

Persea indica L.

Viñátigo, viñático

Jorge NARANJO BORGES

1. Descripción

1.1. Morfología

Su nombre en español procede del portugués “vinhático”. El viñátigo es un árbol de porte considerable, de hasta 20 m de altura, si bien los ejemplares maduros pueden tener mayor talla, alcanzando en fondos de barranco en la isla de La Gomera los 30 m. El viñátigo se ramifica en una copa densa, siempre verde y globosa. La corteza es gris oscura fisurada. Las ramas jóvenes presentan lenticelas prominentes, alargadas longitudinalmente, de aspecto áspero sobre fondo verde y liso. Los troncos maduros son de color gris con lenticelas grandes, regularmente distribuidas y alargadas transversalmente (Bañares y Barquín, 1982).

Las hojas son persistentes, se insertan en el tallo de forma simple y alterna mediante un peciolo amarillento. Se trata de hojas oblongo lanceoladas, enteras, de color verde oscuro por el haz y verde pálido en el envés, tornándose de color rojizo cuando envejecen y caen, delatándose su presencia especialmente entre la hojarasca (Guzmán *et al.*, 2007). Las hojas resultan largas, hasta 20 cm de longitud y 7 cm de anchura, lo que las sitúa entre las especies de mayor superficie foliar dentro de las especies arbóreas de la laurisilva. El olor aromático característico de las hojas del viñátigo lo diferencia del resto de las hojas de lauráceas presentes en el monteverde.

Los árboles viejos se rodean de brotes de cepa, llamados “chupones”, como ocurre en el laurel y el til (Bañares y Barquín, 1982). Cuando el tronco principal muere, los chupones lo reemplazan alcanzando un grosor y una altura considerables. Estos troncos secundarios se rodean a su vez de nuevos chupones que vuelven a reemplazar a los anteriores. Así, en los lugares donde el bosque no ha tenido grandes aprovechamientos, podemos encontrar círculos de troncos terciarios rodeando un hueco circular, en el lugar donde crecieron los troncos primarios y secundarios.

1.2. Biología reproductiva

Las inflorescencias aparecen en racimos terminales o subterminales largamente pedunculados. Las flores, hermafroditas, son pequeñas (1 cm) de color blanquecino-verdosas o amarillentas, regulares y 4-6 partidas (Delgado, 1986).

Puede florecer en distintas épocas del año, desde la primavera hasta finales de verano, dependiendo del vigor, la altitud y la exposición del árbol. La polinización es entomófila. La maduración tiene lugar en verano y otoño, coincidiendo en el mismo pie frutos verdes y maduros (Fig. 1). En el viñátigo no se aprecia vecería, fructificando anualmente si las

condiciones ambientales son buenas y realizando el ciclo floración-fructificación durante todo el año.

El fruto es una baya aovado-elíptica de unos 2 cm de longitud. Es parecido a una pequeña aceituna, con una cubierta lisa y carnosa que incluye una sola semilla de color marrón oscuro. El pericarpo es fino y pasa de color verde a negro púrpúreo al madurar. El endocarpo está íntimamente ligado a la testa (Delgado, 1986).



Figura 1. Frutos de *Persea indica*
(Foto: J. Naranjo).



Figura 2. Semillas de *Persea indica*.

La estrategia de dispersión de la semilla es principalmente barócora, es decir, disemina el fruto por gravedad. Así, no es raro ver los frutos caídos a pie del árbol. El mecanismo de diseminación del fruto maduro consiste, por tanto, en la regeneración en el entorno de la copa del árbol madre. Sin embargo, los animales también pueden jugar un papel importante en la dispersión de esta especie, especialmente las palomas endémicas de la laurisilva.

No se conocen casos de hibridación entre el viñátigo y el aguacate (*Persea americana*), especie cultivada en las islas. Las plantaciones de aguacate se encuentran en su mayoría en pisos de vegetación inferiores.

1.3. Distribución y ecología

El viñátigo es una especie endémica de la Macaronesia, presente en Canarias, isla de Madeira y Azores, por lo que el término “indica” no hace referencia a su lugar de procedencia. En Canarias está presente en las islas centrales y occidentales (Arechavaleta *et al.*, 2010). Se trata de una de las especies principales del monte verde canario y símbolo vegetal de la isla de La Gomera (Martín *et al.*, 1995).

Habita en los lugares más umbríos y con mayor humedad edáfica del bosque de laurisilva, preferentemente en las proximidades de fondos de barranco, vaguadas y hoyas (Bañares y Barquín, 1982; González, 2008). Forman así masas densas que condicionan un medio muy umbrío junto con tiles y laureles. En el Parque Nacional de Garajonay se instala preferentemente en las cuencas orientadas al norte, entre 800 y 1.000 m. En las islas de mayor altitud pueden encontrarse ejemplares aislados a cotas superiores.

Bajo copa, la estrategia del viñátigo consiste en alcanzar rápidamente un hueco en el dosel, con gran crecimiento en altura y poca ramificación, para así poder luego desarrollar su propia copa (Naranjo, 1995). Puede observarse más de un crecimiento al año, por lo que los anillos de crecimiento no se corresponderán con anillos anuales.

Los viñátigos que viven fuera del entorno eminentemente forestal adquieren un tamaño de hoja mucho menor. El valor medio de la superficie de las hojas de sol puede ser poco más de la mitad que el de la superficie foliar de las de sombra (Morales *et al.*, 1992). No obstante, la mayor resistencia al calor entre las especies de laurisilva y, después del laurel (*Laurus novocanariensis*), la desarrolla el viñátigo; a partir de 54 °C es cuando las hojas de esta especie comienzan a tornarse de color marrón (Lösch, 1980).

La especie acusa la sequía prolongada; por ello la ejecución de varios riegos en el período estival contribuye en gran medida a su establecimiento. Se trata de una especie de sombra (Naranjo, 1995), de temperamento delicado en las primeras edades, cuyo factor limitante cabe pensar es la falta de agua a tenor de la baja fuerza de succión que ejercita (Naranjo, 1992 y 1994).

El área natural de distribución del viñátigo apunta a que se trata de una especie vinculada al monteverde primigenio. En la actualidad su distribución se ha reducido notablemente en las islas de El Hierro, Tenerife y Gran Canaria por la deforestación de los bosques originarios. Su distribución es mayor en las islas de La Gomera y La Palma, donde también es posible observarlo en laderas húmedas. En la isla de Madeira y en todas las islas forestales del archipiélago de las Azores, donde está presente su distribución, también se ha reducido a causa de su valor maderero (Silva, 2005).

Según el inventario realizado en el Parque Nacional (Fernández *et al.*, 1998), las especies arbóreas que componen el monteverde pueden dividirse en tres grupos. El viñátigo pertenece al grupo de especies que junto con el brezo (*Erica arborea*), faya (*Morella faya*), acebiño (*Ilex canariensis*), laurel (*Laurus novocanariensis*) y palo blanco (*Picconia excelsa*) conforman el grupo de especies arbóreas con mayor presencia en los bosques de monteverde gomeros que acumulan más del 95% de la biomasa total. En la laurisilva madeirense el viñátigo, con una densidad de cerca de 18 individuos por hectárea, se encuentra por detrás del laurel (*Laurus azorica*), til (*Ocotea foetens*), faya (*Morella faya*) y árbol de Santa María (*Clethra arborea*) (Costa *et al.*, 1996).

2. Materiales forestales de reproducción

2.1. Marco normativo. Identificación de los materiales de reproducción

No es una especie cuyos materiales de reproducción tengan regulada su producción y comercialización. Para promover la conservación de las características genéticas de las poblaciones, se deben usar materiales locales y no transferirlos entre islas. Las especies del género *Persea* están sujetas a la normativa de pasaporte fitosanitario.

La Orden de 20 de febrero de 1991, sobre protección de especies de la flora vascular silvestre de la Comunidad Autónoma de Canarias, declara el viñátigo “Especie protegida”,

quedando sometido su uso y aprovechamiento a lo establecido en el artículo 202 y siguientes del Reglamento de Montes, en especial el 228.

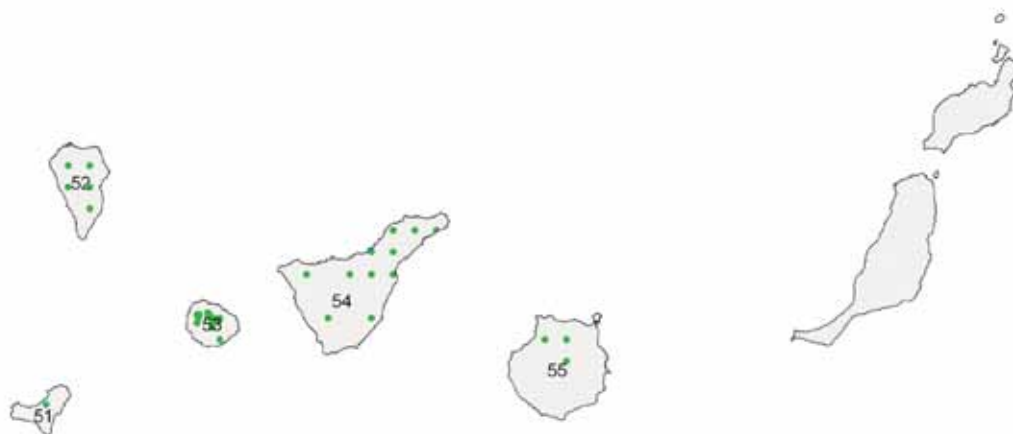


Figura 3. Distribución de *Persea indica* y Regiones de Identificación de sus materiales de reproducción (Fuente: Anthos).

2.2. Técnicas de manejo y propagación

2.2.1. Semillas

La recolección de frutos se puede efectuar en verano y también en otoño dependiendo de la floración en el año. El fruto se recoge a mano del árbol en pie cuando éste es pequeño o del suelo cuando es grande o inaccesible. Se requiere que el fruto esté en sazón, es decir lo suficientemente maduro. A veces se consigue recolectar algunos frutos despulpados en el suelo. Recolectados los frutos se extraerá la semilla. Para despulpar se deberá macerar el fruto pasándolo por agua, o bien escarificar frotándolo ligeramente. Una vez separada la parte carnosa de las semillas, se procede al secado y a la limpieza de las mismas, eliminando los restos del endocarpo que aún pudieran quedar adheridos, así como otras impurezas que se detecten. Otra posibilidad consiste en extender los frutos recién recolectados para que se sequen y sembrarlos sin despulpar. En este caso el fruto se endurece y puede favorecer el desarrollo de patógenos.

En la Tabla 1 se ofrecen datos de características de lotes de semillas, tanto de elaboración propia como de otras referencias bibliográficas. No existen datos de rendimiento de semilla obtenida respecto a fruto para esta especie.

En condiciones de vivero, sin control de los parámetros de temperatura y humedad como en laboratorio, el período de latencia ronda los dos meses si se dan las condiciones adecuadas de temperatura. No obstante, como en el caso de otras especies de monteverde, se ha comprobado que en el semillero queda un banco de semillas sin germinar hasta el siguiente año. Si el semillero permanece en condiciones para la germinación de las semillas, en el siguiente año emergen más plántulas y el porcentaje de germinación final aumenta.

Tabla 1. Datos característicos de lotes de semillas de *Persea indica*.

Pureza (%)	Facultad germinativa (%)	N ° semillas kg ⁻¹	Referencia
100	50% rango mínimo admisible en un periodo de ocho meses	1.200	Delgado (1986)
	31 ⁽¹⁾		
	65 ⁽²⁾		Bañares (1992)
	60-79,51		Naranjo (1996)

⁽¹⁾ Maceración

⁽²⁾ Sin tratamientos en invernadero

2.2.2. Vegetativa

Las facilidades que ofrecía la germinación de semillas de viñátigo, ya en los primeros años de experimentación, fue la razón por la que diferentes autores no utilizaron la propagación vegetativa (Kunkel y Kunkel, 1974; Delgado, 1986). El viñátigo se puede multiplicar vegetativamente mediante estaquillas leñosas y acodo aéreo. Los resultados de enraizamiento obtenidos en La Gomera (Parque Nacional del Garajonay) de 13% para estaquilla en invernadero o en cama caliente con tratamiento hormonal son bajos (Bañares, 1992). Sin embargo, en el caso de acodos se obtuvo el 100% sin tratamiento hormonal previo.

En la actualidad se desecha la reproducción vegetativa, debido a la obtención de suficientes plantas a través de semillas y a la temprana edad de fructificación de la especie (con plenitud a partir de los 10 años).

3. Producción de plantas

Las primeras plantas en producirse en vivero de las especies típicas de la laurisilva fueron las especies de fácil germinación, entre las que se encuentra el viñátigo (Naranjo, 2004). Hoy en día, el viñátigo se sigue produciendo con regularidad en contenedor forestal (Fig. 3), si bien, su producción anual en vivero no es en grandes cantidades al tratarse de una especie climática.

El cultivo de planta a raíz desnuda debe evitarse por la fragilidad que muestra la especie a la falta de agua en el suelo (Naranjo, 2000). Con una fertilización adecuada se puede producir planta de calidad de una savia. En estas circunstancias, envases de al menos 300 cm³ son suficientes para un buen desarrollo del cepellón. Salvo en el caso particular que se siembre directamente sobre contenedor, la siembra se suele llevar a cabo sobre bandejas. El sustrato empleado puede variar dependiendo del vivero, pero se aconseja la mezcla de fibra de coco o turba rubia de *Sphagnum* (85% en volumen) con perlita (15% en volumen).

El sistema de abonado, además de la fertirrigación en modernos viveros, puede consistir en la mezcla del sustrato con abono de liberación lenta de una duración de 12-14 meses, porque es el tiempo que la planta va a permanecer en vivero.



Figura 4. Planta de una savia de *Persea indica* cultivada en contenedor (Foto: J. Naranjo).

Las plantas trasplantadas pasan la fase de crecimiento en zona sombreada durante unos 6 meses, hasta que adquieren una altura suficiente entre 30 y 40 cm (Tabla 2). Una vez transcurrido dicho periodo, las plantas se exponen al sol para su fase de endurecimiento antes de su salida al campo. Se pueden dar pérdidas por problemas de podredumbre a causa de hongos de raíz.

Tabla 2. Valores de atributos morfológicos de plantas de *Persea indica*.

Atributos morfológicos	Valores mínimos	Valores recomendados	Valores máximos
Altura (cm)	20	30-40	50
Diámetro del cuello de la raíz (mm)	3	3,5-6	7

4. Uso en repoblaciones y restauraciones

Las repoblaciones forestales con viñátigo son recientes, comenzando en la década de los años 80, motivadas por la fácil producción de la especie en vivero. Es una especie que puntualmente se ha usado en jardinería, en fincas particulares, así como en alineaciones de calles y carreteras secundarias en medianías del norte, encontrándose árboles de talla media con producción de fruto.

Su uso en reforestación responde a la disponibilidad de las condiciones adecuadas (Naranjo, 1992), por lo que se aconseja su uso en repoblaciones bajo cubierta arbórea o para enriquecer la biodiversidad, tratando de evitar suelos pesados. Sus plántulas son de crecimiento rápido en lugares de umbría (González *et al.*, 1993).

El viñátigo se utiliza preferentemente con fines de conservación o restauración del ecosistema, si bien en los terrenos particulares podría tener un uso de aprovechamiento forestal con fines madereros.

5. Planificación de la repoblación

La labor de desbroce de matorral previa a la plantación se puede realizar a hecho en los terrenos llanos o por fajas en terrenos con pendiente. El desbroce puede ser mecanizado con desbrozadoras. Durante la tarea de desbroce hay que respetar el estrato arbustivo que puede aportar sombra a la especie. La preparación del terreno se basa en el ahoyado manual o, si el suelo lo permite, se realiza con barrena helicoidal.

La planta más utilizada ha sido la de una savia con cepellón. Las plantaciones deberán llevarse a cabo en otoño con las primeras lluvias o con el simple cambio de tempero. La especie acusa la sequía prolongada; por ello la aplicación de varios riegos en el período estival contribuye en gran medida a su establecimiento. El riego será un requisito indispensable para ver prosperar repoblaciones de viñátigo en superficies desarboladas (Naranjo, 1995). Las especies de laurisilva, incluyendo el viñátigo, son inferiores a las especies esclerófilas mediterráneas en términos de evitar y tolerar el estrés hídrico (Lösch, 1993). Los riegos deben ser, por tanto, de establecimiento y de mantenimiento. El primero se efectúa para mejorar la disponibilidad hídrica de la planta después de la plantación y facilitar así su arraigo o establecimiento. Los riegos de mantenimiento se realizan con el fin de asegurar la viabilidad de la repoblación en caso de que las precipitaciones en los meses posteriores a la plantación sean muy reducidas y se ponga en peligro la supervivencia de las plantas y, en todo caso, durante los dos primeros veranos. El riego garantiza que las hojas de las plantas no pierdan turgencia y terminen por caer (Naranjo, 2000). En caso de plantación con fines madereros los riegos se deberán prolongar durante varios veranos más para lograr el arraigo y acelerar el crecimiento en altura.

El marco de plantación usado suele ser de 3x3 m al tresbolillo, con densidades finales de 1.000 pies ha⁻¹. En el caso de producción de madera puede reducirse para mejorar la autopoda. En terrenos rocosos o con falta de suelo se deberá renunciar a la regularidad de la plantación. En plantaciones bajo copa, las plantas se ubicarán donde reciban más cantidad de luz.



Figura 5. Planta de *Persea indica* de cinco años con necesidad de poda de guiado
(Foto: J. Naranjo).

Se debe plantar por pequeños grupos o bosquetes atendiendo a su autoecología y para evitar competencias interespecíficas innecesarias. El inconveniente que se plantea a *posteriori* en las tareas de gestión radica en el tratamiento de aclarado, por lo que la plantación bajo un estrato arbustivo en vez de bajo uno arbóreo, resulta más apropiado por la disminución de costes en el futuro. La ventaja de la plantación en superficies desarboladas, que no requieren aclarado, se ve descompensada por los mayores gastos de riego, por el elevado número de marras y el retraso de crecimiento en altura. Bajo esas condiciones desfavorables, las plantas tardan en superar la altura del estrato herbáceo o subarbustivo que les suministra protección y se las observa puntisecas a una determinada altura, por lo general entre 1,5 y 2 m de altura (Naranjo, 1995).

Se recomienda el uso de protectores, si bien es una especie que no es atacada por herbívoros. Se utilizan mallas plásticas negras de 0,6 m altura. Estos protectores, además, reducen la insolación, provocando menor transpiración e, incluso, aumentan la captación de bruma. Los protectores se fijan al suelo mediante dos tutores. Los protectores pueden retirarse a partir del tercer año, una vez que las plantas los han superado con creces.

