R., RODRÍGUEZ-PENA J.A., 1997a. Conservación de recursos genéticos de *Pinus pinaster*. II Congreso Forestal Nacional
- MARTÍN S., GALERA R., IGLESIAS S., DE-TUERO M., 1997b. El material forestal de reproducción. Cuadernos de la SECF 5, 19-24.
- MARTÍN S., DIAZ FERNÁNDEZ P., DE MIGUEL J., 1998. Regiones de procedencia de Especies Forestales Españolas: Género *Abies*, *Fagus*, *Pinus* y *Quercus*. O.A. de Parques Nacionales. Madrid.
- MATHESON A.C., RAYMON C.A., 1984. The impact of genotype x environment interactions on Australian *Pinus radiata* breeding progrms. Aust. For. Res. 14: 11-25.
- MAUGÉ J.M., ALAZARD P., CASTAING J.PH., LEVADOU D., 1976. Critères de sélection pour la croissance en hauteur du Pin maritime. Ann. Rech. Syl. AFOCEL. 331-350.
- MESEN F., GUEVARA A.L., JIMÉNEZ M.L., 1996. Guía Técnica para la producción de semilla forestal certificada y autorizada, Turrialba. Costa Rica: Serie Técnica. Manual Técnico no.30. CATIE.
- MICHEL M., 1986. Semillas y plantas forestales. Normas CEE. Montes 9, 43-53.
- MOLINA F., 1950. Sobre la mejora genética de *Pinus pinaster* Sol. Montes.
- MOLINA R.F., 1965. Comportamiento racial del *Pinus pinaster* en el Noroeste de España. Anales IFIE 2(10), 221-238.
- MONSALVE M.C., 1995. Manual de Forestación, Valladolid: Junta de Castilla y León.
- MONTERO G., 1997. L'attività di rimboschimento in Spagna negli ultimi 50 anni. Legno, Cellulosa, Carta 4, 35-42.
- MONTERO G., YAGÜE S., 1994. Ordenación de los pinares de pino piñonero (*Pinus pinea* L.). En: Madrigal A. (Coord): Ordenación de montes arbolados. Cap. 15. ICONA.
- MONTOYA J.M., 1984. Espacios y tiempos ecológicos en la repoblación artificial y en la introducción de especies exóticas. Comunicaciones INIA Serie Recursos Naturales 31, 1-16.
- MUHS H.J., 1993. The homogeneity, identification and classification of provenances, regions of provenances and seed orchards. In: Terrasson, D., (Ed.). Quality of Forest reproductive material in the field of the application of European Community rules, CEMAGREF. París pp: 25-34.
- NAMKOONG G., 1969. Nonoptimality of local race. Proc. 10th. S. Conf. on For. Tree Improvement 149-153.
- NAMKOONG G., 1976. Introduction to quantitative genetics in Forestry, Castle House: Castle House Publications.

- NAMKOONG G., BARNES R.D., BURLEY J., 1980. A Philosophy of Breeding Strategy for Tropical Trees. Tropical Forestry Papers CFI Oxford 16,
- NICOLÁS A., GANDULLO J.M., 1967. Ecología de los pinares españoles I: *Pinus pinaster* Aiton, Madrid: IFIE.
- NICOLÁS A., GANDULLO J.M., 1969. Ecología de los pinares españoles II: *Pinus sylvestris* L. IFIE. Madrid.
- NIKOLIC D., TUCIC N., 1983. Isoenzyme variation within and among populations of european black pine (*Pinus nigra* Arnold). *Silvae Genetica* 32(3/4), 80-89.
- NOTIVOL E., 1997. Mejora genética forestal en Aragón. Cuadernos de la SECF 5, 83-92.
- NOTIVOL E., ALÍA R., 1996. Variation and adaptation of *Pinus sylvestris* L. provenances in Spain. Abstract of the IUFRO '96 meeting "Diversity and Adaptation in Forest Ecosystems in a Changing World". 48.
- OCDE 1997. New forest scheme proposal. Room document no. 1., Paris: OCDE. 28-30 April 1997.
- OCDE 1996. Proposal for the revision of the scheme following the 1996 extraordinary meeting. OCDE scheme for the Control of Forest Reproductive Material Moving in International Trade, Paris: OCDE.Documento restringido,AGR/CA/F:96/3.
- ORTUÑO F., 1990. El plan para la repoblación forestal de España del año 1939. Análisis y Comentarios. Ecología Fuera de serie 1, 373-392.
- PANETSOS K., 1981. Monograph of *P. halepensis* Mill and *P. brutia* Ten. *Ann. Forest.* 9/2: 39-77
- PANETSOS 1986. Genetics and Breeding in the group *halepensis*. *Options Mediterranees*, CIHEAM 86/1. pp: 81-85
- PADRÓ A., 1992. Clones de Chopo para el Valle medio del Ebro. DGA. Zaragoza. 203 pp.
- PARDOS J.A., 1984. Mejoramiento genético del *Pinus pinaster*, Madrid: Memoria proyecto CAICYT.
- PARDOS J.A., GIL, L., 1986. Los huertos semilleros. Estudios básicos para su establecimiento en España, Madrid: Monografía no.44. ICONA.
- PARDOS J.A., LANGE W., WEISSMANN G., 1990. Morphological and Chemical Aspects of *Pinus sylvestris* L. from Spain. *Holzforschung* 44(2), 143-146.
- PARDOS J.A., SOLIS W., MORO, J., 1976. Estudio de las variaciones estacionales de la presión de exudación de la resina en árboles, grandes productores y de producción media. *Comunicaciones INIA* 4,-29.
- PERSON A., 1972. Studies on the basic density in mother trees and progenies of pine. *Studia Forestalia Suecica.* 96: 1-37.
- PRADA M.A., ALLUÉ M., GIL L., PARDOS J.A., 1997. Programa de mejora genética de

- Pinus pinaster* Ait. Grandes productores de miera en la provincia de Segovia. Cuadernos de la SECF 5, 67-71.
- PRADA M.A., GORDO J., DE MIGUEL J., MUTKE S., CATALÁN G, IGLESIAS S., GIL L., 1997. Las regiones de procedencia de *Pinus pinea* L., en España. Organismo Autónomo de Parques Naturales, Madrid.
- PRUS-GLOWACKI W., STEPHAN B.R., 1994. Genetic variation of *Pinus sylvestris* from Spain in relation to other european populations. *Silvae Genetica* 43(1), 7-14.
- PUERTO G, TOVAL G., 1985. Manual básico para la elección de rodales y recogida de semillas forestales, Pontevedra: Conselleria de Agr.Pesca y Alimentación.
- QUIJADA M., 1980. Rodales semilleros. In: Anonimo, (Ed.). Mejora genética de árboles forestales, 154-157. Roma: Estudios FAO.Montes no. 20.FAO.
- REGATO P., 1992. Caracterización florística y ecológica de los bosques de *Pinus nigra* subsp. *salmantini* del Sistema Ibérico, Madrid: UAM. Facultad de Biológicas. Tesis Doctoral.
- REGATO P., 1997. Pinares mediterráneos. In: Gómez-Manzanque, F., (Ed.). Los bosques ibéricos, Ed.Planeta. Barcelona pp: 357-410.
- REGATO P., GÉNOVA M., GÓMEZ-MANZANEQUE F., 1992. Las representaciones relictas de *Pinus nigra* Arn en el Sistema Central español. *Bol. Real Soc. Esp. Hist. Nat. (Sec. Biol.)*. 88(1/4), 63-71.
- RIO M., DEL, 1998. Régimen de claras y modelo de crecimiento para *Pinus sylvestris* L. en los sistemas Central e Ibérico. Tesis Doctoral. UPM (sin publicar).
- RIVAS-MARTÍNEZ S., 1987. Memoria y Mapa de Series de vegetación de España, Madrid: Serie Técnica.ICONA.
- RODRÍGUEZ SOALLEIRO R., ÁLVAREZ J.G, VEGA G., 1994. Piñeiro do país: modelo dinámico de crecemento de masas regulares de *Pinus pinaster* Aiton en Galicia (Guía para o usuario do programa PINASTER). Capacitación e Extensión. Serie Manuais Prácticos nº 8. Conselleria de Agricultura, Ganadería e Montes, Xunta de Galicia. Xantiago de Compostela, 40 p.
- ROJO A., MONTERO G., 1996. El pino silvestre en la Sierra de Guadarrama. MAPA. Madrid. 293 pp.
- ROMERO F., 1886. El pino piñonero en la provincia de Valladolid. Imprenta y Librería Nacional y Extranjera de los Hijos de Rodríguez, Libreros de la Universidad y del Instituto, Valladolid. 1886.
- ROMERO F., 1896. Trabajos experimentales de Romero y Gilsanz sobre pesos y volúmenes. Valladolid.
- RUIZ DE LA TORRE J., 1971. Árboles y arbustos, Madrid: ETSI Montes.
- RYCROFT H.B., WICHT C.L., 1947. Field trials of geographical races of *Pinus pinaster* in South Africa. *Br. Emp. For. Conf. Great Britain. Pretoria. South Africa*