El mantenimiento adecuado de la plantación requiere una serie de cuidados culturales que serán más intensos si se le da un carácter más productor a la forestación. Resulta necesaria la poda de guiado por su facilidad para brotar desde la base (Fig. 6). La poda para la producción de madera se basará en la eliminación de las ramas bajas y de las secas. Las podas pueden realizarse en cualquier época del año.

Establecida la plantación, al cabo de 10 años, en plena producción de frutos, es fácil observar gran cantidad de brinzales bajo los árboles. A la sombra de las copas la regeneración natural soporta bien el invierno y la primavera, aunque buena parte de ella perece durante la sequía estival.

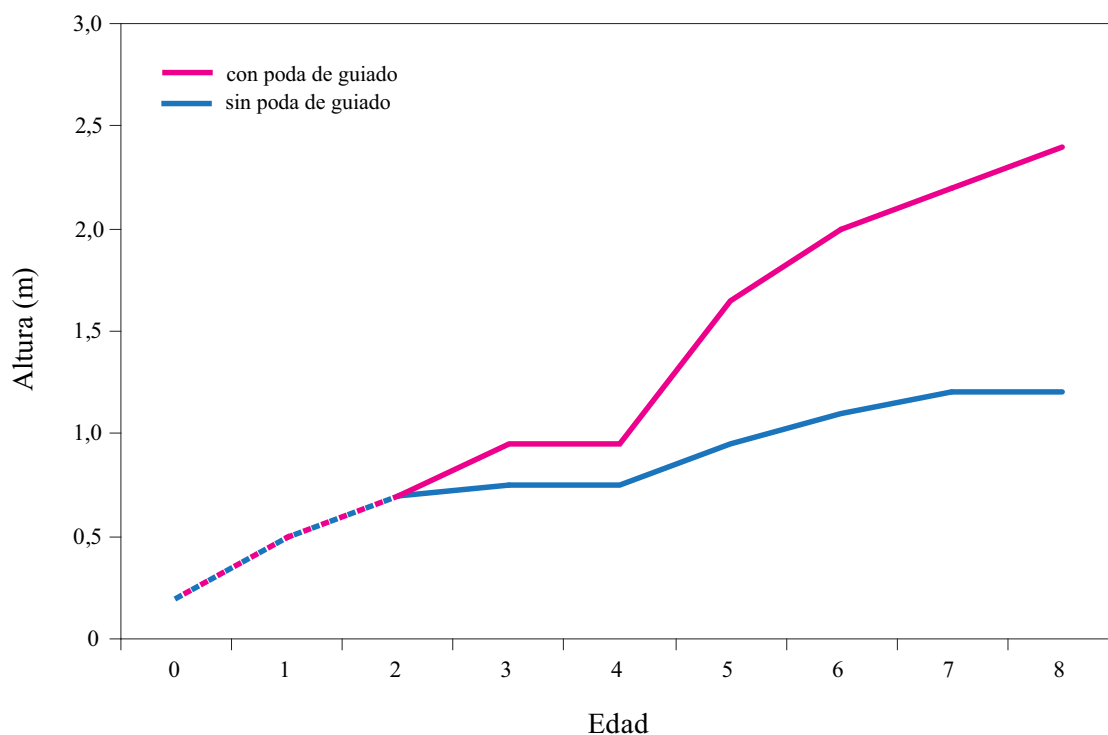


Figura 6. Comparación del crecimiento medio en viñátigos durante 8 años en superficie desarbolada en ladera, con poda y sin poda de guiado, sobre una muestra de 39 individuos.

Tabla 3. Comparación de crecimiento en plantas de *Persea indica* tras 8 años en campo (zona de plantación: medianías del norte de Gran Canaria; tamaño muestral: 60 individuos).

Localización	Altura media (m)	Rango de alturas (m)	Rango de alturas (m)	Rango de diámetro a 1,30 m (cm)	Número medio de troncos
Parcela agrícola abandonada en fondo de barranco (490 m de altitud)	8,5	4,5-10,6	6-8	9-20	1
			8-10	16-25	
			>10	19-21	
Superficie desarbolada en ladera (500 m de altitud) sin poda de guiado	1,2	0,7-1,7	-		7

Agradecimientos. A Carlos Velázquez, Juan García e Isabel Reyes por las facilidades concedidas para el trabajo en los viveros forestales y a Benito Aguiar por el tratamiento fotográfico.

6. Bibliografía

- ANTHOS, 2012. Sistema de información de las plantas de España. [Base de Datos en Línea]. Real Jardín Botánico, CSIC Fundación Biodiversidad. Disponible en http://www.anthos.es/v22/index.php?set_locale=es [7 En, 2012].
- ARECHA VALETA M., RODRIGUEZ S., ZURITA N., GARCIA A. (eds.), 2010. Lista de especies silvestres de Canarias. Hongos, plantas y animales terrestres. 2009. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación Territorial. Gobierno de Canarias, Tenerife.
- BAÑARES A., 1992. Contribución al conocimiento de la propagación vegetativa y sexual de las especies vegetales de la laurisilva canaria I. Botánica Macaronésica 19-20, 53-64.
- BAÑARES A., BARQUÍN E., 1982. Árboles y arbustos de la laurisilva gomera: Parque Nacional Garajonay, Santa Cruz de Tenerife.
- COSTA H., VALENTE A.V., FAVILA B., GOMES I., MARQUES J.C., ABREU N., GOMES P., OLIVEIRA P.J., 1996. Laurissilva da Madeira: Caracterização quantitativa e qualitativa. Secretaria Regional de Agricultura, Florestas e Pescas, Parque Natural da Madeira, Funchal.
- DELGADO J.C., 1986. Propagación de árboles canarios. Excmo. Cabildo Insular de Gran Canaria, Las Palmas de Gran Canaria.
- FERNÁNDEZ A., FAGUNDO C., HERRERA A., PADILLA J., AGUILAR J., LERALTA J., 1998. El Parque Nacional de Garajonay. Guía de Visita. Organismo Autónomo Parques Nacionales, La Gomera.
- GONZÁLEZ F.J., CABRERA M.A., GONZÁLEZ M., 1993. Resultados de una experiencia de repoblación con especies arbóreas de laurisilva canaria. Invest. Agr.: Sist. Recur. For. 2(2), 197- 209.
- GONZÁLEZ J.M., 2008. Selvicultura de la laurisilva canaria. En: Compendio de Selvicultura aplicada en España (Serrada R., Montero G., Reque J.A., eds.). Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Agroalimentaria. Madrid. pp. 909-928.
- GUZMÁN J., CABRERA F., MELIÁN A., 2007. Árboles de Canarias: Guía de campo. Alejandro Melián Educación Ambiental, Las Palmas de Gran Canaria.
- KUNKEL G., KUNKEL M.A., 1974. Flora de Gran Canaria I: Árboles y arbustos arbóreos. Ediciones del Excmo. Cabildo Insular de Gran Canaria, Las Palmas.
- LÖSCH R., 1980. Die Hitzeresistenz der Pflanzen des kanarischen Lorbeerwaldes. Flora 170, 456-465.
- LÖSCH R., 1993. Water relations of Canarian laurel forest trees. En: Water transport in plants under climate stress (Borghetti M., Grace J., Raschi A., eds.). Cambridge University Press, Cambridge. pp. 243-246.
- MARTÍN J.L., GARCÍA H., REDONDO C.E., GARCÍA I., CARRALERO I., 1995. La Red Canaria de Espacios Naturales Protegidos. Consejería de Política Territorial. Viceconsejería de Medio Ambiente. Gobierno de Canarias, Canarias.
- MORALES D., JIMÉNEZ M.S., WAGNER J., LARCHER W., 1992. Caracterización morfológica e histológica de las hojas de sol y sombra de *Persea indica* (L) Spreng. y *Persea americana* Mill. Vieraea 21, 61-76.
- NARANJO J., 1992. Estudio autoecológico de especies arbóreas canarias a través de mediciones de tensión de succión. Excmo. Cabildo Insular de Gran Canaria. Inédito.
- NARANJO J., 1994. Die Entwicklung von jungen Lauraceen bei unterschiedlichen Wuchsbedingungen auf der Insel Gran Canaria. Göttinger Beiträge zur Land- und Forstwirtschaft in den Tropen und Subtropen. Heft 91.

NARANJO J., 1995. Crecimiento juvenil de las lauráceas en distintas calidades de estación en la isla de Gran Canaria. *Vector plus* 4, 17-27.

NARANJO J., 1996. Ensayos de germinación Escuela Taller Monte Doramas, Gran Canaria. Inédito.

NARANJO J., 2000. Parcela experimental Pico de Osorio: Plantación con cepellón y a raíz desnuda. *Silva* 0, 20-23.

NARANJO J., 2004. La laurisilva en Canarias y en Madeira. *Forestalia* 9, 1-8.

SILVA M., 2005. O Vinhático. En: *Folhosas Diversas*. *Folha Viva* 30, 11-12.

Phillyrea angustifolia L.

Labiérnago, olivillo; *cat.*: aladern; *eusk.*: gartxu hostoestua

Phillyrea latifolia L.

Labiérnago prieto, labérnago negro; *cat.*: aladern de fulla ampla; *eusk.*: gartxu hostoestua

Jaime PUÉRTOLAS SIMÓN, Juan Ignacio GARCÍA VIÑAS, Aitor GASTÓN GONZÁLEZ, María Aránzazu PRADA SÁEZ

1. Descripción

1.1. Morfología

Phillyrea angustifolia es un arbusto o mata que raramente alcanza los 4 m de altura; en cambio, de *Ph. latifolia* se conocen ejemplares que llegan hasta los 8 m, aunque habitualmente no supera los 3 m. Ambas son perennifolias, inermes y presentan hojas simples, coriáceas, sentadas o con un corto pecíolo, que se insertan de manera opuesta en el tallo.

Phillyrea angustifolia suele presentar un porte más o menos globoso, con predominio de ramas erguidas. En ella son de destacar, como elementos diferenciales, las ramillas terminales, que son de color grisáceo, lampiñas, y las hojas, con un limbo largo (3 a 6 cm) y estrecho (menor de 12 mm), linear a linear-lanceolado, con el margen entero o, a veces, con algún diente cillo.

Por el contrario, *Ph. latifolia* presenta las ramas jóvenes pubérulas la mayoría de las veces y hojas con limbo de 1 a 6 cm de longitud, proporcionalmente ancho (10-33(43)mm) (Andrés, 2012), elíptico, aovado hasta lanceolado, y margen desde débilmente serrulado a muy dentado.

1.2. Biología reproductiva

En ambas especies las inflorescencias son unos cortos racimos axilares, con flores pequeñas, amarillas, en las que destacan dos estambres y cuatro lóbulos prominentes quedando oculto el pistilo. Los frutos son drupas, de 3 a 5 mm de longitud en *Ph. angustifolia* y de 5 a 8 mm en *Ph. latifolia*, con poca pulpa y con un huesecillo blanquecino de unos 4 mm de longitud (Fig. 1 y 2). Las semillas contienen una parte significativa de sustancias de reserva y un embrión conspicuo.



Figuras 1 a y b. Frutos de *Phillyrea angustifolia* en fase de maduración (izquierda) y de *Ph. latifolia* ya maduros (derecha) (Fotos: C. Cardo).

Ambas especies son androdioicas, con individuos con flores hermafroditas y otros cuyas flores presentan los pistilos no funcionales, lo que las hace funcionalmente masculinas o estaminadas (Lepart y Dommée, 1992). Según Pannel (2002), la androdioecia habría evolucionado de la dioecia y conferiría una ventaja adaptativa a la especie, asegurando la producción de semillas por autofecundación en eventos de colonización. Aunque, en algunas polinizaciones artificiales el polen de ejemplares hermafroditas ha mostrado menor eficacia que el de las flores masculinas (Traveset, 1994; Vassiliadis *et al.*, 2000), el estudio de Vassiliadis *et al.* (2002), empleando técnicas moleculares, estima que el éxito reproductor masculino de ambos tipos de flores es similar y está condicionado por la distancia de cruzamiento y por el solapamiento fenológico. No obstante, en algunas poblaciones se ha visto que los pies masculinos florecen con más frecuencia y en mayor abundancia que los hermafroditas (Aronne y Wilcock, 1994 b; Pannel y Ojeda, 2000), hecho particularmente evidente en situaciones de estrés, lo que puede estar indicando la existencia de un esfuerzo reproductor en los pies con flores femeninas debido a la formación de frutos (Pannel y Ojeda, 2000), tal y como se puede también inferir por la existencia de una vecería muy marcada (Herrera *et al.*, 1994; Herrera, 1998).

Phillyrea angustifolia florece entre los meses de febrero y mayo (Arroyo, 1990), mientras que *Ph. latifolia* lo hace algo más tarde, entre abril y junio. La polinización se efectúa gracias al viento, favoreciendo el cruzamiento entre individuos relativamente alejados, y también por insectos.

La maduración de la mayoría de los frutos tiene lugar entre agosto y octubre en el caso de *Ph. angustifolia* y entre octubre y noviembre en *Ph. latifolia*. La producción de frutos es muy variable entre años (Herrera, 1998); Herrera *et al.* (1994) observan sólo dos años de buena cosecha en 15 años en *Ph. latifolia*. La producción de frutos también puede sufrir reducciones por la formación de agallas de ciertas moscas en los ovarios (Traveset, 1994) y por ataques de larvas de gorgojos en las flores (Herrera *et al.*, 1994).

Los frutos son dispersados por vertebrados frugívoros, principalmente aves, aunque también pueden ser transportados secundariamente por hormigas (Aronne y Wilcocks, 1994 a). Sin embargo, se ha observado una dispersión limitada de semillas de *Ph. latifolia* en años de producción de frutos abundante debido a la falta de sincronía con la abundancia de aves, produciéndose un efecto saciante (Herrera *et al.*, 1994). Las semillas



Figuras 2 a y b. Semillas de *Phillyrea angustifolia* (izquierda) y *Ph. latifolia* (derecha).

son dispersadas a corta distancia por las aves mutualistas, particularmente debajo de otros individuos con frutos carnosos y de otras especies de matorral. Este patrón de distribución espacial puede verse alterado posteriormente por el grado de idoneidad del microhábitat para la germinación y el desarrollo de los brinzales (Herrera *et al.*, 1994). El paso de los frutos por el tracto digestivo de las aves aumenta las tasas de germinación de las semillas, por la disminución del grosor y estructura de su cubierta y el consiguiente aumento en su permeabilidad (Traveset *et al.*, 2008).

Ambas especies producen brotes epicórmicos con facilidad y vitalidad y brotan muy bien de cepa tras la roza y el fuego. Es especialmente notable la tolerancia al ramoneo de *Ph. latifolia*, como puede observarse en montes con excesiva carga ganadera o de ciervos, gamos y cabras monteses, que la comen con gran avidez.

1.3. Distribución y ecología

Phillyrea angustifolia se distribuye por la región mediterránea occidental, desde Calabria y Sicilia hasta Portugal y la costa atlántica de Marruecos. En la Península Ibérica está más o menos extendida, salvo en las zonas montañosas y en las más frías (Fig. 3). Habita principalmente en la región de clima mediterráneo, con una reducida presencia en la de clima atlántico. Es especialmente abundante en los dominios de la vegetación esclerófila y subesclerófila (Ruiz de la Torre, 2006), como en alcornocales, encinares y pinares de pino piñonero, negral y carrasco y, en menor medida, en acebuchales, algunos sabinares de *Juniperus phoenicea*, quejigares del norte de Burgos y Álava, etc. Es una especie muy frecuente en los brezales mixtos y brezales-jarales del cuadrante sudoccidental y de Cataluña.

Es una especie xerófila, que tolera períodos de aridez hasta de 3 meses y soporta bien las altas temperaturas estivales mediterráneas (hasta temperaturas medias de 17-18 °C y medias de las máximas absolutas de 38,5 °C) y mal los fuertes fríos invernales (las medias de las mínimas absolutas de las localidades donde prospera no suelen bajar de 0 °C). Destaca la amplitud del rango de precipitaciones de las estaciones en las que habita (aproximadamente desde 350 a 1.880 mm anuales aproximadamente, aunque gran parte de su ámbito climático se sitúa entre 490 y 825 mm), como muestra su presencia, tanto

en el sudeste (donde es muy escasa y está generalmente asociada a barrancos), como en la costa cantábrica, Galicia, norte de Burgos, Álava y Navarra.

De las observaciones de campo se deduce que se encuentra principalmente en terrenos silíceos (pizarras, areniscas, cuarcitas, rañas, etc), estando presente en suelos calizos lavados o semilavados, y ausente en los salinos y en los que presentan hidromorfía muy prolongada de aguas estancadas. Las texturas de los sustratos donde prospera son muy variadas, desde las arenosas a las arcillosas.

Phillyrea latifolia se distribuye por toda la región mediterránea. En la Península Ibérica ocupa las regiones menos áridas de la mitad sur y del arco de la costa mediterránea; se encuentra también en el tercio norte, tanto en la región mediterránea como en la atlántica, siendo algo más frecuente en esta última que la otra especie (Fig. 3). Es típica de los dominios de la vegetación esclerófila y subesclerófila (Ruiz de la Torre, 2006), especialmente en el ámbito del alcornocal y, en menor medida, en los del quejigar y del encinar, llegando en algunos casos a estar en rebollares.

Es una especie xerófila a mesoxerófila, que, como *Ph. angustifolia*, tolera bien periodos de aridez hasta de casi 3 meses y las altas temperaturas estivales mediterráneas (hasta 17,5 °C de temperatura promedio y media de las máximas absolutas próximas a 36,5 °C), pero no los fuertes fríos invernales (con temperaturas medias de las mínimas generalmente entre -0.3 y 5 °C). Este labiérnago es más exigente en precipitaciones que el de hoja estrecha, llegando a encontrarse en estaciones muy lluviosas de Cádiz y del norte peninsular (rango de precipitaciones límite de 470-1.670 mm, hallándose gran parte de las poblaciones entre los 570 y los 1.442 mm). En una comparación semejante, se puede observar que es algo más tolerante a los fríos invernales y menos a las temperaturas estivales elevadas.

De acuerdo con las observaciones de campo, se considera relativamente no calcífugo, pero es más común en terrenos silíceos que en los calizos, encontrándose en estos últimos en estaciones con abundantes precipitaciones.

2. Materiales forestales de reproducción

2.1. Marco normativo. Identificación de los materiales de reproducción

Estas especies no están sometidas a regulación por la normativa nacional de comercialización de materiales forestales de reproducción. Las regiones de identificación donde se encuentran poblaciones naturales se recogen en la Figura 3 (García del Barrio *et al.*, 2001). La producción y el uso de los materiales forestales de reproducción de *Ph. angustifolia* y *Ph. latifolia* sí están sometidos al sistema de control establecido para dichos materiales en la Comunidad Valenciana por el Decreto 15/2006. En este territorio se fomenta el uso de las procedencias locales para evitar el movimiento de materiales entre procedencias muy lejanas geográficamente y promover la conservación de los recursos genéticos de las poblaciones autóctonas.