- SAARSALMI A., SAVONE E.M., NIKKANEN T., LIPAS E., MIKOLA J., 1994. Effect of fertilization on flowering and seed crop in Scots pine Seed Orchards. *Silvae Fennica* 28(3), 155-176.
- SALAZAR R., 1995. Manejo de rodales semilleros- Guía para el productor, Turrialba. Costa Rica: Serie Técnica. Manual Técnico no.13. CATIE.
- SALVADOR L., 1997. Estudio de la variabilidad genética de *Pinus pinaster* en España usando marcadores proteicos e isoenzimáticos, Madrid: U.P.M. ETSI Montes. Tesis Doctoral.
- SÁNCHEZ PALOMARES O., ELENA R., CARRETERO P., 1997. Caracterización edáfica de los pinares autóctonos españoles de *Pinus nigra* Arn. Comunicaciones INIA. nº 55.
- SCALTSOYIANNES A., ROHR R., PANETSOS K., TSAKTSIRAM., 1994. Allozyme frequency distributions in five european populations of black pine (*Pinus nigra* Arnold). *Silvae Genetica* 43(1), 20-30.
- SCHILLER G., CONKLE M.T., GRUNWALD C., 1986. Local differentiation among Mediterranean populations of Aleppo pine in their isoenzymes. *Silvae Genetica* 35(1), 11-19.
- SCHILLER G., GRUNWALD C., 1987. Resin monoterpenes in range-wide provenance trials of *Pinus halepensis* Mill. in Israel. *Silvae Genetica* 36(3/4), 109-114.
- SNYDER E.B., 1972. Glossary for Forest Tree Improvement Workers, Southern Forest Experiment Station. USDA Forest Service.
- SWEET G.E., 1964. Growth of five Spanish provenances of *Pinus sylvestris* L. at age six years in New Zealand. For. Res. Inst. Rotorua Research Leaflet 4,-3.
- TELLA G., GRAU J.M., HERNÁNDEZ J., CÁMARA A., 1997. Ensayo de procedencias de *Pinus brutia* Tenn. en María (Almería). I Congreso Forestal Hispano Luso. Actas Mesa 3: 633-638.
- TORRES DE CASTRO L.F., 1989. Isoenzimas do *Pinus pinaster* Ait. numa perspectiva de aplicação ao melhoramento genético da espécie, Vila Real: Universidade de Trás os Montes e Alto Douro.
- TOVAL G., 1987. Zonificación de áreas de semillas y reproducción. Ensayos de procedencias, Lourizan: Centro de Investigaciones Forestales.
- TUTIN T.G., HEYWOOD H.H., 1964. Flora Europaea, Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- VARELA M.C., ERIKSSON G., 1995. Multipurpose gene Conservation in *Q. suber*-a Portuguese example. *Silvae Genetica* 44, 28-37.
- VEGA P., GONZÁLEZ M., MOO C., VEGA G., 1993a. Primeros resultados de los ensayos de progenie del huerto semillero de *Pinus pinaster* Ait. en Sergude (Galicia). I Congreso Forestal Hispano Luso. Actas Mesa 3: 661-667.
- VEGA P., VEGA G., GONZÁLEZ-ROSALES M., RODRÍGUEZ, A., 1993b. Mejora del

- Pinus pinaster* Ait. en Galicia. Ponencias y comunicaciones Congreso Forestal Español 3, 129-134.
- VELLING P.M., TIGERSTEDT P.M.A., 1984. Harvest Index in a progeny test of Scots pine with reference to the model of selection. *Silvae Fennica* 18(1), 21-32.
- WESTFALL R.D., CONKLE M.T., 1992. Allozyme markers in breeding zone designation. *New Forests* 6, 279-309.
- WILCOX M.D., MILLER J.T., 1975. *Pinus nigra* provenance variation and selection in New Zealand. *Silv. Genetica*. 24 (5/6): 132-140
- WILHELMSSON L., ANDERSSON B., 1993. Breeding programmes in Sweden-Scots pine and lodgepole pine. Proceedings Nordic group for Tree Breeding. Edinburgh. 135-145.
- WILLAN R.L., 1984. Provenance seed stands and provenance conservation stands. DANIDA. Technical Note no. 14. 42 pp.
- WILLAN R.L., 1988. Economic returns from tree improvement in Tropical and Subtropical conditions, Technical note no.36.DANIDA Forest Seed Centre.
- WILLAN R.L., 1991. Guía para la manipulación de semillas forestales, Estudio FAO Montes, 20/2. FAO. Roma.
- WILLIAM C.G., HAMRICK J.L., 1995. Niveles de diversidad genética en un programa de generación avanzada de *Pinus taeda* L medidos con el uso de marcadores moleculares. *Recursos genéticos forestales* 23, 50-56.
- WILLIAM C.G., HAMRICK J.L., 1995. Multiple populations versus hierarchical conifer breeding programs: A comparison of genetic diversity levels. *TAG* 90, 584-594.
- XIMÉNEZ DE EMBUN J., 1959. El pino piñonero en las llanuras castellanas. Hojas divulgadoras. 11-59 H. Ministerio de Agricultura.
- XIMÉNEZ DE EMBÚN J., CEBALLOS L., 1938. Plan para la repoblación forestal de España. In: Ceballos, L., (Ed.). *Tres Trabajos Forestales*, 1996th edn. pp. 15-388. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente.
- YAGÜE S., 1995. Ordenación de los pinares de pino piñonero (*Pinus pinea* L.) en la provincia de Avila. Cuadernos de la SECF. 1: 221-236.
- YAGÜE S., 1997. Selvicultura mediterránea para una especie mediterránea: el pino piñonero (*Pinus pinea* L.) en la provincia de Avila. I Congreso Forestal Hispano Luso. Actas Mesa 4: 571-576.
- ZOBEL B., TALBERT J., 1984. *Applied Forest Tree Improvement*, New York: John Wiley and Sons.

ANEXO I

EL PINO PIÑONERO. (*PINUS PINEA* L.)

J. Gordo, S. Mutke, A. Prada

Introducción

El pino piñonero, a diferencia del resto de los pinos españoles, presenta la singularidad de tener como aprovechamiento principal la producción de fruto, razón que permite conocer mejor el rendimiento de las cosechas de piña y semilla de esta especie. Por este motivo, el presente capítulo se aparta en determinados puntos del esquema general seguido para el resto de las especies objeto de este libro.

Pinus pinea es una de las especies arbóreas más características de la flora mediterránea, debido a su particular porte aparasolado y a su uso desde antiguo como árbol de sombra y productor de apreciados piñones comestibles. Su distribución actual está muy condicionada por el cambio del paisaje mediterráneo, causado por la actuación antrópica milenaria.

Gracias a su gran frugalidad y facilidad de regeneración, el piñonero ha tenido una amplia difusión que, junto a la intensa transformación del territorio en el cual es espontáneo, dificulta la delimitación de su área natural. Resulta imposible distinguir, dentro de su distribución consolidada, entre las masas que han tenido una continuidad histórica y las que son lugares de origen secundario. Es en la Península Ibérica donde se encuentran sus pinares de mayor extensión y variación ecológica, mientras que en el resto de la Cuenca Mediterránea apenas se aleja de las estaciones costeras. Ocupa una superficie total que supera las 550.000 hectáreas, de las cuales se sitúan en España casi 400.000, de ellas 45% en Andalucía, 23% en Castilla y León, 18% en Castilla-La Mancha, 11 % en Cataluña y 3% en Madrid.

En las últimas décadas ha cambiado la valoración de estos pinares, al modificarse sus usos tradicionales y su papel como elemento integral de la economía de escala en aquellas poblaciones rurales que carecían de otros tipos de masas forestales. En los pinares netamente productores de piña, los aprovechamientos maderables han evolucionado hacia un carácter secundario. Hoy en día, se considera como su principal función el papel protector de los suelos brutos que constituyen su estación tipo, a la vez que se convierten en espacios de ocio, capaces de generar una renta sostenida por fruto y madera. Por su mencionada rusticidad, su facilidad de cultivo y su resistencia a la sequía, *Pinus pinea* se puede considerar como una especie alternativa de gran interés en las reforestaciones de tierras marginales en estaciones difíciles bajo clima mediterráneo.

La importancia de sus repoblaciones queda reflejada si se compara con su área natural consolidada. En España las repoblaciones superan en un 22 % a la superficie natural, estimada en 176.000 ha (Prada *et al.*, 1997). Según los Anuarios Estadísticos Agrarios, la superficie repoblada en el último medio siglo alcanza las 273.910 ha, más de la mitad en Andalucía. Destaca el incremento de su superficie en la cuenca del Duero, en las dos provincias extremeñas y en Ciudad Real.

Elemento característico de formaciones abiertas de la vegetación mediterránea, el pino piñonero es descrito por la mayoría de los autores como francamente heliófilo, xerófilo y relativamente termófilo. Su rango altitudinal llega desde el mismo litoral marino hasta los 1.000 m.

Según Regato (1997) se distinguen tres grupos litológicos: pinares sobre arenales costeros, pinares sobre arenales continentales de ambas mesetas castellanas, y pinares sobre batolitos graníticos, este último grupo principalmente en la vertiente meridional del Sistema Central y en Sierra Morena. Prada *et al.* (1997) utilizan la naturaleza química del substrato para diferenciar, a grandes rasgos y con carácter generalizador, tres estaciones: sobre arenales silíceos, sobre sedimentos calizos y sobre materiales paleozoicos y plutónicos. Los arenales se sitúan principalmente en la Meseta Norte y la Depresión del Guadalquivir, los sedimentos básicos predominan en La Mancha y en el interior catalán, y el tercer grupo abarca los pinares de las estribaciones de Guadarrama y Gredos, de la Sierra Morena andaluza y de las cordilleras catalanas del litoral y prelitoral.

La caracterización climática de las poblaciones españolas realizada por Prada *et al.* (1997) distingue los siguientes cuatro grandes grupos. Los pinares meseteños del interior peninsular son el grupo con las menores precipitaciones totales dentro la distribución española, con aridez estival prolongada y una acusada continentalidad, con inviernos muy fríos y veranos calurosos, y elevadas oscilaciones térmicas diarias. Los pinares andaluces se caracterizan por una aridez estival casi total durante un periodo largo, hasta más de 5 meses, aunque con precipitaciones anuales más elevadas que en el grupo anterior, especialmente en algunas zonas de Sierra Morena; su régimen térmico refleja la influencia oceánica, con mínimas más suaves. Los pinares costeros catalanes se caracterizan por temperaturas suaves tanto en invierno como en verano, con un periodo reducido de aridez estival, menor de 80 días; y por último las masas del interior catalán presentan mayores precipitaciones estivales y temperaturas más bajas durante el invierno.

La selvicultura aplicada en España a la especie está condicionada por su temperamento. El piñonero es una especie de luz, que se regenera con facilidad en cualquier lugar del monte donde existan claros. En masas protectoras, condición inherente de muchas de sus formaciones, requiere una selvicultura poco intensiva que conjugue la protección con una producción extensiva de fruto y madera, con edades de madurez alrededor de los 100 años, por encima de la cual el pinar entra en decrepitud vegetativa debido a hongos de pudrición. En las llanuras del interior, el turno oscila entre 80 y 100 años, con densidades finales cercanas a los 100-125 pies por hectárea; en los pinares de montaña orientados a la producción de fruto, y siempre que no presenten los problemas fitosanitarios apuntados, el turno se sitúa

entre 100-125 años (Yagüe, 1995), con densidades finales de 75 a 100 pies maderables por hectárea (Yagüe, 1997). Para algunos montes de la provincia de Huelva, Montero y Yagüe (1994) señalan turnos de sólo 60 años.

Los montes públicos de la provincia de Valladolid registraron en el período 1960-1990 un promedio de 3,6 hl/ha y año (190 kg¹), con importantes variaciones interanuales, desde cosechas prácticamente nulas hasta otras con 10-15 hl/ha (800 kg) como promedio provincial. Los máximos de producción, 40-50 hl/hectárea, son valores alcanzados en años buenos para rodales adultos en plena producción, que equivalen a 2.000 kg (Ximénez de Embún, 1959; García-Güemes *et al.*, 1997). En el Valle del Alberche y para los años 1990 a 1996 la productividad se estimó entre 52 y 458 kg/ha anuales (Yagüe, 1997). Para Andalucía occidental se sitúa entre 50 y 300 kg/ha y año (Montero y Yagüe, 1994).

Consumo y necesidad de semilla

El consumo histórico de semilla de *Pinus pinea* por parte de los Servicios Forestales ha sido elevado por la importancia de las siembras directas en la selvicultura aplicada a muchas masas de la especie, basada en las cortas a hecho con ayuda de regeneración artificial. Actualmente, estas prácticas tienden a desaparecer al sustituirse por las cortas de aclareo sucesivo. El consumo medio anual de semilla ha descendido desde 50.000 kg en los años sesenta a 28.000 kg en el período 1973-83 (Pardos y Gil, 1986); posteriormente el consumo se reduce y se ha recuperado con la entrada en vigor del R.D. 378/93 sobre la Forestación de Tierras Agrarias. Sirvan como referencia y aproximación los datos de consumo en Castilla y León para planificar las necesidades de material de base en esta Comunidad Autónoma. Atendiendo al consumo de semilla destinado a las siembras directas, a los viveros oficiales y a las necesidades del Plan de Forestación, se estima el consumo anual en 12.000 kg, y aparece desglosado en la tabla 1. La importancia de *Pinus pinea* en los programas regionales de forestación se refleja en la tabla 2.

Tabla 1. Consumo de material forestal de reproducción (semilla de *Pinus pinea* L.) en Castilla y León durante el periodo 1989 - 1994. (Fuentes: Junta de Castilla y León, Gordo *et al.*, 1995).

Consumo medio anual (kg)	Período
Siembras directas (excepto provincia de Valladolid)	909 kg 1989 - 92
Siembras directas (provincia de Valladolid)	2.757 kg 1986 - 94
Consumo en viveros oficiales	3.360 kg 1989 - 94
Total Oficial	7.026 kg
Plan Regional de Forestación de Tierras Agrarias	4.741 kg 1993 - 94
Total Castilla y León	11.767 kg

¹ Para la provincia de Valladolid se estima una media de 52,7 kg por hectólitro de piña (Gordo *et al.*, 1997a).

Tabla 2. Superficies repobladas con *Pinus pinea* L. en los Programas de Forestación de Tierras Agrarias de varias Comunidades Autónomas. (Fuentes: Gómez-Jover y Jiménez (1997), *D. G. del Medio Natural, Junta de Castilla y León).

Comunidad Autónoma	Período considerado	Hectáreas forestadas			Rango de P. pa. entre las especies más empleadas
		Total	con P. pa.	% s/t	
Andalucía	1993-96	119.909	1.602	1,3%	7
Baleares	1993-95	519	2	0,3%	8
Castilla-La Mancha	1996	18.379	1.629	8,9%	3
	1993-96	37.272			
Castilla y León *	1993-95	54.461	7.333	13,5%	4
Extremadura	hasta 3-97	37.483	353	0,9%	4
Madrid	1993-96	4.654	236	5,1%	3
La Rioja	1993-95	576	16	2,8%	6

Producción de semilla

En *Pinus pinea* la fructificación se inicia a los 15-20 años, pero es a partir de los 20-30 años cuando empiezan a ser apreciables sus cosechas.