En la Región de Murcia, según el Decreto 50/2003, *Ph. angustifolia* tiene la categoría de especie “De interés especial” y se debe solicitar la autorización administrativa previa

para su aprovechamiento; por su parte, *Phillyrea media* (considerado como híbrido entre *Ph. angustifolia* y *Ph. latifolia* o dentro del rango de *Ph. latifolia*, según autores) está catalogada como “En peligro de extinción”, por lo que su uso debe restringirse o no contravenir el plan de recuperación previsto. En Castilla-La Mancha (D. 200/2001), *Ph. latifolia* está incluida en el catálogo de especies “De interés especial” y requiere medidas específicas para su protección.

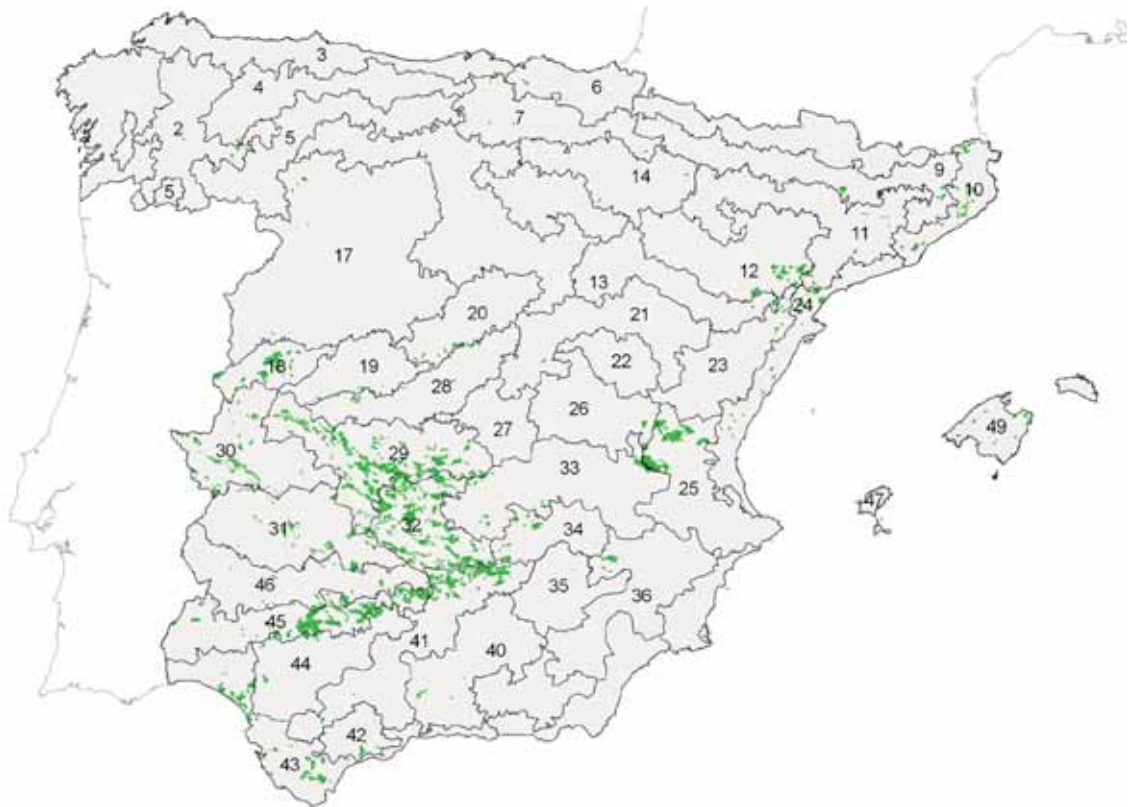


Figura 3. Distribución de *Phillyrea angustifolia* y *Ph. latifolia* y regiones de Identificación de sus materiales de reproducción (Fuente: Mapa Forestal de España, 1:200.000).

2.2. Técnicas de manejo y propagación

2.2.1. Semillas

La recolección de los frutos del labiérnago se efectúa a mano, entre agosto y octubre. Es importante evitar que los frutos sufran un recalentamiento durante su transporte y almacenaje provisional. La extracción de las semillas, que deberá hacerse lo antes posible, se consigue mediante la maceración y el despulpado de los frutos y su posterior lavado con agua a presión. Hay que tener especial precaución para evitar la rotura de las semillas, dada la fragilidad del endocarpo. Por ello, para un mayor control de la operación, se recomienda que la extracción se haga de forma manual, frotando los frutos contra una criba. Para eliminar la pulpa, la mezcla resultante se lava con un chorro de agua en un tamiz de menor tamaño que el de las semillas. La limpieza de los lotes se realiza mediante secado, cribado y aventado.

Las semillas, de comportamiento ortodoxo, pueden ser conservadas durante largo tiempo si se las somete a un secado hasta un contenido de humedad entorno al 7% y se almacenan en recipientes herméticos a 4 °C.

Las semillas del labiérnago presentan letargo físico causado por la impermeabilidad de su cubierta. Por ello, ésta debe ser eliminada o sometida a un escarificado mecánico o químico. Piotto y Di Noi (2001) sugieren efectuar una inmersión en ácido sulfúrico concentrado durante 30 minutos, mientras que Navarro-Cerrillo y Gálvez (2001) recomiendan dilatar este tratamiento hasta un total de 6 horas, o bien sumergir las semillas en agua inicialmente caliente que se deja posteriormente enfriar, manteniendo las semillas sumergidas durante 12-24 horas. Si un lote presenta letargo prolongado, se puede combinar estos tratamientos con una estratificación en frío durante 1 a 2 meses. En condiciones controladas se han obtenido muy buenos resultados con semillas a las que previamente se les había efectuado un escarificado manual, eliminando la cubierta, mostrándose muy adecuadas para la germinación las temperaturas indicadas por García-Fayos (2001), esto es, temperaturas alternas de 10 y 20 °C. En estas condiciones, las semillas no necesitan luz para germinar. ISTA no ha establecido un patrón para la caracterización de lotes comerciales del género *Phillyrea*.

La germinación de los labiérnagos es epígea. Las plántulas miden entre 2 y 3 cm y presentan los cotiledones y las primeras hojas linear-elípticas, de borde entero, insertadas de a dos en el tallo.

Tabla 1. Datos característicos de lotes de semillas de *Phillyrea angustifolia* y *Ph. latifolia*.

Rendimiento semilla/fruto (% en peso)	Pureza (%)	Facultad germinativa (%)	Nº semillas kg ⁻¹	Referencia
<i>Phillyrea angustifolia</i>				
(20)	95-98	(61)	(41.500-43.200)	Catalán (1991)
			45.400-59.400	García-Fayos (2001)
16	100	92-100	40.000-50.000	Navarro-Cerrillo y Gálvez (2001)
			112.000	Piotto y Di Noi (2001)
12,5-25	99-100	87-99	43.800-70.000	Banc de Llavors Forestals (Anexo II)
17-24	92-96	89	46.900-61.400	CNRGF <i>El Serranillo</i> (Anexo III)
<i>Phillyrea latifolia</i>				
			24.800-31.400	García-Fayos (2001)
	100	84	17.200	Navarro-Cerrillo y Gálvez (2001)
7,5-24,5	99-100	76-100	22.500-31.400	Banc de Llavors Forestals (Anexo II)
(18)	92-96			CNRGF <i>El Serranillo</i> (Anexo III)

2.2.2. Vegetativa

Phillyrea angustifolia se puede propagar mediante estaquillas apicales semileñosas, recolectadas de material rejuvenecido, con un tratamiento de ácido naftalenacético (ANA) en una concentración del 0,8% (Pignatti y Crobeddu, 2005). Esta especie también puede micropropagarse (Morini *et al.*, 2003).

3. Producción de plantas

La producción de plantas de labiérnago no presenta problemas especiales. Se recomienda el cultivo en contenedores de 300 cm³, con una fertilización de unos 50-100 mg de N por alvéolo y una formulación N-P-K equilibrada, por ejemplo de 20-15-20 o similar. El sustrato debe tener las características típicas para el cultivo de plantas forestales. Los sustratos a base de turba o fibra de coco, con o sin aditivos (vermiculita, perlita, etc.), son la mejor opción.



Figura 4. Planta de una savia de *Phillyrea angustifolia* cultivada en alveolo de 300 cm³ (Foto: CNRGF El Serranillo).

La principal diferencia en el cultivo de las dos especies radica en el carácter algo menos xerófilo de *Ph. latifolia*, con un mayor tamaño de hoja, lo que dificulta la llegada del agua al sustrato. Para esta especie se recomienda una mayor intensidad de riego y, en los climas más calurosos, un cierto sombreado (entre el 40 y el 60% de la radiación exterior), al menos durante los meses de verano.

4. Uso en repoblaciones y restauraciones

Ambas especies se están usando actualmente para el enriquecimiento de repoblaciones forestales. El interés de su introducción estriba en el aumento de la funcionalidad de los

ecosistemas que se quiere restaurar, ya que sus frutos carnosos facilitan el desarrollo de poblaciones de frugívoros, los cuales, a su vez, al ser atraídos, promueven la implantación de otras especies zoócoras en la zona restaurada. Además, los labiérnagos son especies particularmente interesantes por su alta resistencia al estrés hídrico (Ogaya y Peñuelas, 2003), lo que permite su introducción en zonas degradadas, como, por ejemplo, en restauraciones de taludes.

5. Planificación de la repoblación

Dado su uso como enriquecedoras de la diversidad de especies en las forestaciones, la densidad de plantación es variable y se ajusta a las características de cada caso. Debido a su buena resistencia al estrés hídrico y a las altas insolaciones, los labiérnagos deben introducirse preferentemente en orientaciones de solana y terrenos secos, donde no pueden instalarse otras especies enriquecedoras más tolerantes a la sombra.

En cuanto al empleo de tubos protectores, tampoco existen estudios específicos, pero se ha demostrado que su uso en una especie muy similar como el acebuche (*Olea europaea* var. *sylvestris*) mejora significativamente la supervivencia (Oliet *et al.*, 2003), por lo que es probable que también sean de utilidad para los labiérnagos.

6. Bibliografía

- ANDRÉS C., 2012. *Phillyrea* L. En: Flora ibérica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares. Vol XI. *Gentianaceae - Boraginaceae*. (Talavera S., Andrés C., Arista M., Fernández Piedra M.P., Gallego F.J., P.L., Romero Zarco C., Salgueiro F.J., Silvestre S., Quintanar A., eds.). Real Jardín Botánico, Madrid.
- ARONNE G., WILCOCK C.C., 1994 a. First evidence of myrmecochory in fleshy-fruited shrubs of the Mediterranean Region. *New Phytol.* 127, 781-788.
- ARONNE G., WILCOCK C.C., 1994 b. Reproductive characteristics and breeding system of shrubs of the Mediterranean region. *Funct. Ecol.* 8, 69-76.
- ARROYO J., 1990. Ritmos climáticos y de floración en matorrales del SW de España. *Lagascalía* 16, 25-50.
- CATALÁN G., 1991. Semillas de árboles y arbustos forestales. Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid. pp. 265-266.
- GARCÍA DEL BARRIO J.M., DE MIGUEL J., ALÍA R., IGLESIAS S., 2001. Regiones de identificación y utilización de material forestal de reproducción. Dirección General de Conservación de la Naturaleza. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- GARCÍA-FAYOS P. (coord.), 2001. Bases ecológicas para la recolección, almacenamiento y germinación de semillas de especies de uso forestal de la Comunidad Valenciana. Banc de Llavors Forestals, Conselleria de Medi Ambient, Generalitat Valenciana, Valencia. pp. 29.
- HERRERA C.M., 1998. Long-term dynamics of Mediterranean frugivorous birds and fleshy fruits: a 12-year study. *Ecol. Monogr.* 68, 511-538.
- HERRERA C.M., JORDANO P., LOPEZ SORIA L., AMAT J.A., 1994. Recruitment of mast-fruiting. Bird dispersed tree - bridging frugivorie activity and seedling establishment. *Ecol. Monogr.* 64, 315-344.
- LEPART J., DOMMÉE B., 1992. Is *Phillyrea angustifolia* L. (*Oleaceae*) an androdioecious species? *Bot. J. Linn. Soc.* 108, 375-387.
- MORINI S., FREDIANI F., D'ONOFRIO C., 2003. Micropropagazione della *Phillyrea angustifolia* L. *Italus Hortus* 10, 1127-3496.

- NAVARRO CERRILLO R.M., GÁLVEZ C., 2001. Manual para la identificación y reproducción de semillas de especies vegetales autóctonas de Andalucía. Tomo II. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, Córdoba. pp. 234-238.
- OGAYAR., PEÑUELAS J., 2003. Comparative field study of *Quercus ilex* and *Phillyrea latifolia*: photosynthetic response to experimental drought conditions. *Environ. Exp. Bot.* 50, 137-148.
- OLIET J., NAVARRO R.M., CONTRERAS O., 2003. Evaluación de la aplicación de tubos y mejoradores en repoblaciones forestales. Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, Córdoba.
- PANNEL J.R., 2002. The evolution and maintenance of androdioecy. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 33, 397-425.
- PANNEL J.R., OJEDA F., 2000. Patterns of flowering and sex-ratio variation in the Mediterranean shrub *Phillyrea angustifolia* (*Oleaceae*): implications for the maintenance of males with hermaphrodites. *Ecol. Lett.* 3, 495-502.
- PIGNATTI G., CROBEDDU S., 2005. Propagation of Mediterranean species by cutting: tests with different propagation media. *Sherwood - Foreste ed Alberi Oggi* 114, 27-31.
- PIOTTO B., DI NOI A. (eds.), 2001. Propagazione per seme di alberi e arbusti della flora mediterranea. ANPA, Roma.
- RUIZ DE LA TORRE J., 2006. Flora Mayor. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Dirección General para la Biodiversidad, Madrid. pp. 1373-1378.
- TRAVESET A., 1994. Reproductive biology of *Phillyrea angustifolia* L. (*Oleaceae*) and effect of galling-insects on its reproductive output. *Bot. J. Linn. Soc.* 114, 153-166.
- TRAVESET A., RODRÍGUEZ PÉREZ J., PÍAS B., 2008. Seed trait changes in dispersers' guts and consequences for germination and seedling growth. *Ecology* 89, 95-106.
- VASSILIADIS C., LEPART J., SAOUMITOU-LAPRADE P., VERNET P., 2000. Self-incompatibility and male fertilization success in *Phillyrea angustifolia* (*Oleaceae*). *Int. J. Plant Sci.* 161, 393-402.
- VASSILIADIS C., SAOUMITOU-LAPRADE P., LEPART J., VIARD F., 2002. High male reproductive success of hermaphrodites in the androdioecious *Phillyrea angustifolia*. *Evolution* 56, 1362-1373.

Phoenix canariensis Chabaud

Palmera canaria

Miguel Ángel GONZÁLEZ-PÉREZ, Anastasia HERNÁNDEZ ALEMÁN,
Jorge NARANJO BORGES, Pedro A. SOSA HENRÍQUEZ

1. Descripción

1.1. Morfología

La palmera canaria, monocotiledónea arborescente de larga vida (hasta 200 años), se describe con un tronco o estípite grueso (hasta unos 60 u 80 cm) sin retoños en su base, de entre 12 a 15 m de altura, aunque las palmeras centenarias pueden llegar a tener mayor altura, alcanzando la Palmera de Paquesito en Gran Canaria los 36 m (Domínguez, 2005). El estípite, de aspecto columnar, se encuentra generalmente recubierto por las cicatrices dejadas por las hojas al caer, que constituyen un tejido muerto que actúa como protector, ya que carece de corteza. La copa o corona suele ser grande, frondosa y densa, de color verde intenso, con unas 60 a 100 hojas, que cae de forma elegantemente arqueada. Los frondes pueden alcanzar los 7 metros, presentando hasta 150 folíolos subcoriáceos y flexibles. Éstos se convierten en espinas cortas y rígidas de color amarillento hacia la base de la hoja (Sosa *et al.*, 2007).

A pesar de que las características morfológicas que describen la palmera canaria están bien definidas y detalladas no debemos olvidar que, en general, las especies del género *Phoenix* presentan una importante plasticidad morfológica. Esto significa que su apariencia puede variar considerablemente dependiendo de las condiciones medioambientales en las que habita.

1.2. Biología reproductiva

Al ser la palmera una especie dioica, los órganos reproductores masculinos y femeninos aparecen en pies distintos (Kunkel y Kunkel, 1974). Curiosamente se ha observado cierto grado de dimorfismo sexual en la corona foliar entre los individuos masculinos y femeninos adultos, lo cual es una característica escasamente aparente en las especies vegetales. Los pies masculinos suelen presentar una copa más compacta y achatada, mientras que en los femeninos es más abierta y redondeada (Díaz-Bertrana, 2005).

Las minúsculas flores, tanto masculinas como femeninas, se presentan en inflorescencias en panículas densas de color blanquecino, de hasta 1,5 m de longitud. Las inflorescencias femeninas son más grandes y ramificadas que las masculinas, con flores dispuestas más espaciadamente. Se encuentran insertas en las copas mediante largos pedúnculos curvados (palanquetas) de más de un metro de longitud. Por el contrario, la inflorescencia masculina es más pequeña, pero cubierta más densamente de flores, las cuales están protegidas por una especie de vaina, asemejándose a la cola de un caballo, y alcanzando hasta 30 cm de longitud. La época de floración es variable y suele desarrollarse antes de la estación

fría y húmeda apareciendo entre los 4 y 7 años. La polinización es fundamentalmente anemófila, es decir, a través del viento, aunque investigaciones recientes reflejan un papel no despreciable que puede desempeñar algunas especies de escarabajos curculiónidos en el transporte de granos de polen desde la flor masculina a la femenina.

Los frutos (támaras o támbaras) son bayas carnosas, monospermas y aunque en los primeros estados del desarrollo son verdes, cuando maduran presentan, en muchas ocasiones, un color amarillento o anaranjado intenso (Fig. 1). Están dispuestos en racimos muy abundantes, espesos y ramificados. Las támaras presentan formas ovoides de hasta tres centímetros de longitud y disponen de poca pulpa. Aunque comestibles, su sabor es amargo y áspero. Permanecen en el árbol durante meses, de manera que coinciden diferentes generaciones de frutos en el mismo pie de planta.

Las semillas, igualmente ovaladas, presentan un surco central que la atraviesa longitudinalmente. El embrión, aparece como un pequeño corpúsculo de color blanco observable en el interior de la semilla y que se sitúa generalmente en posición central-superior. Ésta puede resistir varios meses en la tierra seca del medio natural, aunque es fácilmente atacada por insectos.



Figura 1. Támaras de *Phoenix canariensis*
(Foto: J. Naranjo).