La producción media anual por hectárea para una serie de 30 años de las cosechas de piña de los montes públicos de la provincia de Valladolid es de 3,6 hl, sin embargo los valores para años de mala y de buena cosecha varían desde 0,1 a 4,2 veces este promedio; en este período, en el que no se observa un patrón fijo de variación, se registraron 4 cosechas excepcionales (con más de 6 hl/ha como promedio), 12 buenas, 11 regulares y 4 malas (con 4 a 6; 2,5 a 4 y menos de 2,5 hl/ha, respectivamente). En la figura 2 del capítulo 5 se distinguen unos ciclos de seis a diez años que presentan dos o tres años consecutivos de buena cosecha, seguidos por otros tantos o más años de baja producción.

Las variaciones anuales de las cosechas en los pinares estudiados se producen independientemente de la calidad de estación pero con cierto gradiente geográfico común, que apunta a los factores ambientales como probables causas, y en especial los factores meteorológicos como son el régimen hídrico, las heladas, el granizo, etc.

En la abundancia de la cosecha final también influyen factores bióticos, como los insectos perforadores de las piñas, *Pissodes validirostris* y *Dioryctria mendacella*, cuyas larvas pueden afectar del 10 a más del 90 % de la cosecha, mermando su valor comercial entre estos porcentajes. Otro perforador endémico en los pinares es la evetria (*Rhyacionia buoliana*) que, al destruir las yemas del año, impide la formación de los brotes como posibles portadores de estróbilos femeninos, llegando a hacer nula la floración. En determinadas zonas pinariegas, la recuperación de las poblaciones de ardilla y su gran apetencia por el fruto es causa preocupante de daños difíciles de cuantificar, ya que no sólo consume piñas maduras del último año sino también piñas del segundo.

La tabla 3 muestra los datos disponibles sobre la producción de piña y piñón en masas de *Pinus pinea* (en su mayor parte referidos a la provincia de Valladolid). Los valores de 0,4-2 hl de piña por hectárea y año aportados por Romero (1886) reflejaban pinares irregulares, alejados de la espesura normal y con una edad media que no pasa de los 60 años. Los valores del IFIE (1967) se basan en montes ordenados, y así el valor de 2 hl/ha anuales, antes apuntado como umbral superior, se ha convertido en el valor medio de producción anual para el conjunto de las masas, y se alcanza una producción media anual de 4,36 hl/ha en los montes seleccionados para la producción de semilla, lo que corresponde a unos 230 kg de piña por hectárea.

Por otra parte, los valores manejados por Ximénez de Embún (1959) para las llanuras castellanas y relativos a la producción unitaria media de 32 kg de piña por árbol son propios de cosechas excepcionales y muy alejados del promedio. Se corresponden con valores alcanzados en masas adultas y en condiciones óptimas. Por lo tanto, los valores dados por este autor no se pueden extrapolar a la superficie total de un monte normal de piñonero, con rasos, tramos en regeneración y de monte bravo, etc.

Tabla 3. Valores de la producción de semilla en masas de *Pinus pinea*, según varios autores.

	Romero, 1886 y 1896	Campo <i>et al.</i> , 1921		Ximénez de Embún, 1959	IFIE, 1967 ¹		Gordo <i>et al.</i> , 1997 ¹
		Vallad.	Huelva		masas	MS	
Arboles semilleros /ha	100	-	-	130-416	112	109	60-80
kg piña / árbol	-	-	-	5-32	1,36	2,86	3,6
hl piña / árbol	-	-	-	0,06-0,38	0,021	0,044	0,063
hl piña / ha	0,4-2	-	-	25,0-49,8	2,32	4,36	2,5-4-6
kg/hl piña	55,8-70	53,0	61,0	56,0	-	-	46,5-52,7-58,8
kg semilla/100 kg piña	15-24	-	-	21,4	-	-	11,1-19,1-23,1
kg semilla / hl de piña	10,5-13,4	-	-	12,0	-	-	8,9-10,1-11,2
kg semilla / ha	5,4-26,8	-	-	485	-	-	25-40-60
n° semilla / kg	1.435	1.764	1.051	-	-	-	1.229-1.786- 2.708
Escalada	-	-	-	-	-	-	411
hl piña/hombre día: escalada	-	-	-	-	-	-	7

¹ MS: Datos de masas y rodales selectos de la provincia de Valladolid

En la actualidad, se acepta como producción media de las masas de la Meseta Norte castellana unos 200 kg de piña por hectárea anuales, que dan 40 kg de semilla. En las masas y rodales selectos de la provincia de Valladolid (Gordo *et al.*, 1995) se alcanzan rendimientos medios de 1.054 kg de piña y 200 kg de semilla por hectárea y año.

Estimación de la superficie necesaria de áreas productoras de semilla

La cantidad de semilla necesaria para las superficies teóricas de repoblación reflejadas en la tabla 4 se puede estimar aproximadamente en 2 kg por hectárea (1,8-3 kg), a partir de los siguientes valores: 1.600 plantas por hectárea, según la densidad inicial media prevista en las repoblaciones con esta especie (marco 2x3 m); un número de semillas por kg alrededor de 1.600 (entre 1.050 para Huelva y 1.786 para la Meseta Norte); rendimiento en vivero de 50%, considerando 2 semillas para obtener 1 planta al admitir la hipótesis más desfavorable, que busca asegurar el éxito en la obtención de al menos una planta por envase.

Para estimar las superficies productoras de semilla en masas de *Pinus pinea* se parte de los datos referidos a zonas efectivas de recogida: 40 kg por hectárea en masas naturales como fuentes de semilla, 200 kg/ha en masas y rodales selectos, y el doble en rodales semilleros.

Tabla 4. Estimación de la superficie necesaria de rodales y masas productoras de semilla de *Pinus pinea* L. y de superficie de recolección para producir semilla o para repoblar una determinada superficie anual.

Cantidad de semilla a recolectar	Superficie teórica a repoblar*	Superficie de áreas productoras de semilla en masas de <i>Pinus pinea</i> (ha)		
		40 kg/ha y año	200 kg/ha y año	400 kg/ha y año
kg/año	Ha	Superficie total	Masa selecta	Rodales semilleros
		Ha	ha/año	ha
1.000	500	25	5	2,5
2.000	1.000	50	10	5
4.000	2.000	100	20	10
8.000	4.000	200	40	20
16.000	8.000	400	80	40

* nº de semillas por kg: 1.600
 nº de plantas por kg de semilla: 800
 densidad de plantación: 1.600/ha

Regiones de procedencia

A pesar de la presencia dispersa de *Pinus pinea* en casi toda la Península, se pueden definir siete regiones de procedencia que agrupan las masas naturales de cierta importancia, separadas entre si por lejanía o por barreras geográficas que provocan su aislamiento reproductivo (Prada *et al.*, 1997). Este criterio se cumple estrictamente para las regiones del interior peninsular; sin embargo, tanto los pinares de Cataluña como los andaluces se han sepa-

rado en dos regiones de procedencia en cada caso, en base a las condiciones ecológicas dispares de estas masas, aún careciendo de barreras geográficas que impidan un intercambio genético. Además de estas siete grandes regiones (Tabla 5), se han descrito otras cuatro procedencias de área restringida.

La variación morfológica se ha estudiado en los dos principales núcleos de su aprovechamiento tradicional, Valladolid y Huelva (Campo *et al.*, 1921; Gordo *et al.*, 1997).

Tabla 5. Descripción de las regiones de procedencia de *Pinus pinea* L. (Prada *et al.*, 1997).

Región de procedencia	Altitud (m)	Subtipos Fitoclimáticos (Allué, 1990)	Factores climáticos (mínimas-máximas)			Tipo de sustrato	
			T (° C)	p (mm)	pe (mm)	St.	pH
1. Meseta Norte	650-900	VI(IV) ₁ ; IV(VI) ₁	10,5-13,5	351-610	2-16	S	6,4-7,0
						C	7,6-8,8
2. Valles del Tiétar del Alberche	600-1.000	IV ₄ ; VI(IV) ₁ ; VI(IV) ₂	13,2-15,1	648-1.007	7-12	S	5,7-7,0
3. La Mancha	700-900	IV(VI) ₁	12,2-14,8	353-690	6-12	C	7,2-8,2
4. Depresión del Guadalquivir	0-200	IV ₂	15,8-18,5	465-754	0-2	S	5,6-6,7
						C	8,0
5. Sierra Morena	200-800	IV ₂ ; IV ₄	14,8- 9,4	495-1.104	0-6	S	5,1-6,0
6. Cataluña Litoral	0-600	IV(VI) ₂ ; VI(IV) ₄	13,2- 16,7	506-880	15-44	S	6,2-7,5
						C	8,3
7. Cataluña Interior	400-900	VI(VII); VI(IV) ₁	11,7-14,7	558-859	31-50	S	5,5-6,1

Para el estudio del comportamiento de la especie se estableció en 1995 un ensayo de procedencias circunmediterráneas, instalado en 4 sitios de ensayo en España (Martín y Prada, 1995), que incluye 17 poblaciones de seis regiones españolas. Sus resultados permitirán evaluar las diferencias adaptativas que presente la especie en el comportamiento de sus procedencias. Por último, el análisis de la variación genética mediante isoenzimas se ha mostrado poco eficaz para esta especie (Fallour *et al.*, 1997).

Actuaciones de mejora

Para *Pinus pinea*, los criterios de elección de la procedencia se encuentran desarrollados en Prada *et al.* (1997), por lo que aquí solamente se presentan los resultados más destacados.

La homologación climática se ha realizado, a partir de parámetros fitoclimáticos de las estaciones meteorológicas de la zona a repoblar frente al ámbito fitoclimático definido para cada una de las regiones de procedencia (Figura 1). En general, la caracterización fitoclimática de muchas regiones de la Península no corresponde al ámbito genuino de ninguna de las regiones de procedencia, y la mayor parte de éstas son dispares unas con otras, lo que confirma que desde el punto de vista climático, la procedencia más idónea para repoblar en cada una de estas zonas es la fuente de semilla local.

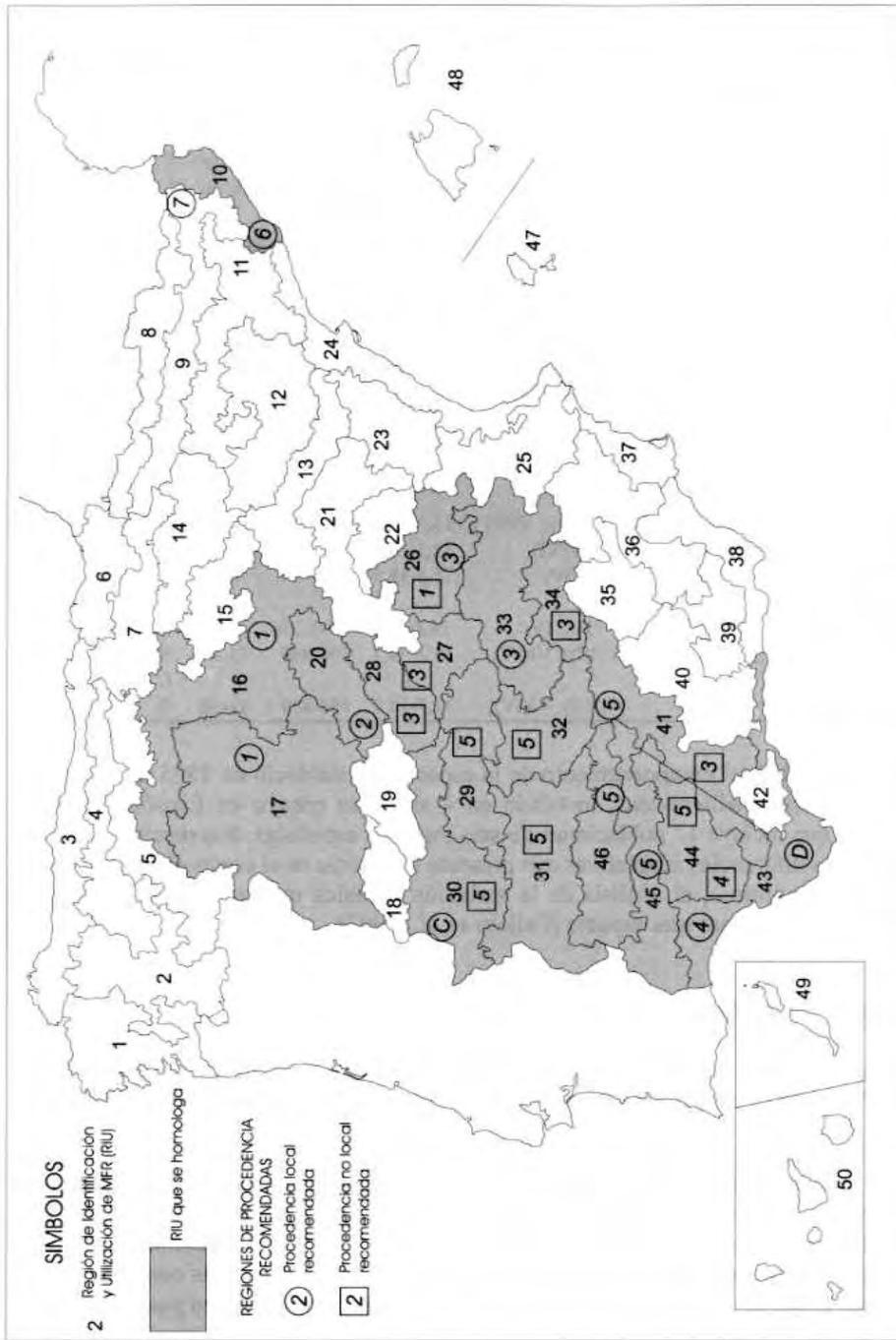


Figura 1.- Recomendaciones de uso del material de reproducción de *Pinus pinea* L. por Regiones de Identificación y Utilización (Prada *et al.*, 1997).

La selección de la procedencia de semilla para repoblaciones forestales, a falta de otra información (resultados de ensayos de procedencia, antiguas repoblaciones de origen conocido, etc.) se debe basar en la comparación entre las condiciones ecológicas de la zona a repoblar y de las posibles fuentes de semilla. A partir de las Regiones de Identificación y Utilización (RIU) del Material Forestal de Reproducción se ha realizado la homologación climática de las regiones de procedencia con estas regiones de utilización, análoga al proceso seguido para las restantes especies.

Como recomendaciones de uso destacan tres principios: el uso de fuentes de semilla local dentro de las regiones de procedencia, su expansión dentro de las RIU homologadas, y evitar las mezclas en el empleo de material forestal de reproducción entre las regiones definidas. A falta de mayores conocimientos sobre la adaptación de la especie a sustratos de diferente naturaleza química, también es recomendable tener en cuenta la edafología del sitio a repoblar hasta que los ensayos de procedencia den respuesta al respecto.

Las actuaciones de mejora en las diferentes regiones de procedencia de *Pinus pinea* se han basado en el manejo por separado de dos poblaciones: la formada por el material de base identificado y selecto, destinada a obtener semilla, y los bancos clonales, instalados a partir de la selección fenotípica de grandes productores de fruto y cuyo objetivo es encontrar genotipos valiosos.

La estrategia básica recomendada a corto plazo para *Pinus pinea* pretende disponer de material de base para la producción de MFR seleccionado con una amplia base genética que garantice la variabilidad de las fuentes de semilla utilizadas, para cada una de las regiones de procedencia. Debido al elevado rendimiento de producción de piña por hectárea se requieren reducidas superficies productoras de semilla. Teniendo en cuenta además el encarecimiento creciente del piñón como fruto seco y su repercusión en el precio del fruto en pie, es recomendable realizar una gestión encaminada a su obtención en rodales semilleros. En determinadas regiones de procedencia, estas actuaciones básicas están sin desarrollar, frente al impulso dado a los bancos clonales (Iglesias, 1997).

Como técnica de mejora se contempla la utilización del injerto como principal vía de producción vegetativa para propagar los clones grandes productores de fruto, previamente evaluados en los bancos clonales existentes para todas las regiones de procedencia. Esta actuación favorece el uso potencial de la especie, al permitir la recogida de fruto sin la necesidad de la escalada a los árboles y la obtención de cosechas abundantes y regulares de un material ya mejorado.