Figura 2. Semillas de *Phoenix canariensis*.

Debido a su próximo parentesco, *Phoenix canariensis* y *P. dactylifera*, como la mayoría de las especies pertenecientes al género *Phoenix*, se hibridan de manera natural generando numerosas formas intermedias con diferentes grados de introgresión, que difieren entre sí según la dominancia de los parentales. Como consecuencia de la similitud morfológica y proximidad filogenética de ambas especies, es actualmente muy difícil clasificar e identificar morfológicamente sin ambigüedades aquellas palmeras auténticamente canarias de aquellos ejemplares híbridos, especialmente en las zonas ajardinadas, jardines y áreas urbanas, donde coexisten ambas especies (González-Pérez *et al.*, 2004; González-Pérez *et al.*, 2009). Este problema de hibridación se ve agravado por el aumento de la importación de ejemplares de palmeras datileras como especie ornamental, lo cual puede favorecer en las zonas próximas y de contacto con *P. canariensis* la hibridación y pérdida de entidad genética de la palmera canaria. Si bien la hibridación se produce principalmente con *Phoenix dactylifera*, también se ha constatado con *Ph. reclinata*, *Ph. rupicola* y *Ph. roebelenii* (Morici, 2006).

1.3. Distribución y ecología

La palmera canaria es una especie endémica de las Islas Canarias, presente en todas las islas mayores del archipiélago (Arechavaleta *et al.*, 2010), abundante en La Gomera y Gran Canaria y escasa en El Hierro.

Las manifestaciones naturales de la palmera canaria son las formaciones boscosas de palmerales, donde la palmera es casi la única especie de porte arbóreo. Se muestra muy agresiva en la captación de agua (freatófito), no permitiendo el arraigo de otras especies (en palmeral puro) que no sea la suya, aunque casi siempre se muestra en asociaciones o con el intrusismo de especies de fácil arraigo o de rápido crecimiento (Delgado, 1986). También forma parte de los cauces de barrancos cercanos al mar, pero no directamente influenciadas por la brisa marina, alcanzando su óptimo desarrollo en el fondo y laderas de los mismos, donde hay suficiente humedad edáfica.

La palmera canaria se encuentra distribuida en el piso basal y en el bosque termófilo. Sin embargo, muestra una gran variabilidad ecológica y puede subir hasta los 1.000 m de altitud, por lo que se ha descrito como la especie del género *Phoenix* más resistente al frío, presentando su óptimo desarrollo entre los 50 y los 300 metros.

Por otro lado, las palmeras constituyen desde el punto de vista ecológico un excelente hábitat para muchas especies de la avifauna canaria. Así, sus tamaras forman parte de la dieta alimenticia de mirlos y cuervos, que son, a la vez, importantes agentes dispersores de semillas, aumentando incluso la germinación y viabilidad de las mismas después de pasar por el tracto digestivo del animal. Un claro ejemplo lo constituye el crecimiento de palmeras bajo los nidos de mirlos ubicados en campos frutales. Los frutos caídos al suelo suelen ser roídos por ratas y ratones. Además, las propias palmeras suelen ser cazaderos, lugar de nidificación o dormitorio de rapaces como el cernícalo, el búho chico y, más raramente, la lechuza. También nidifican en ellas especies como el mirlo, la tórtola común, el gorrión moruno y otros passeriformes (Serrada *et al.*, 1988).

Fuera de su distribución natural, la palmera canaria se encuentra en la Costa Azul francesa desde finales del siglo XIX como emblema de una famosa zona turística. También, desde finales del citado siglo, están documentadas las plantaciones en California y Florida. En Adelaida y en Sydney los cultivos son de finales del siglo XIX y principios del siglo XX, respectivamente (Zona, 2009).

2. Materiales forestales de reproducción

2.1. Marco normativo. Identificación de los materiales de reproducción

La especie tiene regulada su comercialización en nuestro país, si bien, hoy en día, en el Catálogo Nacional de Materiales de Base sólo existen fuentes semilleras (categoría identificada). La especie está presente en las siguientes regiones de procedencia, que se corresponden con cada una de las cinco islas más occidentales (Fig. 3 y Tabla 1).

En la actualidad existen 4 fuentes semilleras de palmera incluidas en el Catálogo Nacional de Materiales de Base para la producción de los materiales forestales de reproducción

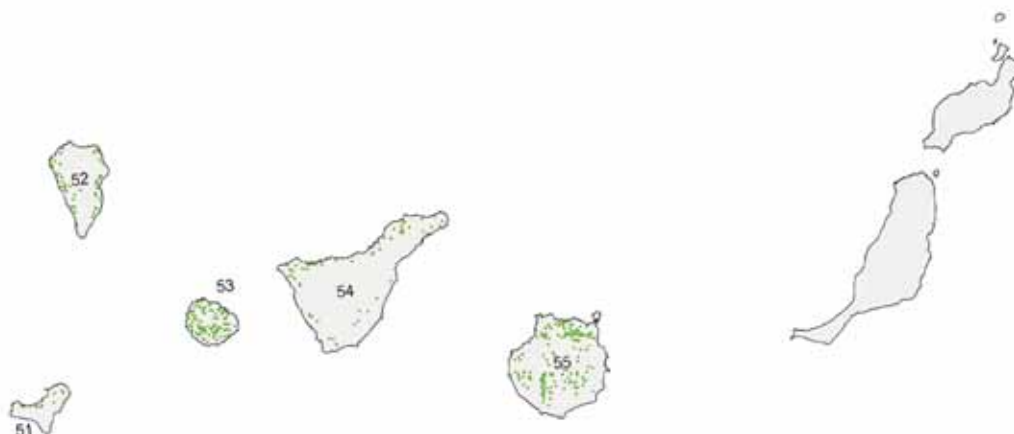


Figura 3. Distribución de *Phoenix canariensis* y Regiones de Procedencia de sus materiales de reproducción (Alía *et al.*, 2009).

identificados (BOE nº 113, de 12 de mayo de 2006). Dichas poblaciones catalogadas se localizan: una en La Gomera, otra en Tenerife y dos en Gran Canaria. En todos los casos se trata de palmerales autóctonos.

La palmera canaria tiene la peculiaridad de conformar un hábitat, “el palmeral”, que es la formación boscosa característica de esta especie. Dicho hábitat está recogido en el Anexo I del Real Decreto 1997/1995 como “Hábitat natural de interés comunitario” para cuya conservación es necesario designar Zonas de Especial de Conservación (código 9370 Palmerales de *Phoenix*).

A raíz de la presencia de plagas y enfermedades en la palmera canaria, especialmente con la aparición en Gran Canaria y Fuerteventura del curculiónido ferruginoso o picudo rojo de las palmeras (*Rhynchophorus ferrugineus*), se han elaborado unas normas de carácter nacional (OM. 94/2006, de 26 de enero) y autonómico. En la norma estatal se procedió a prohibir, de forma cautelar, la entrada en las Islas Canarias de palmeras de tamaño superior a cinco centímetros de diámetro en la base originarias de cualquier país y del resto de España. En el ámbito autonómico, la Orden de 10 de febrero de 2006 en su artículo único, adoptó las siguientes medidas fitosanitarias preventivas: i) la prohibición del movimiento de vegetales, distintos de frutos y semillas, de las especies pertenecientes a la familia de las palmáceas entre las islas de la Comunidad Autónoma de Canarias; ii) se condiciona en las islas de Gran Canaria y Fuerteventura tanto el movimiento de vegetales, distintos de frutos y semillas, de las especies pertenecientes a la familia de las palmáceas como la realización de nuevas plantaciones, a la autorización de la Dirección General de Desarrollo Agrícola, con el objetivo de verificar el estado fitosanitario de dicho material vegetal. Posteriormente, la Orden de 29 de octubre de 2007 declaró la existencia de las plagas producidas por los agentes nocivos *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier) y *Diocalandra frumenti* (Frabicius) en la Comunidad Autónoma Canaria y estableció las medidas fitosanitarias para su erradicación y control. En ella se regula entre otras, las condiciones para la poda, prácticas culturales y el trasplante de palmeras.

Tabla 1. Descripción de las áreas con presencia de *Phoenix canariensis* por región de procedencia (RP: número de la región de procedencia; Pres: presencia de la especie en cada una de las regiones, estimada como el cociente del área de la especie en dicha región respecto del área total de la especie; A: número de meses de déficit hídrico (precipitación media mensual <2 temperatura media mensual); Osc: media anual de la oscilación térmica diaria; Hs: número de meses con helada segura (media mínimas <0 °C); Med: valor medio; Max: valor máximo; Min: valor mínimo; MaxMC: valor máximo del mes más cálido; MinMF: valor mínimo del mes más frío).

RP	Pres (%)	Altitud (m)			Precipitación (mm) ⁽¹⁾			A ⁽¹⁾ (meses)	Temperatura (°C)				Hs (meses)
		Med	Max	Min	Anual	Estival	Med		MaxMC	MinMF			
51	2,7	471	1039	40	317	3	7,4	17,7	26,3	11,1	0		
52	13,4	498	1010	103	393	4	6,6	17,7	26,4	11,2	0		
53	22,3	610	1280	100	385	5	6,5	17,3	26,3	10,6	0		
54	16,8	441	862	61	419	9	6,4	17,9	26,8	10,9	0		
55	44,9	483	1270	19	250	4	8,7	18,1	26,7	11,5	0		

⁽¹⁾ Las precipitaciones reales pueden estar minusvaloradas por no considerar el modelo climático las precipitaciones horizontales

Las plantas de palmera canaria deben ir acompañadas de pasaporte fitosanitario y cumplir con los requisitos especiales establecidos en la Decisión 2007/365/CE y sus modificaciones posteriores (Decisión 2008/776/CE), con el fin de evitar la introducción y propagación del picudo de las palmeras en la Unión Europea.

Para favorecer la protección, conservación e identidad genética de la palmera canaria, el Decreto 62/2006, de 16 de mayo, prohíbe la plantación y el cultivo de especies de palmáceas distintas de la palmera canaria que fueren híbridógenas con ésta, por cuanto pueden alterar su pureza genética y causarle daños por la acción de distintas plagas de organismos nocivos, en los entornos naturales de las áreas integradas en la Red Canaria de Espacios Naturales Protegidos o en la Red Natura 2000.

Esta especie cuenta con el grado de protección establecido en la Orden de 20 de febrero de 1991, que declara la palmera canaria “Especie protegida”, quedando sometidos a una autorización previa el arranque, recogida, corta y desraizamiento de plantas o parte de ellas y la recogida y comercialización de sus semillas, así como el cultivo en vivero, traslado entre islas, introducciones y reintroducciones.

A nivel local, el Ayuntamiento de la Villa de Santa Brígida (Gran Canaria) ha publicado un catálogo de árboles singulares (BOP nº 65, de 22 de mayo de 2009) que incluye una palmera y un palmeral. Estos catálogos carecen, en la mayoría de las ocasiones, de una valoración de este patrimonio natural, siendo recomendable la realización de una valoración económica a través, por ejemplo, del método multicriterio de elección discreta denominado “método de las jerarquías analíticas o método AHP” (Hernández, 2011). Otra limitación de estos catálogos es la falta de una protección especial a estos ejemplares a modo, por ejemplo, de la categoría de “monumento natural”. El factor de monumentalidad de las palmeras podrá venir determinado por la conjunción de criterios como la rareza, la edad, el porte, el valor cultural, histórico, científico, ecológico y recreativo.

2.2. Técnicas de manejo y propagación

2.2.1. Semillas

La recolección de fruto o támara se realiza en primavera. Los frutos se recogen en la palmera, para lo cual se puede acceder con la ayuda de grandes escaleras (6-12 m) sin tener que acudir a técnicas de escalada. Los racimos se cortan con machete una vez se comprueba que empiezan a caer los primeros frutos maduros al suelo. Debe evitarse la recogida del fruto maduro en el suelo porque ya suelen estar taladrados por los escolítidos de las semillas de palmeras (*Coccotrypes dactyliperda* y *Dactylotrypes uyttenboogaarti*), que labran galerías irregulares y profundas que se difunden en todos los sentidos (Rodríguez y Rodríguez, 2010).

Recolectadas las támaras se extraerá la semilla, eliminado la parte carnosa. Para ello se deberá macerar el fruto sumergiéndolo en agua y deshacer posteriormente su pulpa. Este paso del proceso de limpieza puede efectuarse con la ayuda de una batidora. A continuación, las semillas se extenderán a la sombra para su secado, disponiéndolas en capas de poco espesor y en un lugar seco y ventilado. Una vez secas, se procede a su limpieza por cribado, aventado o selección manual.

Otra posibilidad de obtención de semilla consiste en extender los frutos recién recolectados para que se sequen. Este sistema es más costoso, pero a menudo inevitable por la cantidad de frutos recolectados. En este caso las támaras se conservan con la aplicación de insecticidas y fungicidas. Antes de la siembra se procederá al despulpado, sumergiendo en agua el fruto.

La capacidad germinativa en viveros forestales muestra valores altos, que puede alcanzar el 90% en tres meses. El período de latencia es de aproximadamente un mes, aunque el número medio de días para que emerja la plántula es de casi dos meses (Delgado, 1986).

Tabla 2. Datos característicos de lotes de semillas de *Phoenix canariensis*.

Rendimiento semilla/fruto (% en peso)	Pureza (%)	Facultad germinativa (%)	Nº semillas kg ⁻¹	Referencia
	98	80-90	1.000-1.270-1.500	Catalán (1991)
37-56	98-100		1.050-1.550	CNRGF <i>El Serranillo</i> (Anexo III)

2.2.2. Vegetativa

A diferencia de la palmera datilera, de la que se pueden obtener clones por medio de sus hijuelos, la palmera canaria pura carece de los mismos. Por tanto, la única técnica viable para la propagación vegetativa de esta especie es la propagación *in vitro* mediante el cultivo de meristemos. Esta técnica puede plantearse con fines de conservación de la especie, aunque no tanto con fines de reforestación, por sus costes y su especialización.

3. Producción de plantas

La palmera canaria, al tratarse de una especie ampliamente utilizada en jardines, ha sido producida en viveros desde hace décadas. Si bien las plantas de gran tamaño para jardines se cultivan en macetas, la obtención de planta forestal se produce a través de la siembra directa, en otoño, sobre contenedor forestal.

El cultivo de planta a raíz desnuda debe evitarse por la climatología adversa en muchos lugares de plantación. La planta empleada para la reforestación es de una savia. En el caso de plantaciones con fines ornamentales se emplean palmeras de pocos años. Con una fertilización adecuada, se puede producir planta de calidad de una savia en contenedores forestales de más de 350 cm³.

La palmera es una de las especies procedente de semilla que, junto con otras especies típicas del bosque termófilo canario, se produce con regularidad (Fig. 4), si bien la cantidad de producción en vivero puede en el futuro estar condicionada por los problemas de hibridación y las limitaciones impuestas por la presencia de plagas y enfermedades, especialmente las del picudo negro (*Diocalandra frumenti*) y picudo rojo (*Rhynchophorus ferrugineus*).

El sustrato empleado puede variar dependiendo del vivero, pero se aconseja la mezcla de fibra de coco y turba rubia de *Sphagnum* con perlita. En modernos viveros el abonado se lleva a cabo a través de fertirrigación, variando la proporción de nitrógeno, fósforo y potasio según la fase de inicio, crecimiento o endurecimiento de la planta. En la producción de plantas con fines ornamentales se emplea mezcla de tierra vegetal con sustratos preparados para jardinería y lapilli, llamado picón en las islas. En la Tabla 3 se recogen los valores recomendados, máximos y mínimos de atributos de calidad para las plantas de palmera canaria.

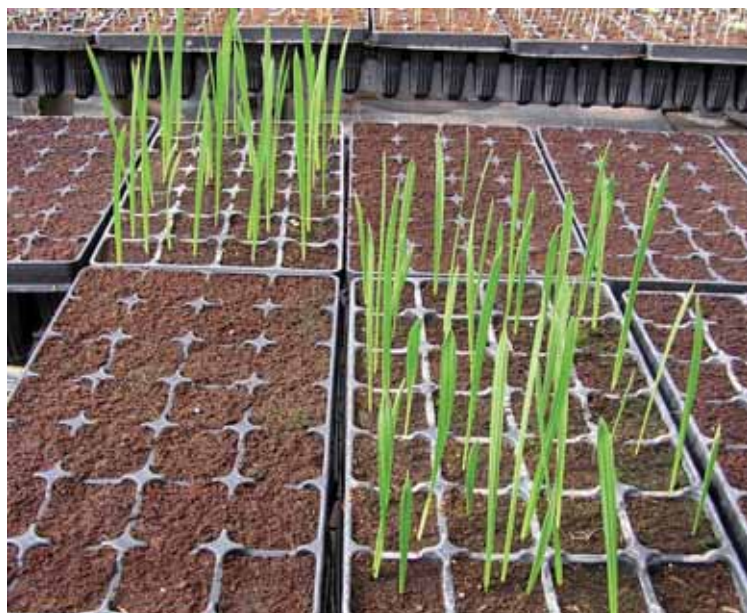


Figura 4. Producción de *Phoenix canariensis* en contenedor forestal (Foto: J. Naranjo).

Tabla 3. Valores de atributos morfológicos de plantas de *Phoenix canariensis*.

Atributos morfológicos	Valores recomendados	Valores máximos	Valores mínimos
Altura (cm)	20-30	35	15
Diámetro en la base (cm)	2 - 3	4	1,2

4. Uso en repoblaciones y restauraciones

Además de especie endémica, es de enorme interés tanto para el medio ambiente, por ser uno de los elementos paisajísticos más característicos, como para la economía popular. Estas características, así como su enorme valor cultural, han convertido a la palmera canaria en símbolo vegetal de la Comunidad Autónoma.

A partir de la década de los 80 del siglo XX se dan los primeros pasos para restaurar los ecosistemas canarios, entre los que se encuentra el bosque termófilo del que forma parte la palmera. Hasta entonces, la palmera canaria había sido plantada principalmente con fines ornamentales dentro y fuera de las islas.

Originalmente los palmerales naturales se encontraban conectados a través de los fondos de barrancos. Hoy, sin embargo, podemos localizar en las islas palmerales silvestres y cultivados, los cuales antropizados o naturalizados se pueden encontrar conectados entre sí a través de jardines o alineaciones de carreteras, por lo que ante la problemática ambiental derivada de la hibridación y de las plagas existentes conviene luchar por la salvaguarda de la diversidad genética de la especie. Para ello se recomienda fomentar la declaración de fuentes semilleras (Sosa *et al.*, 2007; Naranjo, 2009) y evitar la creación de los pasillos verdes formados por las alineaciones en carreteras.

Se puede concluir que la palmera canaria es una especie que se utiliza, tanto con fines de conservación o restauración del ecosistema, como en zonas públicas (parques, jardines o carreteras) con fines ornamentales. No faltan, tampoco, jardines particulares que la cultivan.

5. Planificación de la repoblación

Esta especie se debe plantar por pequeños grupos o bosquetes, atendiendo a su autoecología y utilizando protectores individuales (Fig. 5). El marco de plantación usado suele ser de 3x3 m al tresbolillo, permaneciendo la densidad inicial como densidad única al no existir tratamiento de claras como en las especies dicotiledóneas. Se recomienda dar riegos de establecimiento para aumentar la disponibilidad de agua tras la plantación, facilitando el arraigo. Asimismo, se puede realizar riegos de mantenimiento para promover la viabilidad de la repoblación cuando las precipitaciones en los meses posteriores a la plantación son muy reducidas, particularmente durante los dos primeros veranos.

Se deben evitar los riegos abundantes y repetidos, particularmente el riego por aspersión sobre hojas y tronco. Solo deben cortarse las hojas completamente muertas evitando llevar a cabo la poda verde y en el caso de cortar hojas verdes hay que aplicar una pasta cicatrizante. Se debe minimizar la realización de heridas, no cepillando el tronco y desinfectando las herramientas entre palmera y palmera. Con el tiempo, en los palmerales se acumulan hojas secas en el suelo por lo que procede su limpieza. Estos cuidados previenen la propagación de plagas y enfermedades. En aquellos ejemplares afectados por un ataque de picudo, no siempre habría que destruir la palmera infectada, si la eliminación de las larvas e individuos adultos del curculiónido mediante la técnica de descope permite mantenerla viva.

La situación especial en la que se encuentra la palmera canaria nos conduce a una reflexión acerca del valor patrimonial de la misma. El valor patrimonial de los ejemplares monumentales y singulares y de los palmerales como hábitat nos sitúa en la tesitura de evitar la potencial pérdida de bienestar social que conllevaría la no adopción de una serie de medidas de conservación y prevención. La protección y conservación de la palmera canaria implica, por tanto, asumir unos costes monetarios directos e indirectos en términos de costes de oportunidad o alternativa. No obstante, no existe motivo para no pensar en la restauración del bosque termófilo para la cual parece aconsejable tener en cuenta las regiones de procedencia, la producción de planta de calidad certificada, la protección frente a herbívoros, la realización de riegos y la aplicación de técnicas de repoblación para zonas semidesérticas (Naranjo, 1998; González, 2000).



Figura 5. Planta de calidad de *Phoenix canariensis* de dos savias, puesta en campo con 1 savia (Foto: J. Naranjo).

Tabla 4. Valores de altura y crecimiento (media \pm desviación típica, en su caso) de plantas de *Phoenix canariensis* a los 4 años de plantación (zona de plantación: zona baja en el norte de Gran Canaria; altitud: 250 m; tamaño muestral: 25 individuos) (González, 1999).

Localización	Altura media (cm)	Crecimiento medio anual (cm)	Incremento de altura (%)
Sin cobertura arbustiva, con riego inicial	84,3 \pm 7,8	15	250

6. Bibliografía

ALÍA R., GARCÍA DEL BARRIO J., NICOLÁS J.L., PÉREZ MARTÍN F., SÁNCHEZ RON D., 2009. Regiones de procedencia de especies forestales en España. Organismo Autónomo Parques Nacionales, Madrid. pp. 153-156.

ARECHA VALETA M., RODRIGUEZ S., ZURITA N., GARCIA A. (eds.), 2010. Lista de especies silvestres de Canarias. Hongos, plantas y animales terrestres. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación Territorial. Gobierno de Canarias, Tenerife.

CATALÁN G., 1991. Semillas de árboles y arbustos forestales. Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid. pp. 267-269.

- DELGADO J.C., 1986. Propagación de árboles canarios. Excmo. Cabildo Insular de Gran Canaria, Las Palmas de Gran Canaria.
- DÍAZ-BERTRANA M., 2005. Dimorfismo en las palmeras. V Jornadas de la palmera canaria. Ayuntamiento de Santa Lucía de Tirajana, Santa Lucía de Tirajana.
- DOMINGUEZ S., 2005. La Palmera de Paquesito. En: Árboles, Leyendas Vivas. SDL. S.L., Madrid. pp 62-63 y 268.
- GONZÁLEZ F., 1999. Ensayos de restauración de las formaciones termófilas canarias. Invest. Agr.: Sist. Recur. For. 8 (2), 279-292.
- GONZÁLEZ F., 2000. El bosque termófilo en Gran Canaria. Revista de la Consejería de Política Territorial y Medio Ambiente Gobierno de Canarias 16, 5-8.
- GONZÁLEZ-PÉREZ M.A., SOSA P.A., 2009. Hybridization and introgression between the endemic *Phoenix canariensis* and the introduced *P. dactylifera* in the Canary Islands. Open Forest. Sci. J. 2, 78-85.
- GONZÁLEZ-PÉREZ M.A., CAUJAPÉ CASTELLS J., SOSA P.A., 2004. Molecular evidence of hybridization between the endemic *Phoenix canariensis* and the widespread *P. dactylifera* with Random Amplified Polymorphic DNA (RAPD) markers. Plant Syst. Evol. 247, 165-175.
- HERNÁNDEZ A., 2011. Valoración de la monumentalidad de tres ejemplares de palmera canaria a través del método multicriterio AHP. Montes 105, 12-20.
- KUNKEL G., 1981. Árboles y arbustos de las Islas Canarias: Guía de campo. Colección Botánica Canaria 1. Las Palmas de Gran Canaria.
- KUNKEL G., KUNKEL M.A., 1974. Flora de Gran Canaria I: Árboles y arbustos arbóreos. Ediciones del Excmo. Cabildo Insular de Gran Canaria, Las Palmas.
- LEÓN C., 1996. Double bounded survival values for preserving the landscape of Natural Parks. J. Environ. Manage. 46(2), 103-118.
- MARTÍN R., 2009. *Diocalandra frumenti* y su dispersión en Canarias. I Conferencia Internacional sobre *Phoenix canariensis*. Santa Lucía de Tirajana, Gran Canaria.
- MORICI C., 2006. La Palmera Canaria: *Phoenix canariensis*. Rincones del Atlántico 3, 134-143.
- NARANJO J., 1998. El Bosque Termófilo en Gran Canaria y su recuperación. Turcón 3, 15.
- NARANJO J., 2009. Catalogación de palmerales canarios como fuentes semilleras. I Conferencia Internacional sobre *Phoenix canariensis*. Santa Lucía de Tirajana, Gran Canaria.
- RODRIGUEZ J.M., RODRIGUEZ R., 2010. La palmera canaria: Plagas y enfermedades. Cabildo de Gran Canaria. Área de Medio Ambiente, Las Palmas de Gran Canaria.
- SERRADA J., PASCUAL L., DÍAZ G., MARRERO A., SUÁREZ C., 1988. Canarias. Enciclopedia de la Naturaleza de España. Volumen 9. Debate/Círculo, Madrid.
- SOSA P.A., NARANJO A., MÁRQUEZ M., ESCANDELL A., GONZÁLEZ-PÉREZ M.A., 2007. Atlas de los palmerales de Gran Canaria. Obra Social de La Caja de Canarias, Las Palmas de Gran Canaria.
- ZONA S., 2009. *Phoenix canariensis*: a history of cultivation. I Conferencia Internacional sobre *Phoenix canariensis*. Santa Lucía de Tirajana, Gran Canaria.

Pinus canariensis Chr. Sm. ex DC.

Pino canario

Vanessa C. LUIS DÍAZ, Esther PÉREZ MARTÍN, Carlos VELÁZQUEZ
PADRÓN, Jorge NARANJO BORGES

1. Descripción

1.1. Morfología

El pino canario es una especie endémica del Archipiélago Canario que quedó relegado en las islas tras las glaciaciones del Cuaternario. Sus ejemplares se identifican fácilmente por desarrollar braquiblastos de tres acículas y presentar brotes juveniles en el tronco, piñones con ala fija y piñas persistentes, características éstas que lo diferencian del resto de los pinos españoles.

Los ejemplares adultos de *Pinus canariensis* alcanzan normalmente entre los 15-30 m de altura y entre 0,5-1 m de diámetro, mostrando algunos ejemplares los 60 m de altura y 2,5 m de diámetro. Su tronco es llamativamente recto, de corteza lisa en sus primeros años para después convertirse en una capa muy gruesa (desde 3 a 18 cm en ejemplares viejos), profundamente resquebrajada, que es junto con su alta capacidad de rebrote, incluso de cepa, la que le confiere su alta resistencia al fuego. La longevidad varía entre 250 y 300 años, aunque se han citado casos que han llegado a alcanzar hasta los 600 años. Sus copas, inicialmente cónicas en los pinos jóvenes, adquieren forma aparasolada en los ejemplares viejos al cesar el crecimiento en altura y desprenderse las ramas inferiores, mientras que las restantes siguen creciendo (Ceballos y Ortuño, 1976). La ramificación es abundante, con las ramas de longitud decreciente hacia el ápice del árbol. La presencia de brotes adventicios, con acículas primarias, es uno de los más típicos caracteres del pino canario. Estas acículas primarias son de color gris-azulado, finísimamente aserradas y con una longitud alrededor de 5 cm que se mantienen en la planta durante la fase juvenil, normalmente durante los dos primeros años, aunque pueden durar más años dependiendo de la procedencia y las condiciones de crecimiento (Klaus, 1989; Climent *et al.*, 2006; Luis, 2006), persistiendo simultáneamente con las acículas secundarias o verdaderas (Climent *et al.*, 2006). Las acículas secundarias, de color verde claro, son de 20-30 cm de longitud por 1 mm de grosor, se asientan sobre braquiblastos en grupos de 3 y persisten de 2-3 años en el árbol.

Entre el primer y segundo año, dependiendo de las condiciones climáticas, se empiezan a formar las yemas terminales maduras (adultas). Estas yemas adquieren una morfología aovado-cilíndrica y apuntada y están recubiertas de escamas membranosas pardo-rojizas franjeadas en blanco con puntas libres y revueltas (Ceballos y Ortuño, 1976).

Los ejemplares adultos desarrollan un amplio sistema radicular que está formado por una raíz principal penetrante, que puede alcanzar los 15 metros de profundidad, y raíces secundarias, que aunque tienden también a serlo en terrenos pedregosos, pueden

quedar bastante superficiales (Climent *et al.*, 2004). No obstante, se han dado casos, sobre sustratos rocosos impenetrables, donde los pinares desarrollan únicamente raíces superficiales, como lo es el del pinar de Tamadaba, en Gran Canaria. Esto condiciona las distancias que quedan entre ejemplares, 4-5 m, dando lugar a una formación abierta, tipo sabana, en pinares naturales.

1.2. Biología reproductiva

Es una especie monoica en la que las flores masculinas crecen preferentemente en las ramas más bajas, siendo aovado-oblongas, agrupadas en espigas cónicas, de 5-10 cm de longitud que aparecen en los ramillos de un año, amarillo-verdosas en floración y rojizas al pasarse. Por el contrario, las flores femeninas tienden a situarse en las zonas más altas, evitando así los procesos de autofecundación, agrupándose en conos solitarios que se vuelven leñosos al fructificar.

Forman piñas de diferentes morfologías, dependiendo de la procedencia (Gil *et al.*, 2002), de color pardo-rojizas, lustrosas, de 12-18 cm de longitud y 5 cm de diámetro. Lo normal es que las piñas completen su desarrollo en el otoño del año siguiente a la floración. También es frecuente la presencia de piñas serótinas (Fig. 1) que permanecen cerradas durante años, siendo esta característica más marcada en las zonas húmedas (Climent *et al.*, 2004). Sus semillas (Fig. 2) son las segundas más grandes de los pinos mediterráneos, con piñones negruzcos y con un ala fija membranosa para favorecer la dispersión (Ceballos y Ortuño, 1976).

La floración tiene lugar entre febrero y mayo y depende de la meteorología. La polinización es anemófila y la maduración del fruto se produce entre marzo y abril, también dependiendo de las condiciones climáticas. La producción de semilla viable se inicia a partir de los 10-15 años de edad.



Figura 2. Piñones de *Pinus canariensis*.

Figura 1. Piña en árbol de *Pinus canariensis*
(Foto: J. Naranjo).

En los bosques naturales abiertos la regeneración por semilla es abundante y fácil. Tras la germinación, la raíz principal se desarrolla con rapidez y los cotiledones le sirven de aparato fotosintético, por ser una planta de germinación epigea. Más tarde y dependiendo de las condiciones en las que se desarrolla la plántula, los cotiledones dan paso a un joven tallito, que antes de ramificarse presenta un color blanquecino y está recubierto de acículas primarias. En la actualidad, una gran cantidad de pinares de pino canario son de repoblación y tienen una alta densidad, por lo que la germinación y supervivencia de las plántulas en ausencia de fuego suele ser baja, debido al espesor de la capa de acículas, a la elevada demanda de luz de la especie (Climent *et al.*, 2004) y al estrés hídrico (López *et al.*, 2008). Se dan normalmente dos germinaciones al año (Luis, 2001), una en primavera y otra en otoño, aunque con grandes porcentajes de mortalidad durante el primer verano. Las plántulas que consiguen sobrevivir a la sequía estival lo suelen hacer también al frío invernal (Luis *et al.*, 2001), aunque muchas veces se mantienen durante años en fase de plántula (Luis, obs. pers.) a la espera de condiciones más idóneas para su desarrollo.

1.3 Distribución y ecología

En relación con su ecología, el pino canario es una especie frugal, de montaña, sin marcadas exigencias respecto a la naturaleza del suelo (Ceballos y Ortuño, 1976) aunque con acentuada preferencia por sustratos sálicos (suelos volcánicos más ácidos) (Del Arco *et al.*, 1992). Tiene una notable resistencia a las altas temperaturas (Peters *et al.*, 1999) y puede soportar temperaturas puntuales bajo cero y recuperarse de ellas (Luis *et al.*, 2007). Actualmente su distribución natural está relegada a Gran Canaria, Tenerife, La Gomera, El Hierro y La Palma, bajo una amplia variedad de ambientes, desde zonas con gran disponibilidad hídrica hasta zonas más áridas, donde sobrevive bien gracias a su alto control estomático (Peters, 2001). En las vertientes sur de las islas podemos encontrarlo desde los 550-2.500 m de altitud y en las vertientes norte desde los 600 hasta los 2.100 m (Fernández-Palacios y de Nicolás, 1995; Del Arco *et al.*, 2006), pudiendo llegar a cotas más bajas, incluso hasta el nivel del mar, como en los pinares de Icod de los Vinos, en el norte de Tenerife, sobre afloramientos sálicos (Del Arco *et al.*, 1990 y 2006).

Podemos encontrar los pinares dentro de los pisos termomediterráneo y mesomediterráneo y dentro de distintos ombroclimas según la zona, pasando por el semiárido, seco, subhúmedo y húmedo (Del Arco *et al.*, 2006). Generalmente se distribuyen dentro del piso bioclimático mesomediterráneo pluviestacional seco (Rivas-Martínez, 1987), caracterizado por los contralisios. Las formaciones del pinar están caracterizadas por la presencia del pino canario que domina en todas ellas, como único elemento arbóreo, exceptuando sus cotas más altas donde existen pinares mixtos con cedros (*Juniperus cedrus*), como en Tenerife y La Palma. Entre las especies que forman el sotobosque del pinar caben destacar, en los pinares más húmedos o pinares alísicos, el brezo (*Erica arborea*) y la faya (*Morella faya*), dejando paso a los codesos (*Adenocarpus foliolosus*) en las zonas más altas y a las sabinas (*Juniperus turbinata* subsp. *canariensis*) en las zonas más xéricas. En pinares más secos o extraalísicos, el matorral que acompaña al pino está dominado por el escobón (*Chamaecytisus proliferus*), el juagarzo (*Cistus symphytifolius*) y la jara (*Cistus monspeliensis*). En las zonas más xerófitas, al sur del El Hierro y Gran Canaria, se entremezcla con elementos del piso basal, como tabaibas y cardones (*Euphorbia* sp.).

Fuera de su área natural podemos encontrarlo en repoblaciones en Marruecos (Bellefontaine y Raggabi, 1979) e Israel (Liphschitz y Biger, 2004), así como en plantaciones en países como Australia, Chipre, Grecia, Italia, etc. (López, 2009) y como árbol ornamental en la Cuenca Mediterránea y California (Ceballos y Ruiz de la Torre, 1971). Su uso en la Península Ibérica, exceptuando algunos usos ornamentales en la zonas costeras del mediterráneo, ha sido casi nulo debido, principalmente, a su escasa tolerancia al frío continuado. Más información sobre las estaciones del pino canario y sus características ambientales se pueden consultar en la Tabla 1 y en Blanco *et al.* (1989).

2. Materiales forestales de reproducción

2.1. Marco normativo. Identificación de los materiales de reproducción

El pino canario es una especie incluida en la Directiva europea que regula la comercialización de los materiales forestales de reproducción, traspuesta al ordenamiento jurídico español por el Real Decreto 289/2003. Esta disposición establece una serie de pautas y condicionantes en cuanto a las características genéticas y de calidad exterior de sus materiales de reproducción, a la vez que establece un sistema de control oficial relativo a su recogida, producción y comercio.

En la actualidad la mayor parte de los pinares canarios se encuentran dentro de montes de utilidad pública y espacios protegidos. Hay establecidas oficialmente cuatro regiones de procedencia y dos procedencias de área restringida, representadas en la Figura 3. Las características abióticas de dichas Regiones se recogen en la Tabla 1 y una descripción detallada de sus características ambientales y su localización se puede encontrar en Climent *et al.* (1996) y Alía *et al.* (2009).

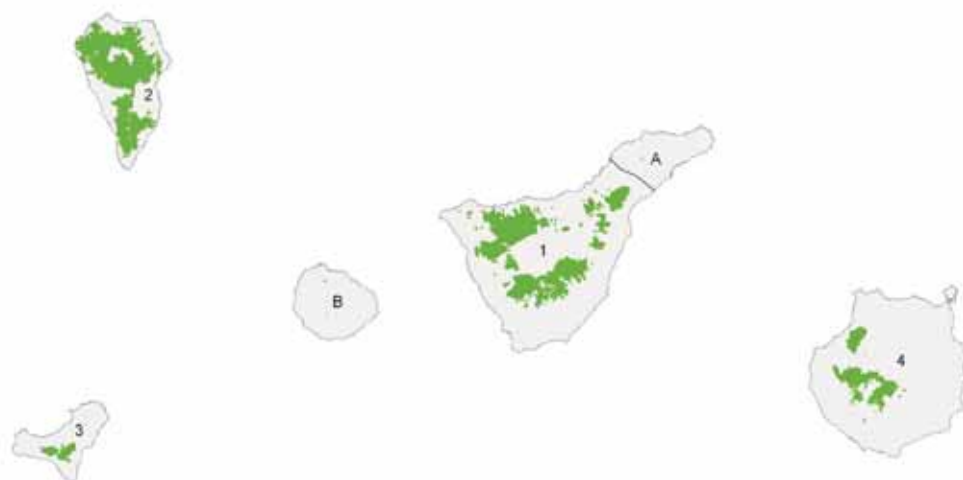


Figura 3. Distribución de *Pinus canariensis* y Regiones de Procedencia de sus materiales de reproducción. 1.- Isla de Tenerife. 2.- Isla de La Palma. 3.- Isla de El Hierro. 4.- Isla de Gran Canaria. A.- Roque de Los Pinos (Tenerife). B.- La Gomera (Alía *et al.*, 2009).