No se debe descartar totalmente la estrategia a largo plazo destinada a obtener material sexual constituido por semillas genéticamente mejoradas; así se preveía en la propuesta de la Red Nacional de Huertos Semilleros (Pardos y Gil, 1986) la instalación de un solo huerto semillero en la provincia de Jaén, por la importancia de las repoblaciones con la especie en la Sierra Morena. En esta línea, se establecerían a partir de los clones seleccionados como grandes productores de piñón uno o varios huertos semilleros no testados para obtener semilla selecta (Gil y Abellanas, 1989), ensayos de progenies que permitieran calificar la superioridad de los genotipos seleccionados y finalmente huertos semilleros depurados, productores de semilla controlada (o testada).

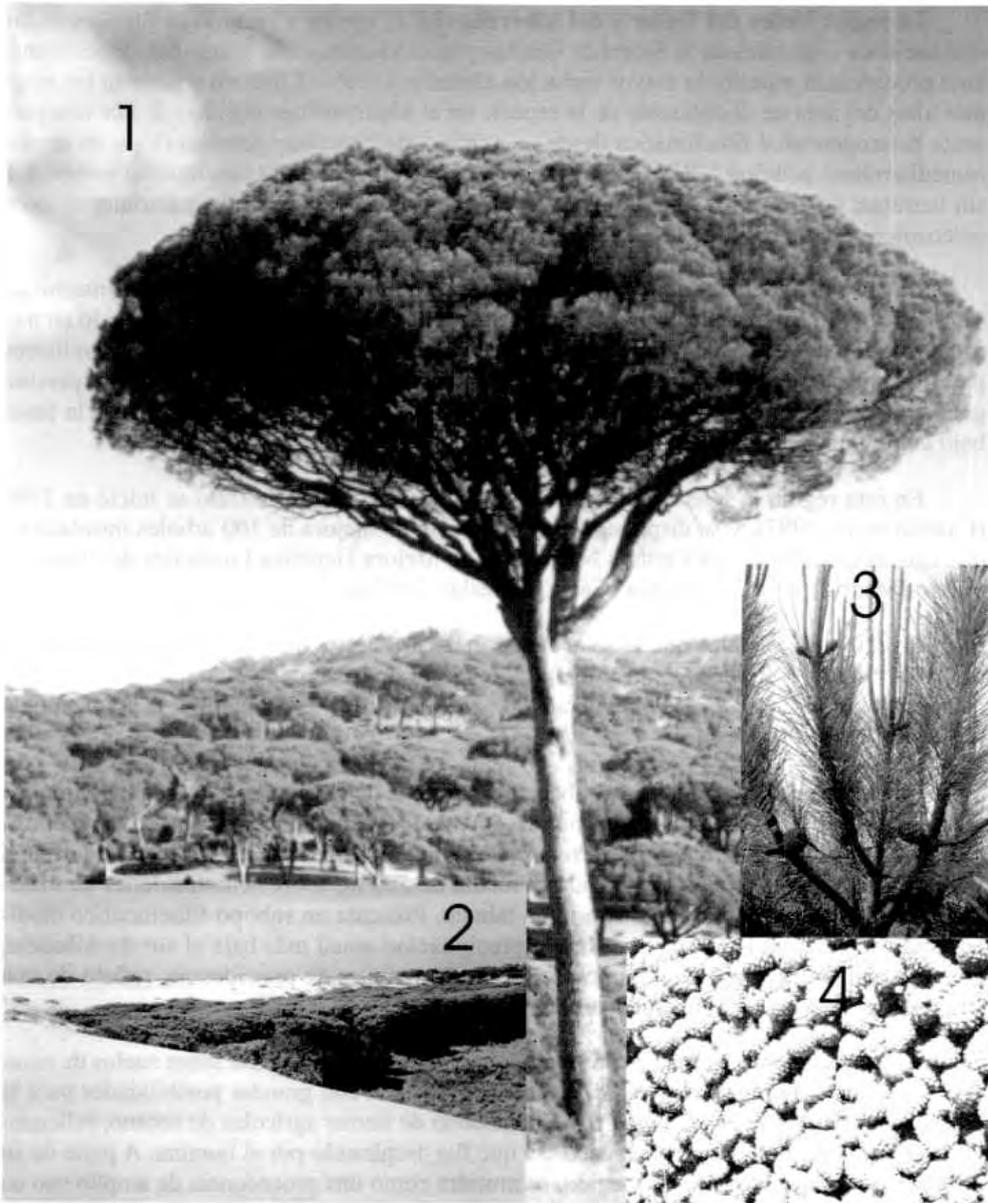
Al igual que en el caso de otros pinos se recomienda, para aquellas poblaciones que ocupan grandes extensiones homogéneas y continuas dentro de una región, el almacenamiento de semilla como medida de conservación de recursos *ex situ* frente a la posibilidad de incendios forestales catastróficos. La facilidad de su conservación y su elevada demanda garantizan la renovación de las existencias almacenadas, eliminan situaciones indeseadas de falta de semilla para acometer la recuperación de las zonas quemadas a la vez que se conservaría la amplia base genética de esas poblaciones, sin tener que recurrir a la introducción de orígenes no deseados.

Los pinares de la **Meseta Norte (RP1)** ocupan una gran extensión en la planicie castellana. Las poblaciones presentan una continuidad y una relativa homogeneidad fitoclimática, caracterizada por una continentalidad bastante extremada, VI(IV)₁ y IV(VI)₁; el período de aridez aumenta hacia el oeste. En esta región se distinguen dos grandes dominios geomorfológicos, las campiñas y los páramos calizos. Sobre estos dominios el pinar se asienta en litologías de naturaleza variada.

La amplia variación ecológica existente en la región y la ubicación en Castilla y León de los pinares más apreciados por sus aprovechamientos de fruto, propició en 1989 el inicio de una línea de mejora destinada a obtener semilla procedente de masas y rodales selectos y de rodales semilleros.

En la cuenca del Duero muchas estaciones susceptibles a la reforestación con *Pinus pinea* se alejan considerablemente del hábitat tipo de la especie en esta región. Así, en el Plan de Forestación de Tierras Agrarias de Castilla y León (Junta de C. y L., 1993), se definió como especie principal en 48 estaciones fuera de su área natural, (en las comarcas Tierra de Campos, Cerratos Oeste, Oeste de Zamora y zonas borde de la Tierra de Pinares). Por esta razón ha sido preciso conocer las poblaciones naturales de *Pinus pinea* adaptadas a condiciones climáticas y edáficas que en un principio son marginales dentro de la ecología de la región y definir, pese a su reducida extensión, rodales selectos por su valor de adaptación. Es el caso de las margas compactas para las que Gandullo y Sánchez Palomares (1994) niegan incluso la presencia de pinares de piñonero naturales o naturalizados en pendientes superiores al 30 %, salvo en situaciones marginales; sin embargo, la singularidad de los pinares naturales sobre margas en las cuestas es la base para la potencial expansión artificial de la especie mediante repoblaciones en terrenos similares dentro y fuera de la Meseta Norte. Desde la década de los ochenta, ha sustituido con éxito al pino carrasco como especie principal empleada en gran parte de las restauraciones forestales de las cuestas margosas de las provincias de Valladolid y Palencia, utilizando desde 1993 semilla de rodales selectos delimitados en las mejores masas naturales de estas mismas cuestas.

Como línea de mejora más avanzada se inició también en 1989 la selección de fenotipos grandes productores de fruto, para encontrar genotipos valiosos como productores de piñón. En 1992 se estableció en la provincia de Valladolid un banco clonal de propagación para su caracterización productiva; esta subpoblación se ha depurado y ampliado, iniciando en 1998 los trabajos para la instalación de dos futuros bancos clonales de forma simultánea en el CNMGF de Puerta de Hierro (Madrid) y en Valladolid.



Pinus pinea en Hoyo de Pinares (Avila), región de procedencia Valles del Tietar y del Alberche (foto 1), donde tradicionalmente se ha producido una fuerte presión antrópica. Cerro de los Ansares, en Doñana (Cádiz), región de procedencia Depresión del Guadalquivir (foto 2); donde desempeña una importante función de protección sobre el avance de las dunas costeras. Detalles de la floración y cosecha de piña en Valladolid, región de procedencia Meseta Norte (fotos 3 y 4). (Fotografías Gregorio Montero)

La región **Valles del Tiétar y del Alberche (RP2)** agrupa a los pinares situados en las estribaciones orientales de la Sierra de Gredos y occidentales de la Sierra del Guadarrama. Esta procedencia muestra la mayor variación altitudinal (600 - 1.000 m) y alcanza las cotas más altas del área de distribución de la especie en el Mediterráneo occidental. Por ello presenta heterogeneidad fitoclimática desde un subtipo mediterráneo genuino IV₄ a un nemomediterráneo genuino VI(IV)₁ y VI(IV)₂. Se caracterizan por su continuidad geográfica sin barreras, una reducida extensión, y una homogeneidad litológica de materiales silíceos paleozoicos que le confiere una gran uniformidad edáfica.