Tabla 1. Descripción de las áreas con presencia de *Pinus canariensis* por región de procedencia (RP: número de la región de procedencia; Pres: presencia de la especie en cada una de las regiones, estimada como el cociente del área de la especie en dicha región respecto del área total de la especie; A: número de meses de déficit hídrico (precipitación media mensual <2 temperatura media mensual); Hs: número de meses con helada segura (media mínimas <0 °C); Med: valor medio; Max: valor máximo; Min: valor mínimo; MaxMC: valor máximo del mes más cálido; MinMF: valor mínimo del mes más frío).

RP	Pres (%)		Altitud (m)			Precipitación ⁽¹⁾ (mm)		Temperatura (°C)			Hs (meses)
	Max	Min	Med	Max	Min	Anual	Estival	Med	MaxMC	MinMF	
1. Isla de Tenerife	46,9	61	1269	2416	61	494	8	14	24,1	6,5	0
2. Isla de la Palma	34,5	135	1069	2350	135	473	6	14,8	24,3	7,9	0
3. Isla del Hierro	3,6	343	1003	1350	343	363	4	15,5	24,6	8,6	0
4. Isla de Gran Canaria	14,6	231	925	1485	231	322	5	15,9	25,2	8,8	0
A. Roque de los Pinos (Tenerife)	0,2	586	631	675	586	573	16	16	24,7	9,3	0
B. La Gomera	0,3	173	529	1150	173	362	4	18,2	26,9	11,6	0

⁽¹⁾ Las precipitaciones reales pueden estar minusvaloradas por no considerar el modelo climático las precipitaciones horizontales.

El actual Catálogo Nacional de Materiales de Base incluye fuentes semilleras (categoría identificada), de las cuatro regiones de pino canario y de una de sus áreas de procedencia restringida, y rodales selectos (categoría seleccionada) localizados en tres de las regiones.

Al igual que el resto de los pinos, el pino canario está obligado a cumplir las obligaciones relativas al pasaporte fitosanitario y los RD. 637/2006, de 26 de mayo, y 65/2010, de 29 de enero, por los que se establece el programa nacional de erradicación y control del hongo *Fusarium circinatum*. Tales disposiciones establecen medidas preventivas contra el citado patógeno, que en el caso de las semillas supone la obligación de analizar los lotes comerciales y los autorrecolectados por los viveristas, así como de cumplir una serie de requerimientos para la circulación del material de reproducción. También prevé la inspección sanitaria de las masas, lo que incluye lógicamente a los rodales y fuentes semilleras del Catálogo.

2.2. Técnicas de manejo y propagación

2.2.1. Semillas

La recogida de las piñas varía ligeramente dependiendo de la zona, realizándose entre agosto y noviembre en la provincia de Santa Cruz de Tenerife y preferentemente de abril a julio en Gran Canaria. Una forma de extracción de la semilla se hace con calor artificial, introduciendo las piñas en una estufa a 60 °C y un 40% de humedad relativa. La otra técnica es por secado, durante el verano, de las piñas a pleno sol, extendiéndolas en eras (superponiendo una malla transparente para evitar la depredación) y removiendo las piñas cada cierto tiempo. Una vez abiertas las piñas, los piñones se extraen mediante el golpeo de los conos, para a continuación, tras eliminación de las impurezas más groseras, retirar el ala de los piñones por frotación sobre un tamiz o mediante una máquina desaladora. Posteriormente se realiza la limpieza por cribado y aventado. No es infrecuente la presencia de semilla atacada, cuya retirada en ocasiones ha de ultimarse por selección manual.

El almacenamiento es a temperatura ambiente en recipientes herméticos hasta su posterior utilización o en sacos de tela de yute. No se aplican tratamientos de conservación, ya que la viabilidad se mantiene varios años.

Para su germinación las semillas no requieren ningún tratamiento pregerminativo. En *P. canariensis*, la luz y la temperatura tienen un efecto significativo sobre la germinación. Así, ésta es más alta y más rápida en condiciones de luz, obteniéndose mejores resultados en el rango entre 15 y 20 °C que a temperaturas más alta, en régimen constante (25 °C) o en alternancia (15-25 °C) (Escudero *et al.*, 2002). Antes de la siembra y sólo con el fin de descartar las semillas vanas, éstas se sumergen 48 horas en agua, descartando las semillas que flotan, y se les añade algún fungicida para prevenir el *damping-off*.

Los piñones se siembran directamente en el contenedor forestal que posteriormente se llevará a la repoblación, sin necesidad de una fase intermedia de trasplante desde bandejas semilleras. Depende mucho del tamaño de las semillas, pero siempre es necesario que el sustrato esté humedecido antes y la semilla nunca debe cubrirse con una capa superior al doble de su diámetro. En general, es una especie de gran poder germinativo y por

ello se coloca un solo piñón en cada alveolo, aunque en algunos viveros se colocan dos por alveolo y luego, en su caso, se deshermanan. En condiciones de vivero, el período de latencia ronda los 15-20 días, logrando una capacidad germinativa de hasta el 80%. Por cada kilo de semilla limpia (libre de impurezas y separadas las vanas) germinan de media 7.000 plántulas (Tabla 2). El procedimiento establecido por la ISTA (2011) para la evaluación de la viabilidad de lotes de semillas de pino canario es la germinación en arena a 20 °C durante al menos 28 días.

Tabla 2. Datos característicos de lotes de semillas de *Pinus canariensis*.

Rendimiento semilla/fruto		Pureza (%)	Facultad germinativa (%)	Nº semillas kg ⁻¹	Referencia
(kg hl ⁻¹)	(% en peso)				
2-2,5	5-5,5	95-98		7.700-8.580-9.460	Catalán (1991)
		97-100	75-95	8.300-9.700-13.500	CNRGF <i>El Serranillo</i> (Anexo III)

2.2.2. Vegetativa

Al ser una especie de alto poder germinativo, no se utilizan técnicas de propagación vegetativa, sino es con el fin de conservar el genotipo. Ensayos realizados con este fin han encontrado dificultades en la soldadura de los tejidos, ya que debido a la alta capacidad de rebrote de esta especie, se forman gran número de brotes bajo la soldadura dificultando la conexión entre ambas partes del injerto (Informe UPM-Cabildo GC, 2004).

3. Producción de plantas

El comienzo del cultivo moderno de pino canario con fines de reforestación empezó en la década de los cuarenta, utilizando canutos de caña a modo de contenedores (Ceballos y Ortuño, 1976). Posteriormente, a mitad de los años setenta, cuando el uso de este contenedor se había extendido por todo el mundo, fue reemplazado por las económicas bolsas de polietileno microperforadas, actualmente también en desuso. Los sustratos empleados tradicionalmente en las islas han sido tierras naturales de monte y picón (material poroso volcánico) sin emplear fertilización, por entender que la tierra de monte le confería a la planta todos los nutrientes necesarios hasta llegar el momento de la plantación en campo. El cultivo del pino canario en las islas se ha venido realizando de esta manera durante aproximadamente los últimos 30 años.

Con el fin de adaptarse a la normativa de calidad de materiales de reproducción y dados los bajos porcentajes de supervivencia que se alcanzaban en las zonas más áridas de las islas, actualmente se ha modificado el método de cultivo pasando a emplear contenedores comerciales y sustratos artificiales fertilizados. Los envases forestales más utilizados son bandejas termoconformadas de 300 ó 400 cm³ de capacidad, tipo ForesPot®, Arnabat 28a® o Cler®. El sustrato empleado varía dependiendo del vivero, pero en todos los casos están basados en turba rubia (50 ó 60 % en volumen) y material inerte que aporte

aireación (vermiculita, perlita o fibra de coco). El fertilizante utilizado es principalmente de liberación lenta (Osmocote ®, 16-8-12) en una dosis estándar de 3 g l⁻¹, si bien en algunos casos se fertirriga según las necesidades con N en fase de crecimiento y K en la fase de endurecimiento. En ensayos con dosis entre 4 y 7 g l⁻¹ con abono de liberación lenta (Luis *et al.*, 2004) no se apreciaron mejoras considerables entre la dosis máxima y la mínima, si bien tampoco se dieron fenómenos de toxicidad, por lo que se recomienda dosis cercanas a 3 g l⁻¹.

En relación con el cultivo de la planta, los atributos morfológicos de calidad (RD. 289/2003) son, para planta de una savia, una altura comprendida entre 10 y 25 cm y un diámetro mínimo de 2 mm en el cuello de la raíz y, para planta de dos savias, entre 15 y 35 cm de altura y hasta 3 mm de diámetro en el cuello de la raíz. Trabajos recientes (Luis, 2006; Luis *et al.*, 2009) sugieren una revisión de los valores recomendados, de forma que se aumenten los valores mínimos exigidos de altura de la planta. Ello se fundamenta en el hecho de que se han encontrado porcentajes bastantes bajos de supervivencia en plantas que presentaban valores cercanos a los tamaños mínimos requeridos actualmente por la normativa, mientras que las plantas que se encontraban por encima de los valores máximos alcanzaron supervivencias cercanas al 100%.



Figura 5. Brinzal de *Pinus canariensis* de dos savias, puesta en campo con una savia (Foto: V.C. Luis).

Figura 4. Brinzal de *Pinus canariensis* de una savia (Foto: V.C. Luis).

Actualmente no se realizan controles de la calidad de planta en los viveros de producción en Canarias. En la Tabla 3 se recoge los valores máximos, mínimos y recomendados de atributos de calidad para las plantas de pino canario.

Tabla 3. Valores de atributos morfológicos y de concentración de nutrientes de plantas de *Pinus canariensis* de una savia (Luis *et al.*, 2004; Luis, 2006).

Atributo	Valores recomendados	Valores máximos	Valores mínimos
Atributos morfológicos			
Altura (cm.)	25	35	15
Diámetro del cuello de la raíz (mm)	3-4	5,5	3
Peso seco aéreo - PA (g)	~ 3,5	5,5	1,5
Peso seco radical - PR (g)	~ 2	2,5	1,25
Peso seco total (g)	~ 5,5	8	2,75
PA/PR	1,75	2,2	1,2
Esbeltez (cm mm ⁻¹)	4	5	3,5
Atributos fisiológicos			
N foliar (%)	2	3	1
P foliar (%)	0,2	0,1	0,3
K foliar (%)	0,5	0,8	0,2

4. Uso en repoblaciones y restauraciones

Todo parece indicar que los guanches, antiguos pobladores de las islas, por su reducido número y su dependencia del medio natural, casi no afectaron a las zonas potenciales de pinar. No obstante, estos pobladores obtenían del pinar diversos objetos y materiales que eran fundamentales en su medio de vida, tales como armas y bastones, objetos domésticos, herramientas y algunos productos con fines alimenticios y medicinales (Del Arco *et al.*, 1992). Sin embargo, la acción del hombre sobre el pinar ha sido intensa tras la conquista de las islas por los castellanos, influyendo decisivamente en la estructura que toma actualmente esta formación vegetal. Dicha acción se ha basado en una serie de usos y aprovechamientos, tanto directos como indirectos, entre los que cabe citar principalmente la obtención de madera y, en concreto, de la “madera de tea”. La madera de tea es de gran valor, se obtiene de ejemplares de alrededor de 200 años, que debido a la alta concentración de resina que tienen en su duramen es altamente resistente al agua e imputrescible, haciéndola muy adecuada para la construcción. Además de para este destino, también se utilizaba la madera para leña, resina y pez. Igualmente, de gran importancia en el pasado fue la utilización de la pinocha, tanto para el embalaje de plátanos y tomates para la exportación, como para cama de ganado.

A partir de los años 40 empieza una intensa campaña de reforestación por parte del Patrimonio Forestal del Estado con el fin de recuperar el cinturón de pinar que existía en el pasado. Actualmente hay reforestadas 17.900 ha con especies de pino, de las cuales un

86% corresponden a masas de pino canario, un 11% a zonas donde se ha introducido *Pinus radiata* y un 3% a otras coníferas. Estas áreas reforestadas tienen una densidad mayor que los pinares naturales, lo que deriva en un exceso de competencia intraespecífica (Arévalo *et al.*, 2005), de manera que en los últimos años se ha empezado a dirigir el manejo de las masas de pino canario hacia una reducción de su densidad y a promover el desarrollo de las copas de los ejemplares adultos.

Actualmente no existen en las islas proyectos de ordenación de montes en relación con los aprovechamientos forestales. Los montes públicos se organizan a través de planes anuales, con sus correspondientes pliegos de condiciones técnicas, y los privados, a través de la supervisión técnica de los aprovechamientos autorizados (Agresta, 2005). El Cabildo de Gran Canaria ha elaborado dos Planes Técnicos de Gestión y la gestión forestal en montes consorciados está certificada por el FSC. El pino canario actualmente sólo se utiliza con fines de conservación y los objetivos de las repoblaciones varían dependiendo de la zona. En las zonas norte de las islas se realizan repoblaciones de sustitución para eliminar a *P. radiata*. En las zonas sur el objetivo es la restauración ecológica, ya que son áreas generalmente bastante degradadas.

5. Planificación de la repoblación

En la actualidad se considera que la máxima densidad de plantación debe ser de 900 pies ha^{-1} y la mínima entre 400 y 500 pies ha^{-1} . Deben considerarse nulas las zonas rocosas o con pendientes muy grandes. Las zonas repobladas con densidades mínimas actuales de 400 pies ha^{-1} se consideran que tienen un grado de desarrollo adecuado y que sobre ellas no debe realizarse reposiciones de marras. En áreas donde se repueble en huecos producidos por los diferentes tratamientos de corta del pino radiata, ya sea en fajas a lo largo de barrancos o por golpes, se seguirá una densidad y un marco de plantación similar.

En la Isla de Gran Canaria, gran parte de las repoblaciones se hacen en la vertiente sur, precisando de un riego de asiento, más 2-4 riegos de mantenimiento al año siguiente, por lo que la densidad de plantación oscila entre 300 y 500 pies ha^{-1} .

Por ser el pinar canario una formación donde aparece el pino como único elemento arbóreo, no se suelen utilizar más especies en las zonas a repoblar. Siguiendo los modelos propuestos en el Plan Forestal de Canarias (Guzmán Ojeda *et al.*, 1999), en algunas ocasiones, entre los 700-900 m, se acompaña de sabina (*Juniperus turbinata* subsp. *canariensis*), según el modelo de pino-sabina, acebuche (*Olea europaea* subsp. *cerasiformis*) y almácigo (*Pistacia atlantica*). En determinadas zonas de suelos poco evolucionados también se realizan plantaciones de pino canario, así como en las zonas en que existían masas mixtas de pino radiata y pino canario, donde al cortarse el primero de ellos, han quedado pies sueltos o bosquetes de pino canario, que se enriquecen con golpes de escobón (*Chamaecytisus proliferus*), siguiendo el modelo de pino-leguminosas. En las repoblaciones del pinar alísico de Tenerife, se plantan fayas (*Morella faya*) junto al pino canario en una proporción del 10-20%. Dado lo escarpado del terreno y los altos costes que supone un manejo de la masa en estas condiciones, la distribución de especies, densidad y estructura de la nueva masa debe diseñarse de forma que no haga falta posteriormente la intervención humana.

El procedimiento de preparación del terreno será preferentemente puntual, no empleándose nunca preparaciones areales debido a la fragilidad del medio. El desbroce se realiza mediante la roza de 1 m² alrededor del punto de plantación.

La preparación del suelo son hoyos con contrapendiente, para incrementar la capacidad de captación de agua. Se propone el ahoyado manual en las zonas más inaccesibles, pendientes mayores del 75%, porque, aunque en general da peores resultados, es el único método realmente viable. En los sitios donde sea posible, el método ideal de preparación del suelo es el ahoyado con retroaraña. La profundidad de la preparación del suelo debe ser de, al menos, 40 cm ya que esta es la profundidad mínima para que las plantas puedan acumular la humedad necesaria para resistir, con ciertas garantías, los periodos de estrés hídrico. La distribución de los hoyos es al tresbolillo, manteniendo una separación media entre hoyos de 4,13 m para una densidad inicial de 900 pies ha⁻¹.

El método de repoblación es la plantación, que se ejecuta de forma manual mediante el empleo del plantamón. Dada la alta incidencia de roedores en las islas se hace imprescindible la utilización de protectores. Se utilizan mallas plásticas negras de 0,6 m de altura. Estos dispositivos, además, reducen la insolación y, por tanto, la transpiración de los plantones e incluso aumentan la captación de niebla. Los protectores se fijan al suelo mediante dos tutores de caña. Una vez las plantas tienen todas las acículas secundarias, a partir del tercer año, se pueden retirar los protectores, pues ya no son objetivo de los herbívoros.



Figura 6. Repoblaciones de pino canario y radiata (manchas más oscuras) en el norte la Isla de Tenerife (Foto: V.C. Luis).

En relación con el riego, salvo excepciones, no deben realizarse aportes de agua en las repoblaciones en zonas alísicas y supraalísicas. En las zonas más secas, vertientes sur, los riegos que actualmente se realizan son riegos de atemperado y de mantenimiento. Los primeros se efectúan para poder realizar las labores de plantación y su objetivo es que el suelo adquiera tempero; se realizan posteriormente al ahoyado y refinado de los hoyos. Los segundos se llevan a cabo para asegurar la viabilidad de la repoblación en caso de que las precipitaciones en los meses posteriores a la plantación sean muy reducidas y se ponga en peligro la supervivencia de las plantas. En algunas de las zonas con más problemas en Gran Canaria se realizan dos riegos de primavera y otro en septiembre, para asegurar el éxito.

Actualmente, el Plan Forestal de Canarias (Guzmán Ojeda *et al.*, 1999) recoge una serie de directrices para la mejora silvícola de los pinares canarios, en forma de cortas de regeneración, desbroces selectivos, clareos o claras en función del origen de la masa (López *et al.*, 2008).