El uso actual de material de esta procedencia, es estrictamente local y el consumo de semilla bajo. Se han propuesto 109 hectáreas de material de base selecto, distribuido en tres rodales según un gradiente altitudinal, y se recomienda su conversión a rodales semilleros para reducir su superficie y facilitar su gestión en una comarca con una enorme presión ganadera y de ocio. Esta procedencia presenta posibilidades de expansión de su orla basal bajo condiciones más áridas y a una altitud de 600 m en la cuenca del Tajo.

En esta región la selección de árboles grandes productores de fruto se inició en 1990 (Catalán *et al.*, 1997), y se dispone de una población de mejora de 100 árboles instalada en dos bancos clonales en los Centros Nacionales de Mejora Genética Forestales de Puerta de Hierro (Madrid) y La Almoraima (Cádiz) (Iglesias, 1997a).

Los 20 rodales en los que se seleccionaron los árboles se distribuyen en las provincias de Avila, Madrid y Toledo y constituyen un material de base que, si cumple los requisitos de selección (Gordo *et al.*, 1995; Galera *et al.*, 1997), puede pasar a ampliar la población de material de base propuesta.

En el norte de la provincia de Albacete y sur de la de Cuenca se extiende la región **La Mancha (RP3)** formada por pinares muy fragmentados, debido a la intensa actividad antrópica por la vocación agrícola del terreno y la reducida superficie de Montes de Utilidad Pública. Los pinares se sitúan a una altura media de 700 m, sobre acumulaciones de materiales en su mayoría calizos en disposición tabular. Presenta un subtipo fitoclimático mediterráneo subnemoral IV(VI)₁ y registra la precipitación anual más baja al sur de Albacete, con 353 mm, valor entre los mínimos de todas las regiones de procedencia, reflejo de una situación de semiaridez propia del sudeste peninsular.

Al igual que en la Meseta Norte destaca la presencia de la especie sobre suelos de naturaleza pesada, como margas y yesos. Es una procedencia con grandes posibilidades para la expansión artificial de *Pinus pinea* por el abandono de tierras agrícolas de secano, rellenando los huecos de un paisaje en mosaico del que fue desplazado por el hombre. A parte de su reforestación dentro de la propia región, se muestra como una procedencia de amplio uso en casi toda la submeseta sur e incluso en la orla meridional de la depresión del Guadalquivir. Por esta razón, como estrategia a corto plazo, se precisa realizar la selección de material de base selecto e identificar las poblaciones adaptadas a litologías pesadas y condiciones de semiaridez que solucione las carencias existentes. El desarrollo de este trabajo básico complementaría la línea de mejora desarrollada a partir de una población formada por 78 árboles instalada en un banco clonal en el Centro Nacional de Mejora Genética Forestal de Puerta de Hierro, Madrid (Iglesias, 1997a).

Los extensos pinares que ocupan las dunas y los sedimentos de la planicie del Golfo de Cádiz constituyen la denominada región **Depresión del Guadalquivir (RP4)**, formando una mancha continua en la llanura onubense y más dispersa en la provincia de Cádiz. Los pinares del Campo de Gibraltar, aunque ocupan una posición periférica, se han incluido en esta región. Su clima es el más cálido soportado por la especie, con ausencia de heladas, temperatura media anual entre 16° y 19° C y un período de aridez estival muy prolongado, factores que confieren a la región un subtipo mediterráneo genuino IV₂. Los pinares se mantienen en las cotas más bajas de su distribución, desde el nivel del mar hasta 200 m, y se asientan sobre sedimentos terciarios marinos y sobre depósitos aluviales y terrazas arenosas, dunas y playas fósiles.

En la provincia de Huelva se encuentran las masas naturales de la especie más extensas de la Península, y se alcanzan las mayores y mejores producciones de fruto cuando la capa freática se sitúa a escasa profundidad.

Los pinares de la región de procedencia **Sierra Morena (RP5)** están localizados en la zona occidental de la Cordillera Mariánica, que comprende el norte de las provincias de Huelva, Sevilla, Córdoba y noroeste de Jaén, y algunas manifestaciones puntuales en el sur de Badajoz. En su conjunto aparece como un área dispersa y fragmentada, enmarcada dentro de un paisaje de sierras muy accidentadas, que discurren relativamente próximas, con una alineación NO-SE. Los pinares se asientan sobre materiales muy antiguos, de edad paleozoica y precámbrica, de naturaleza mayoritariamente silíceo y con abundantes afloramientos graníticos. Los suelos en general son ácidos y pobres. Por su amplia extensión en sentido este-oeste la heterogeneidad climática es patente, caracterizada por la pérdida de influencia de los vientos húmedos del SO y el aumento de la continentalidad hacia Levante, siendo en esta región donde el pino piñonero soporta las mayores temperaturas dentro de su distribución española.

En Sierra Morena se repoblaron con pino piñonero algo menos de 100.000 hectáreas en las provincias de Córdoba y Jaén, cifra que indica sus enormes posibilidades de expansión artificial en la región. El Plan Forestal Andaluz (Junta de Andalucía, 1989) que prevé alcanzar una superficie poblada con esta especie de 300.000 ha en el año 2048, junto a la alternativa que supone el uso de la especie en terrenos agrícolas marginales y el aprovechamiento tradicional de fruto, motivaron el desarrollo desde 1989 de un programa de mejora para la especie (Abellanas *et al.*, 1997). Este programa de mejora considera todas las poblaciones como pertenecientes a una misma región de procedencia (Abellanas *et al.*, 1993) aunque define tres zonas de actuación (posteriormente: zonas de mejora) que reflejan las diferencias ecológicas y una presumible fuente de variación.

Estas zonas de mejora constituyen una herramienta para la planificación de actuaciones (selección masal y establecimiento de una red de ensayos de clones y progenies) y gestión de recursos. La zona de mejora 1 se corresponde con la Depresión del Guadalquivir, la zona 2 con Sierra Morena, y la 3 se reparte entre las dos regiones. Como resultado de esta zonificación, se dispone desde 1993 de un conjunto de áreas productoras de semilla identificada, que supone un avance en los trabajos de selección masal realizada por el IFIE y sólo

disponibles para la Depresión del Guadalquivir. Posteriormente se han seleccionado 20 rodales, según un criterio de elevada producción de fruto; cada rodal tiene una superficie aproximada de 4 ha, y se reparten 15 en la Depresión del Guadalquivir y 5 en Sierra Morena. Con sencillas actuaciones y si se cumplen los criterios de selección, estos rodales podrían formar parte de la población de material de base selecto de las dos regiones de Andalucía.

Como línea de mejora más avanzada se inició la selección de fenotipos grandes productores de fruto, utilizando como parámetro la producción en peso de piñón por metro cuadrado de proyección horizontal de copa; se dispone de 100 árboles seleccionados y se han establecido cuatro parcelas de ensayo de clones, con dos parcelas en cada una de las regiones, que permitirán, por la vía vegetativa, caracterizar los mejores individuos en cuanto a la producción de fruto. Así mismo, se plantea una línea de mejora a largo plazo, destinada a la obtención de material sexual para distinguir los genotipos grandes productores, mediante el establecimiento de ensayos de progenies en las mismas parcelas que los ensayos de clones.

Los pinares de la región de procedencia **Cataluña Litoral (RP6)** se encuentran bajo un clima de influencia marina, en la Cordillera Litoral Catalana, Cordillera Prelitoral, Serra de les Gavarres, en la depresión prelitoral y en el llano ampurdanés. La naturaleza y edad de los complejos litológicos es muy variada, lo que da lugar a suelos muy heterogéneos, predominando los desarrollados sobre rocas silíceas y sedimentos mio-pliocénicos. Se trata de un conjunto de pinares distribuidos en el relieve montañoso característico de la zona costera catalana, razón por la que los valores climáticos presentan una gran variabilidad: heladas escasas y poco intensas, temperaturas suaves y una distribución de la lluvia homogénea en la zona litoral (subtipo fitoclimático IV(VI)₂), aumentando la continentalidad hacia el interior (subtipo VI(IV)₄), con máximas de precipitaciones al norte y mínimas al sur, e inviernos más fríos que se corresponden con un subtipo nemoromediterráneo genuino VI(IV)₂ en las proximidades de Montserrat.