6. Bibliografía

- ALÍA R., GARCÍA DEL BARRIO J.M., IGLESIAS S., MANCHA J.A., DE MIGUEL J., NICOLÁS J.L., PÉREZ MARTÍN F., SÁNCHEZ RON D., 2009. Las Regiones de procedencia de especies forestales en España. Organismo Autónomo Parques Nacionales, Madrid. pp. 157-162.
- AGRESTA, 2005. Directrices de Ordenación de los Recursos Forestales de Canarias. Documento de avance, Gobierno de Canarias, Consejería de Medio Ambiente y Ordenación Territorial.
- ARÉVALO J.R., FERNÁNDEZ-PALACIOS J.M., 2005. From pine plantations to natural stands. Ecological restorations of a *Pinus canariensis* Sweet, ex Spreng forest. *Plant Ecol.* 181, 217-226.
- BELLEFONTAINE R., RAGGABI M., 1979. Provenances et origines de *Pinus canariensis*. Résultats des essais á court terme installés au Maroc depuis 1972. *Ann. Rech. For. Maroc.* 19, 309-326.
- BLANCO A., CASTROVIEJO M., FRAILE J.L., GANDULLO J.M., MUÑOZ L.A., SÁNCHEZ PALOMARES O., 1989. Estudio ecológico del pino canario. Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid.
- CATALÁN G., 1991. Semillas de árboles y arbustos forestales. Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid. pp. 275-294.
- CEBALLOS L., ORTUÑO F., 1976. Vegetación y flora forestal de las Islas Canarias Occidentales. Excmo. Cabildo Insular de Tenerife. 2ª Edición. Santa Cruz de Tenerife.
- CEBALLOS L., RUIZ DE LA TORRE J., 1971. Árboles y arbustos de la España Peninsular. Fundación Conde del Valle de Salazar. ETSIM. Madrid.
- CLIMENT J., GIL L., DE TUERO M., 1996. Las Regiones de procedencia de *Pinus canariensis* Chr.Sm. ex DC. Instituto para la Conservación de la Naturaleza, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid.
- CLIMENT J., TAPIAS R., PARDOS J., GIL L., 2004. Fire adaptations in the Canary Islands pine- *Pinus canariensis*. *Plant Ecol.* 171, 185-196.
- CLIMENT J., CHAMBEL R., LÓPEZ R., MUTKE S., ALÍA R., GIL L., 2006. Population divergence for heteroblasty in the Canary Island pine (*Pinus canariensis*, *Pinaceae*). *Am. J. Bot.* 93, 840-848.
- DEL ARCO AGUILAR M.J., PÉREZ DE PAZ P.L., WILDPRET W., SAUQUILLO V.L., SALAS M., 1990. Atlas cartográfico de los pinares canarios I: La Gomera y El Hierro. Gobierno de Canarias, Consejería de Política Territorial, Tenerife.

- DEL ARCO AGUILAR M.J., PÉREZ DE PAZ P.L., RODRÍGUEZ O., SALAS M., WILDPRET W., 1992. Atlas cartográfico de los pinares de Canarias II. Tenerife. Dirección General de Medio Ambiente y Conservación de la Naturaleza. Gobierno de Canarias. Santa Cruz de Tenerife.
- DEL ARCO AGUILAR M.J., PÉREZ DE PAZ P.L., ACEBES J.R., GONZÁLEZ-MANCEBO J.M., REYES-BETANCORT A., BERMEJO J.A., DE-ARMAS S., GONZÁLEZ-GONZÁLEZ R., 2006. Bioclimatology and climatophilous vegetation of Tenerife (Canary Islands). *Ann. Bot. Fenn.* 43, 167-192.
- ESCUADERO A., PÉREZ-GARCÍA F., LUZURLAGA A.L., 2002. Effects of light, temperature and population variability on the germination of seven Spanish pines. *Seed Sci. Res.* 12, 261-271.
- FERNÁNDEZ-PALACIOS J.M., DE-NICOLÁS J.P., 1995. Altitudinal pattern of vegetation variation on Tenerife. *J. Veg. Sci.* 6, 183-190.
- GIL L., CLIMENT J., NANOS N., MUTKE S., ORTIZ I., SCHILLER G., 2002. Cone morphology variation in *Pinus canariensis* Sm. *Plant Syst. Evol.* 235, 35-51.
- GUZMÁN OJEDA J., RICART ESTEBAN J., NARANJO BORGES J., DE FRUTOS MARTÍN M.A., JIMÉNEZ DÍAZ M.J., 1999. El Plan Forestal de Canarias. Consejería de Política Territorial y Medio Ambiente. Viceconsejería de Medio Ambiente. Gobierno de Canarias.
- INFORME UPM-CABILDO G.C., 2004. Estudio de los Factores Relacionados con la Utilización del Pino Canario (*Pinus canariensis*) en la Recuperación de la Cubierta Forestal de Gran Canaria. Informe restringido del convenio de colaboración Cabildo Insular de Gran Canaria-UPM.
- ISTA (International Seed Testing Association), 2011. International rules for seed testing. Edition 2011. ISTA, Bassersdorf, Switzerland.
- KLAUS W., 1989. Mediterranean pines and their history. *Plant Syst. Evol.* 162, 133-163.
- LIPHSCHITZ N., BIGER G., 2004. Green dress for a country: afforestation in Eretz Israel: the first hundred years 1850-1950. KKL - Land Use Research Institute. Ariel Publishing House, Jerusalem.
- LÓPEZ R., 2009. Diferenciación adaptativa entre poblaciones de *Pinus canariensis* Chr. Sm. ex DC. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.
- LÓPEZ E., CLIMENT J., MONTERO G., 2008. Selvicultura de *Pinus canariensis* Sweet. En: Compendio de Selvicultura aplicada en España (Serrada R., Montero G., Reque J.A., eds.). Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Agroalimentaria. Madrid. pp. 267-288.
- LUIS V.C., 2001. Influencia de la luz en la supervivencia y crecimiento de plántulas de *Pinus canariensis*. Tesis de Licenciatura. Universidad de La Laguna.
- LUIS V.C., 2006. Calidad de planta de pino canario para reforestación. Métodos de cultivo y respuestas fisiológicas a factores de estrés. Serie Tesis Doctorales. Servicio Publicaciones ULL.
- LUIS V.C., JIMÉNEZ M.S., GIL P., MORALES D., 2001. Influencia de los factores ambientales en la mortalidad de plántulas de *Pinus canariensis* en condiciones naturales. En: Actas del III Congreso Forestal Español. Mesas 1 y 2. (Junta de Andalucía, ed.). Granada. pp. 357-362. Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- LUIS V.C., PETERS J., GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ A.M., JIMÉNEZ M.S., MORALES D., 2004. Testing nursery plant quality of canary island pine seedlings grown under different cultivation methods. *Phyton-Ann. Rei Bot.* 44, 231-244.
- LUIS V.C., TASHLER D., HAECKER J., JIMÉNEZ M.S., WIESSER G., NEUNER G., 2007. Ice nucleation and frost resistance of *Pinus canariensis* seedlings bearing needles in three different developmental states. *Ann. For. Sci.* 64, 177-182.
- LUIS V.C., PUÉRTOLAS J., CLIMENT J., PETERS J., GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ A.M., MORALES D., JIMÉNEZ M.S., 2009. Nursery fertilization enhances survival and physiological status in Canary Island pine (*Pinus canariensis*) seedlings planted in a semiarid environment. *Eur. J. For. Res.* 128, 221-229.
- PETERS J., 2001. Ecofisiología del Pino Canario. Tesis Doctoral, Universidad de La Laguna, Tenerife.

PETERS J., JIMENEZ M.S., MORALES D., 1999. Effect of extreme temperature on the photosynthetic apparatus of the Canarian endemic pine (*Pinus canariensis*). *Z. Naturforsch.* 54 c, 681-687.

RIVAS-MARTÍNEZ S., 1987. Memoria del Mapa de Series de Vegetación de España. Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid.

Pinus halepensis Mill.

Pino carrasco, pino blanquillo, pino carrasqueño; *cat.*: pi blanc, pi bord; *eusk.*: Alepo pinua.

Jaime PUÉRTOLAS SIMÓN, María Aránzazu PRADA SÁEZ, José CLIMENT MALDONADO, Juan OLIET PALÁ, Antonio Dámaso DEL CAMPO GARCÍA

1. Descripción

1.1. Morfología

Pinus halepensis es un árbol de porte mediano, hasta de 20-22 m de altura. El tronco es de corteza gris clara. La copa es irregular y proporciona una sombra poco densa. En las primeras edades presenta un sistema de ramificación monopódico, con fuerte dominancia apical y con profusión de ramas laterales desde la base si crece sin limitaciones de luz. Con la edad, o en condiciones de estación muy adversas, esa dominancia apical se va perdiendo hasta conformar el tipo de copa descrito. Las acículas del pino carrasco se reúnen en fascículos de dos, son flexibles y miden 6 a 12 cm de longitud (Amaral Franco, 1993).

1.2. Biología reproductiva

El pino carrasco, como todos sus congéneres, es monoico y presenta los órganos de ambos sexos en estructuras separadas. La apertura de las yemas reproductivas femeninas y la aparición de los estróbilos ocurren normalmente en la primavera temprana, pero pueden darse en pleno invierno o incluso en otoño. Generalmente, la polinización tiene lugar entre primeros de marzo y mediados de abril, precediendo en algunos días a la aparición de los estróbilos femeninos del mismo individuo. Esto se debe a que los conos masculinos se encuentran mucho más desarrollados ya al final del invierno; de hecho, cualquier evento seco y caluroso en enero o febrero puede desencadenar el inicio de la dispersión del polen en los individuos más precoces. La polinización es estrictamente anemófila.

Como en otros pinos de maduración bienal, los estróbilos experimentan un primer período de desarrollo muy limitado en el primer verano y otoño (pequeños conos de color verde insertos en un pedúnculo perpendicular al eje de la rama, de unos 25 mm). El segundo período se produce tras la fecundación del óvulo y da lugar al principal crecimiento de la piña durante el siguiente verano. En esta época, el pedúnculo se engrosa considerablemente y el cono se recurva hasta adquirir la posición péndula, pasando de color verde a anaranjado durante el otoño y posteriormente a marrón claro justo antes de la dehiscencia. Los conos femeninos maduros son oblongo-cónicos, de 6-12 × 3,5-4,5 cm (Amaral Franco, 1993), simétricos, sobre pedúnculos gruesos (1-2 cm), solitarios o en verticilos de 2 ó 3. Sus apófisis son casi planas o ligeramente prominentes, con ombligo romo y sin mucrón. Los conos masculinos tienen 3-4 mm de diámetro y 5-8 mm de longitud, son de color pardo-amarillento y se agrupan en gran número. El elevado

policiclismo de los brotes de esta especie se manifiesta de forma singular en la presencia ocasional de dos cohortes de piñas en el mismo brote anual y más raramente tres.

Las piñas alcanzan su madurez a finales del invierno del segundo año y la dispersión se produce de manera gradual, principalmente a finales de la primavera y durante el verano, aunque muchas piñas permanecen cerradas durante uno o varios años más (serotinia). Las semillas miden 6-7 mm y presentan un ala persistente de 22-28 mm (Amaral Franco, 1993). La dispersión tiene lugar fundamentalmente por la acción del viento, aunque de manera secundaria también actúan como agentes de dispersión algunas aves y pequeños mamíferos.

La serotinia, considerada como un típico carácter de adaptación al fuego, es muy variable entre zonas geográficas, pero el componente genético de esta variación es aún poco conocido. En casi todos los árboles se encuentran piñas serótinas y no serótinas en proporción variable, lo que se ha considerado como una estrategia dual entre piriscencia (apertura por fuego) y xeriscencia (apertura tras eventos climáticos secos y calurosos). Estudios recientes apuntan a una diferenciación anatómica entre ambos tipos de piñas (Moya *et al.*, 2008). En cualquier caso, la serotinia del pino carrasco genera un importante banco aéreo de semillas, hasta un millón de semillas por hectárea en masas de 15 años regeneradas tras un incendio.

Se desconocen híbridos naturales con otras especies en España. En el Mediterráneo oriental se hibrida con *P. brutia*, siempre que en el cruce actúe el pino carrasco como progenitor masculino.



Figura 1. Piñas de *Pinus halepensis* en fase próxima a la maduración (Foto: J. Climent).

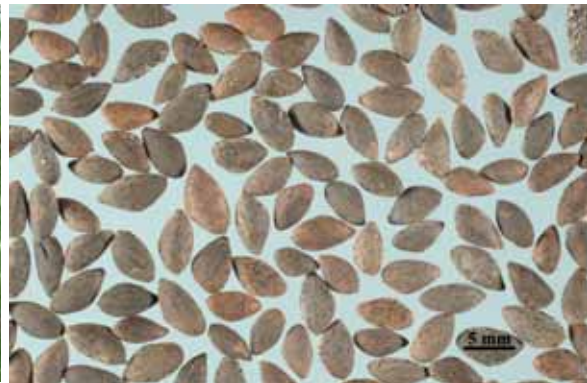


Figura 2. Semillas de *Pinus halepensis*.

1.3. Distribución y ecología

Es una especie presente en toda la cuenca mediterránea, aunque las principales masas están en el Mediterráneo occidental, en España y en los países del Magreb. Sus límites de distribución están definidos, por un lado, por su relativamente baja capacidad de resistencia al frío, menor que en otras especies de pinos mediterráneos, ya que aproximadamente a $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ se producen daños en las acículas endurecidas (Calamassi *et al.*, 2001; Climent *et al.*, 2009), lo que la excluye de las altas cadenas montañosas, y, por otro lado, por los

límites de su tolerancia a la sequía (Schiller, 2000), que condiciona su presencia en las zonas más áridas. En España vive en casi todos los climas mediterráneos, llegando a soportar precipitaciones anuales próximas a los 300 mm anuales y 6-7 meses de aridez en el subárido del sudeste peninsular, hasta en climas más frescos y algo húmedos con un período de aridez muy reducido y precipitaciones que rondan los 800 mm (poblaciones gerundenses) y en climas continentales en los que existe un cierto período de heladas seguras (por ejemplo, las poblaciones conquenses y prepirenaicas) (Gil *et al.*, 1996). Su mencionada baja resistencia al frío limita su dispersión en el interior continental y en altitud, encontrándose la mayoría de sus masas por debajo de los 1.000 m. Sin embargo, en los últimos años está colonizando altitudes de 1.300-1.400 m en zonas montañosas del interior de la Comunidad Valenciana. Su área de distribución natural se ciñe sobre todo al tercio este de la Península Ibérica (provincias del litoral mediterráneo, desde Girona hasta Málaga, adentrándose por la cuenca del Ebro, La Mancha, La Alcarria y el Sistema Bético) y a las Islas Baleares (Fig. 3). No obstante, las repoblaciones forestales han aumentado su distribución real, incluso hasta la zona central del Valle del Duero.

Puede vivir en una amplia variedad de tipos de suelos, pero principalmente se encuentra en sustratos muy calizos, de pH alto. Las características ecofisiológicas descritas (sistema radical de rápido crecimiento, estrategia ahorradora de agua, resistencia a la interacción entre luz y sequía) hacen que pueda prosperar en solanas de suelos someros con mucha pendiente, donde otras especies arbóreas, como las quercíneas, tienen dificultades para establecerse.

Es una especie pionera que forma un sistema radical extenso y muy ramificado, con una gran capacidad de colonización inicial del suelo en comparación con la de otras especies arbóreas mediterráneas, como la encina (Domínguez-Lerena *et al.*, 2001 a; Puértolas *et al.*, 2009). Esta característica le permite mantener un estatus hídrico aceptable tras la plantación, incluso bajo condiciones de aridez muy severas (Oliet *et al.*, 2002). Ese carácter pionero se manifiesta también en picos muy pronunciados de fotosíntesis cuando los recursos hídricos son favorables (Puértolas *et al.*, 2005 b; Maseyk *et al.*, 2008) y en su capacidad para la conservación de los mismos, que hace que su comportamiento haya sido clasificado como un claro ejemplo de estrategia de evitación de la sequía mediante el ahorro de agua (*water-saver*) (Baquedano y Castillo, 2006). Esta estrategia se hace patente en su alta capacidad de cierre estomático en respuesta a la sequía, que limita al máximo sus pérdidas de agua y evita el descenso de su potencial hídrico a los niveles que causan la pérdida de turgencia celular y la cavitación del sistema hidráulico (Melzack *et al.*, 1985; Borghetti *et al.*, 1998; Martínez-Ferri *et al.*, 2000).

Como especie típicamente pionera, presenta baja tolerancia a la sombra, aunque es capaz de desarrollarse bien bajo niveles intermedios de sombra (Fernández y Tapias, 2005). Asociado a este temperamento, su sistema fotosintético es poco vulnerable al efecto interactivo de la sequía y la alta radiación luminosa (Martínez-Ferri *et al.*, 2000; Puértolas *et al.*, 2005 b), por lo que no necesita protección frente a la luz, ni siquiera en su fase de establecimiento.

Otra peculiaridad relacionada con el carácter pionero de la especie es su gran capacidad de respuesta ante diferentes variables ambientales, en consonancia con su amplio rango

de distribución. Así, como ya se mencionó, es de crecimiento policíclico, particularmente en sus primeros años, estando el número de ciclos determinado por las condiciones ambientales, aunque también existe una componente genética en este patrón de crecimiento (Pardos *et al.*, 2003 a). Durante su primera savia no forma yemas, presentando crecimiento libre, y es rara la presencia de acículas adultas. La formación de yemas y la aparición de acículas adultas suelen ser simultáneas y pueden retrasarse durante varios años si existen fuertes limitaciones al crecimiento de las plántulas, ya que estos dos hechos parecen muy ligados a su desarrollo. Como en otras especies de pinos mediterráneos que presentan esta heterofilia, las acículas juveniles difieren de las adultas en ciertas características, como las tasas de transpiración cuticular, la esclerofilia o la resistencia a las heladas, lo que se ha interpretado como un carácter adaptativo (Pardos *et al.*, 2009; Climent *et al.*, 2009).

Se ha debatido mucho en el pasado sobre el carácter climácico de esta especie en la Península Ibérica. Hasta hace unos años, parecía existir un consenso sobre la consideración de los pinares de los pinos mediterráneos, y especialmente de *P. halepensis*, como etapas de sustitución de otras formaciones y nunca una etapa climácica de la vegetación. Sin embargo, evidencias paleobotánicas e históricas sitúan al pino carrasco como abundante de forma natural dentro de su área de distribución, ocupando los suelos poco desarrollados que otras especies más exigentes no pueden cubrir (Gil, 2008). No obstante, la intensa actividad repobladora del siglo pasado ha ampliado notablemente su importancia como especie forestal en España, dada la facilidad de su implantación en comparación con otros taxones arbóreos.