Los pinares más interiores, en las comarcas de Osona y Moyares, y pequeñas manifestaciones periféricas se han agrupado en la región de procedencia **Cataluña Interior (RP7)**. Las condiciones climáticas bajo las que se encuentran estos pinares, con unas precipitaciones bien distribuidas a lo largo del año y un período estival seco muy reducido, definen en carácter transicional hacia subtipos más nemorales que permite *a priori* separarlas de las poblaciones costeras, aunque no exista aislamiento reproductivo entre ambas por la ausencia de barreras geográficas. Con un rango altitudinal de 400 a 900 m, predominan los suelos de naturaleza caliza, aunque en general con ausencia de caliza activa.

Las dos regiones carecen de material de base identificado o seleccionado, por lo que se recomienda realizar los trabajos básicos de selección. Sin embargo desde 1993, cuentan con una línea de mejora avanzada a partir del establecimiento de un banco clonal de propagación en el Centro Nacional de Mejora Genética Forestal de Puerta de Hierro (Madrid), formado por 90 clones, y otro de menor número de clones en el de la Almoraima (Cádiz) (Iglesias, 1997a).

En España existen además cuatro poblaciones de área restringida de *Pinus pinea*: Biar (Alicante), Sierra de Bogarra (Albacete), Garrovillas (Cáceres) y Marbella (Málaga). La

continuidad de la población de Biar dependerá de la ausencia de incendios forestales, las de la Sierra de Bogarra y de Garrovillas de la carga ganadera a la que están sometidas, mientras la población de Marbella sufre la presión de la intensiva actividad turística y urbanística de la costa mediterránea. Por ello se recomienda la conservación de sus recursos genéticos *ex situ* y las medidas necesarias para su conservación *in situ*, lo que implica la protección legal y real de estas masas.

Material de base para la producción de material de reproducción identificado

En el *Catálogo de Material de Base para la producción de material de reproducción identificado* se recogen para *Pinus pinea* 18 masas y rodales identificados, distribuidos en 4 regiones de procedencia. Fueron elegidos en base a su calidad fenotípica y a su superioridad en la producción de fruto, según inventarios realizados por el IFIE en los años sesenta y completados con trabajos posteriores (Tabla 6).

La lista de estos materiales de base resulta insuficiente, especialmente para las dos regiones de Cataluña y para La Mancha, por lo que se recomienda el desarrollo de las estrategias a corto plazo indicadas. Asimismo se deben incorporar como material de base identificado las áreas semilleras de Andalucía (Abellanas *et al.*, 1997).

Tabla 6. Catálogo de material de base identificado para la producción de Material Forestal de reproducción de *Pinus pinea* L.

Región de Procedencia	Nº de montes	Provincias
1. Meseta Norte	7	Valladolid
2. Valles del Tiétar y del Alberche	5	Avila, Madrid, Toledo
3. La Mancha	2	Cuenca
4. Depresión del Guadalquivir	4	Huelva

Por otra parte, según el modelo expuesto para Castilla y León, queda patente la conveniencia y facilidad de delimitar como material de base directamente a masas o rodales de categoría selecta para cada región, añadiendo cierta garantía de calidad genética frente a semilla de categoría identificada.

Material de base para la producción de material de reproducción seleccionado. Criterios y caracteres de selección

Para la región de procedencia 1, Meseta Norte, la selección de material de base ha sido iniciada por técnicos de la Junta de Castilla y León (Gordo *et al.*, 1995) que propusieron la selección de 7 masas y rodales selectos, tres de ellos coincidentes con el inventario del IFIE. Estudios edáficos posteriores han confirmado la ausencia de variación de la estación establecida *a priori* entre dos rodales de Tordesillas, uniéndose en uno solo, y se ha incorpora-

do un nuevo rodal seleccionado por su adaptación a litologías marginales (regosoles). Estos rodales sirven como material de base del que se obtiene material de reproducción de la categoría seleccionado empleado por la administración autonómica en sus viveros forestales y en las repoblaciones propias. En el mismo trabajo se proponen tres rodales selectos para la región de procedencia 2, Valles del Tiétar y del Alberche (Tabla 7).

Se eligió como criterio particular de selección la producción media de fruto del monte, valor conocido para los montes gestionados por la Administración Forestal; una buena producción de fruto asegura la calidad de la masa, un buen estado fitosanitario y unos altos rendimientos en la recogida de semilla. Esta primera selección se realizó entre las masas naturales y las repoblaciones de origen conocido, estratificando esta fase de preselección por las diferentes situaciones ecológicas presentes en la región de procedencia.

Esto significa, para el modelo seguido en la Meseta Norte, que el umbral de selección se sitúa en 300 kilogramos de piña como cosecha media anual por hectárea de superficie total del monte (6 hl/ha y año) para los pinares de las principales zonas productoras, mientras que en las zonas marginales se da preferencia al criterio de la adaptación sobre él de la producción, recomendando una producción media superior a los 200 kg de piña al año. Así, se han seleccionado masas como netamente productoras en los arenales de campiña y en el páramo calizo, y masas adaptadas en las cuevas margosas (Cogeces de Iscar y Quintanilla de Onésimo) y bajo condiciones climáticas bastante más áridas que en el resto de la región (Toro), con el fin de contar con material de base adaptado para su uso en repoblaciones sobre localizaciones marginales similares. En los pinares de los Valles del Tiétar y del Alberche el gradiente altitudinal se consideró como el principal factor de variación ecológica en la selección.

En el siguiente paso se evaluaron los caracteres fenotípicos de selección, recogiendo datos relativos a la forma de fuste y copa según la metodología propuesta por el grupo de trabajo *Material Forestal de Reproducción*, descrita por Galera *et al.* (1997) en el manual de selección de masas productoras de semilla. Estos parámetros morfológicos son de menor interés que la producción de fruto, pero corresponden a la exigencia del uso múltiple al que se somete la ordenación de los pinares, compatibilizando la producción de fruto con la maderable y los demás usos y servicios.

Como resultado, se dispone de las fichas de propuesta de admisión, la cartografía y las fichas de caracterización ecológica y fenotípica de los diez rodales, quedando pendiente tras la entrada en vigor del R.D. 1356/1998 su aprobación y su publicación en el BOE.

Tabla 7. Propuesta de Material de Base: Masas y rodales selectos en Castilla y León (actualizado 1998)

Región de procedencia	Código	Término Municipal	Altitud (m)	Longitud	Latitud	Superficie (ha)
(01) Meseta Norte	ES-23/01/001	Iscar (VA)	750	4° 31'W	41° 21'N	360
	ES-23/01/002	Tordesillas (VA)	680	4° 57'W	41° 30'N	106
	ES-23/01/004	La Parrilla (VA)	855	4° 34'W	41° 33'N	20
	ES-23/01/005	Portillo (VA)	850	4° 32'W	41° 28'N	59
	ES-23/01/006	Cogeces de I. (VA)	800	4° 57'W	41° 25'N	22
	ES-23/01/007	Toro (ZA)	680	5° 27'W	41° 31'N	45
	ES-23/01/008	Quintanilla de Onésimo (VA)	780	4° 18'W	41° 37'N	50
	(02) Valles del Tiétar y del Alberche	ES-23/02/001	El Hoyo de P. (AV)	900 -1.000	4° 21'W	40° 31'N
ES-23/02/002		El Hoyo de P. (AV)	720 - 750	4° 20'W	40° 28'N	8
ES-23/02/003		Cebreros (AV)	600	4° 22'W	40° 25'N	75

PUBLICACIONES DEL



**MINISTERIO DE
AGRICULTURA
PESCA Y
ALIMENTACIÓN**

INSTITUTO NACIONAL
DE INVESTIGACIÓN Y
TECNOLOGÍA AGRARIA
Y ALIMENTARIA