2. Materiales forestales de reproducción

2.1. Marco normativo. Identificación de los materiales de reproducción

El pino carrasco está incluido en la normativa estatal relativa a la producción y comercialización de los materiales forestales de reproducción (RD. 289/2003), por lo que los materiales que se comercialicen y empleen para la forestación en cualquier zona del territorio español deben cumplir con las características de calidad externa y con la documentación acreditativa fijada por norma. Se han delimitado y aprobado 19 regiones de procedencia en las masas naturales de la especie y una más que incluye repoblaciones de la Submeseta Norte (Fig. 3, Tabla 1). Una descripción más detallada de las características de estas regiones puede consultarse en Gil *et al.* (1996) y en Alía *et al.* (2009).

El Catálogo Nacional de Materiales de Base asociado a la normativa estatal incluye fuentes semilleras de prácticamente todas las regiones de procedencia, por lo que es posible contar con materiales de reproducción de la categoría identificada en gran parte de su rango de distribución natural en España. Asimismo, se cuenta con rodales selectos en algunas regiones, que han sido elegidos por sus características fenotípicas superiores para ciertos rasgos de interés (crecimiento, forma de fuste, estado sanitario) y que permiten la provisión de materiales de la categoría seleccionada. Existe un huerto semillero en Alaquás (Valencia) que ha sido aprobado como material de base y que permite la obtención de materiales de la categoría cualificada. Los genotipos integrantes de este huerto son *ramets* de árboles plus localizados en las regiones de procedencia Ibérico Aragonés, Levante interior y Litoral levantino, seleccionados fenotípicamente

por sus características superiores en relación con la forma del fuste y su crecimiento respecto de los árboles próximos. Se puede obtener información actualizada y conjunta de los materiales de base aprobados hasta la fecha por las diferentes CC.AA. en la página electrónica del Ministerio competente.

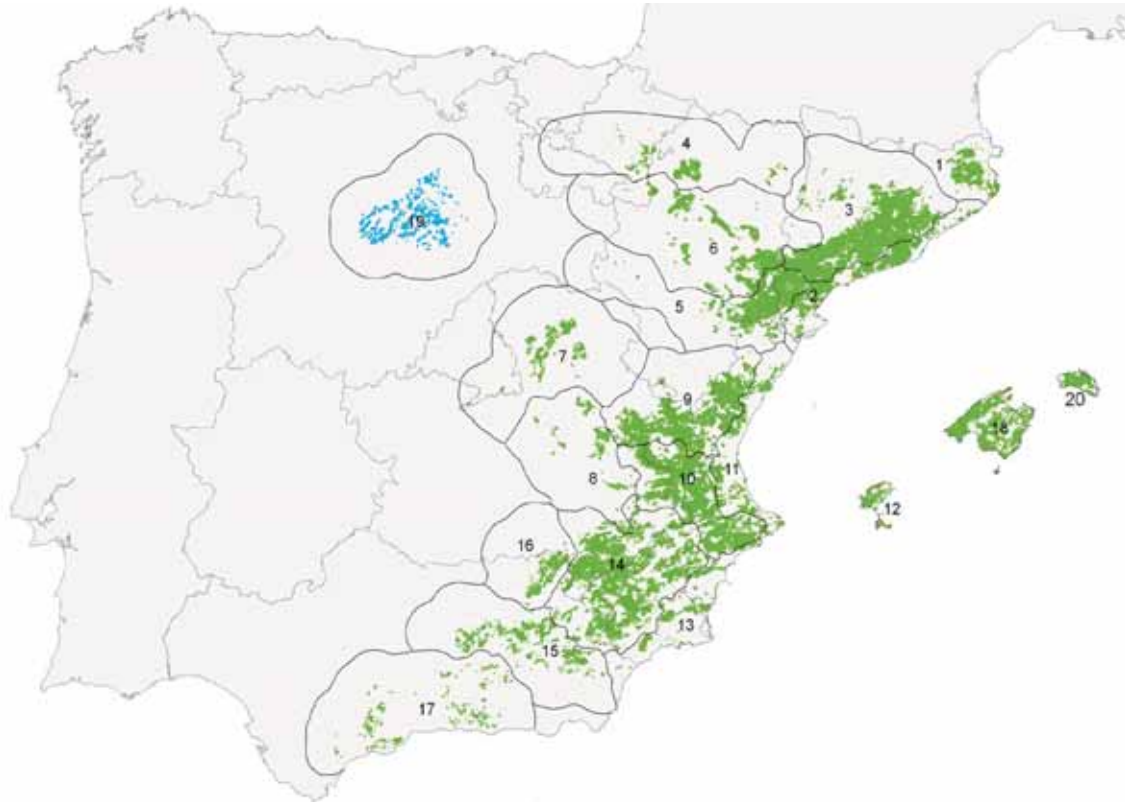


Figura 3. Distribución de *Pinus halepensis* y Regiones de Procedencia de sus materiales de reproducción. 1.- Alta Cataluña. 2.- Cataluña Litoral. 3.- Cataluña Interior. 4.- Bárdenas-Ribagorza. 5.- Ibérico Aragonés. 6.- Monegros-Depresión del Ebro. 7.- Alcarria. 8.- La Mancha. 9.- Maestrazgo-Los Serranos. 10.- Levante Interior. 11.- Litoral Levantino. 12.- Islas Pitiusas. 13.- Sudeste. 14.- Bética Septentrional. 15.- Bética Meridional. 16.- Cazorla. 17.- Sur. 18.- Mallorca. 19.- Repoblaciones de la Meseta Norte. 20.- Menorca. (Alía *et al.*, 2009). En azul se refieren las masas fuera del ámbito de distribución natural de la especie.

Cuando se elige la procedencia que se va emplear para repoblar una determinada zona, normalmente se ha procedido a establecer la homologación climática entre las características de la zona de origen y la de uso. No obstante, en los casos en los que no exista un fin productivo concreto (que son la mayoría), en las áreas con poblaciones naturales de pino carrasco se recomienda el empleo de materiales recolectados en la misma región de procedencia en la que se efectúa la forestación, como medio de asegurar la adaptabilidad de los materiales y, al mismo tiempo, para promover la conservación de los recursos genéticos de las poblaciones locales. Este principio de precaución debe tenerse en cuenta muy especialmente en las poblaciones que, por su aislamiento genético o marginalidad geográfica, pueden presentar adaptaciones particulares o variantes

Tabla 1. Descripción de las áreas con presencia de *Pinus halepensis* por región de procedencia (RP: número de la región de procedencia; Pres: presencia de la especie en cada una de las regiones, estimada como el cociente del área de la especie en dicha región respecto del área total de la especie; A: número de meses de déficit hídrico (precipitación media mensual <2 temperatura media mensual); Osc: media anual de la oscilación térmica diaria; Hs: número de meses con helada segura (media mínimas <0 °C); Med: valor medio; Max: valor máximo; Min: valor mínimo; MaxMC: valor máximo del mes más cálido; MinMF: valor mínimo del mes más frío); Tipo de suelo: porcentaje del tipo de suelo según la cartografía Soil Map of the European Communities dentro de cada región de procedencia. La clasificación de suelos utilizada en dicha cartografía es la de FAO de 1974. Las abreviaturas se han actualizado a la clasificación FAO de 1989. Los tipos de suelos inexistentes en la nueva clasificación se han mantenido con los nombres antiguos, asignándoles nuevas abreviaturas (Rankers: RK, Xerosoles: XE). Sólo se incluyen aquellos suelos que superan el 10% en el conjunto del territorio estudiado).

RP	Pres			Altitud (m)			Precipitación (mm)		A			Temperatura (°C)			Osc	Hs	Tipo de suelo (FAO)
	(%)	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Anual	Estival	(meses)	Med	MaxMC	MinMF	(°C)	(meses)			
1	2,3	181	895	3	829	173	0,6	14,5	28,7	2,1	15,7	0	CMc(60) FLe(21)				
2	4,7	212	1067	2	608	104	2,1	15,4	29,4	3,9	15,9	0	CMc(59) CMg(20)				
3	13,5	485	1396	31	600	124	1,6	13,4	29,9	0,6	18	0,6	CMc(85)				
4	1,9	553	1090	273	605	117	2	13,1	30,4	0,7	18	0,3	CMc(85) CMg(12)				
5	6,2	555	1347	17	497	91	2,7	14	30,2	1,5	17,6	0,1	CMc(70) XEc(23)				
6	5,3	401	942	70	399	79	3,7	14,2	32,3	0,9	19,3	0	XEc(58) XEy(22)				
7	2,2	869	1341	591	591	82	2,8	12,4	32,2	-1,1	18,7	2,2	CMc(99)				
8	1,9	856	1125	598	496	68	3,2	13,1	32	-0,1	19,2	0,9	CMc(88)				
9	9,7	763	1538	110	546	93	2,5	13,6	30	1,4	16,5	0,4	CMc(94)				
10	11,5	673	1428	56	524	67	3,1	14,4	30,5	2,6	16,5	0	CMc(96)				
11	3,3	200	837	1	599	64	3,2	16,5	30,3	4,8	15	0	CMc(81) FLe(17)				
12	0,9	106	421	1	476	42	4	16,9	28,6	6,4	-	0	CMc(100)				
13	2,4	277	1006	1	327	30	6,4	17,1	31,6	5,2	15,4	0	CMc(45) XEc(37)				
14	16,6	789	1946	72	410	55	4	14,5	31,9	1,9	17,6	0,1	CMc(85) XEc(10)				

RP	Pres		Altitud (m)			Precipitación (mm)		A (meses)	Temperatura (°C)			Osc (°C)	Hs (meses)	Tipo de suelo (FAO)
	(%)		Med	Máx	Mín	Anual	Estival		Med	MaxMC	MinMF			
15	4,1		1016	1975	411	516	42	4,1	13,9	32,1	1,2	17,9	0,2	CMc(83)
16	1,7		912	1710	420	776	55	3,3	14,3	33,2	1,4	19,5	0,1	CMc(80) LVk(19)
17	2,5		746	1769	6	666	29	4,1	15	31	3,3	16	0,1	CMc(75) CMe(17)
18	5		178	1308	3	604	53	3,2	15,9	28	6	-	0	CMc(99)
19	3,3		822	928	683	475	74	2,8	11,3	29,4	-1,0	17,4	2,3	CMc(87)
20	0,9		73	274	3	622	48	3,6	16,6	28,2	7,1	-	0	CMc(71) CMe(29)

genéticas raras, como por ejemplo en las de las islas, en ciertas poblaciones del sur de Andalucía y en las masas más continentales de su distribución. Sí parece adecuado el empleo de materiales recolectados en fuentes semilleras de una región de procedencia contigua y próxima al área en la que se efectúa la intervención, entre cuyos ámbitos geográficos no existan barreras orográficas que impidan el flujo de genes.

Por su rareza en el País Vasco, el pino carrasco está catalogado como especie “De interés especial”, según la Orden de 10 de julio de 1998. Asimismo, la variedad de porte fastigiado *P. halepensis* var. *ceciliae* está incluida en la categoría “De especial protección” en el Catálogo Balear de Especies amenazadas y de Especial protección (D. 75/2005).

En relación con los aspectos fitosanitarios, además de las limitaciones establecidas por la Directiva 2000/29/CE para la importación de materiales de *Pinus*, las partidas de material de reproducción de este género producidas en cualquier país de la Unión Europea deben ir acompañadas de su correspondiente pasaporte fitosanitario. De forma particular, debe tenerse en cuenta la normativa establecida para evitar la proliferación del hongo *Gibberella circinata* (más conocido como *Fusarium circinatum*) (Decisión 2007/433/CE). En este sentido, el programa nacional de erradicación de este hongo (RD. 637/2006 y RD. 65/2010) fija las obligaciones que deben cumplir los agentes implicados en la producción de materiales de reproducción de especies del género *Pinus*, entre las que se encuentra el control de los lotes de semillas, siguiendo un protocolo definido, y la inspección regular de las masas del género.

2.2. Técnicas de manejo y propagación

2.2.1. Semillas

Las piñas de pino carrasco se recolectan a mano, preferiblemente con la ayuda de tijeras de podar dado el grosor y resistencia del pedúnculo, desde el suelo o, con mayor frecuencia, accediendo a las copas de los árboles mediante escalada. Resulta muy eficaz y económico efectuar la recolección aprovechando las cortas. La época más adecuada es en primavera, entre marzo y mayo, antes de que las piñas no serótinas se abran naturalmente con el calor estival. Debido al engrosamiento y duraminización del pedúnculo, las piñas pueden permanecer varios años adheridas a las ramas después de abiertas. Dado que la humedad provoca el cierre de estas piñas por un proceso meramente físico, las cosechas realizadas en tiempo muy húmedo corren el riesgo de incluir piñas vacías. El peso de 1 hl de piña está en el intervalo 37-43 kg (Alía *et al.*, 2009).

Posteriormente se debe proceder al secado y apertura de las piñas mediante calor. La apertura puede efectuarse en estufas o extendiendo las piñas en una superficie seca y protegida de las lluvias para su secado al sol. En el caso de que se empleen secaderos artificiales, se debe efectuar previamente un estibado de las piñas durante un cierto tiempo en un lugar seco y con buena aireación, para favorecer su presecado. Una vez abiertas, la extracción de los piñones se suele hacer volteando y agitando las piñas, manualmente o mediante tambores giratorios (*trommel*) accionados mecánicamente. Para la separación de las alas de las semillas se emplean máquinas rotatorias provistas de cepillos o peines, que efectúan su acción por fricción, o mediante humectación-secado, lo que obliga, en

caso de conservación posterior, a un control riguroso del contenido hídrico resultante. Posteriormente, las impurezas se eliminan por aventado y cribado.

Para su conservación, se secan las semillas por debajo de un 7% de contenido de humedad, se envasan en recipientes herméticos y se guardan en cámara a una temperatura inferior a 8 °C, preferiblemente en el intervalo 0-4 °C. De esta manera es posible mantener los lotes con una alta viabilidad durante muchos años. Con vistas a la conservación a largo plazo, Pita *et al.* (1998) no encontraron una significativa reducción de la viabilidad de las semillas sometidas a crioconservación.

En ambiente controlado, las temperaturas más adecuadas para la germinación de las semillas del pino carrasco se sitúan entre los 15 y los 20 °C (Calamassi *et al.*, 1984; Thanos y Skordilis, 1987; Skordilis y Thanos, 1995; Escudero *et al.*, 2002). La respuesta de las semillas a estas temperaturas relativamente bajas resulta una estrategia adaptativa para evitar la germinación en épocas con mayor probabilidad de sequía, que en clima mediterráneo coincide con el período estival. Aunque MacCartaigh y Spethmann (2000) recomiendan la aplicación de una estratificación en frío durante un mes, los resultados obtenidos por Calamassi *et al.* (1984) y Skordilis y Thanos (1995) sugieren que no es conveniente efectuar dicho tratamiento, ya que en algunos lotes se observa una disminución en la proporción de semillas germinadas, si bien el proceso parece acelerarse, reduciendo y homogeneizando los tiempos de germinación de los lotes. Es conveniente hidratar las semillas antes de su siembra, manteniéndolas sumergidas en agua a temperatura ambiente durante 24-48 horas. La germinación de las semillas de *P. halepensis* suele ser más lenta que la de otros pinos de ambientes más frescos, como *P. sylvestris* o *P. nigra*.

Tabla 2. Datos característicos de lotes de semillas de *Pinus halepensis*.

Rendimiento semilla/fruto		Pureza (%)	Facultad germinativa (%)	Nº semillas kg ⁻¹	Referencia
(kg hl ⁻¹)	(% en peso)				
2.5-3,8					Gradi (1989)
1,3-1,7	3-3,5	95-98		40.000-52.000-66.000	Catalán (1991)
		98		41.000	Ribeiro <i>et al.</i> (2001)
				57.400-71.100	García-Fayos (2001)
	2-3	98-100	90-100	45.450-62.230	Navarro-Cerrillo y Gálvez (2001)
			80-85	50.000-100.000 (52.000-60.000)	Piotto y Di Noi (2001)
			32-71-95	32.478-47.337-65.200	Louro y Pinto (2011)
	0,5-3,4	82-100	63-92	52.600-76.800	Banc de Llavors Forestals (Anexo II)
1,0-1,7	2,3-4,3	95-99	65-93	42.000-50.500-60.000	CNRGF <i>El Serranillo</i> (Anexo III)
0,8-1		95-100	60-80	46.000-54.000	Vivero Central JCyL (Anexo IV)

Según Thanos (2000), la luz diurna tiene efectos positivos sobre la velocidad de germinación y, en algunos casos, también sobre la tasa de germinación; si bien, la mayor o menor sensibilidad a la luz puede variar entre procedencias (Escudero *et al.*, 2002).

Las normas de la ISTA (2011) establecen las siguientes condiciones de evaluación de la viabilidad de lotes comerciales de semillas de *P. halepensis*: germinación en arena a 20 °C durante al menos 28 días. Asimismo, en el caso de utilizar la valoración mediante tinción con tetrazolio, estas reglas indican que se debe extraer previamente el embrión y el endospermo antes de efectuar la prueba.

Para prevenir la proliferación de *Fusarium circinatum*, las semillas de esta especie pueden desinfectarse, sin perjudicar su calidad, sumergiéndolas en una solución de preóxido de hidrógeno al 30% durante 10 minutos (Muñoz *et al.*, 2009).

Las plántulas de *Pinus halepensis* miden unos 3-4 cm y presentan 6 a 10 cotiledones aciculares y hojas juveniles aciculares cortas de color verde oscuro, que se insertan directamente sobre el eje principal de la planta.

2.2.2. Vegetativa

El pino carrasco no se propaga habitualmente de manera vegetativa. Sin embargo, puede multiplicarse mediante estaquillado y técnicas *in vitro*, empleando material juvenil. Zazo *et al.* (1993) obtienen buenos resultados en el estaquillado de material obtenido de plantas de 1 y 2 savias. Lambardi *et al.* (1993) han puesto a punto la técnica de micropropagación del pino carrasco empleando embriones maduros y partes de embriones.

3. Producción de plantas

El cultivo de pino carrasco para la actividad repobladora tiene, al igual que en otros pinos mediterráneos como *P. pinaster* y *P. pinea*, una larga historia. Hasta la generalización del uso de contenedores de cultivo, con la aparición de las bolsas de polietileno, *P. halepensis* era producido a raíz desnuda en viveros volantes. Con ese tipo de plantas se realizaron repoblaciones emblemáticas como las de Sierra Espuña (Murcia), lo que da buena prueba de la rusticidad de *P. halepensis*.

Un interesante y antiguo sistema de producción de plantas de esta especie consistía en el cultivo de plantas de una savia a raíz desnuda, con una siembra temprana, un repicado en septiembre mediante la extracción de las plantas con tierra adherida a las raíces y su instalación en contenedores tales como macetas de barro o contenedores de madera laminada. Estas plantas se mantenían en vivero un par de meses antes de su envío al monte (Serrada, 2000).

La preocupación por minimizar el estrés del trasplante y la producción de plantas fuera del área de repoblación llevaron a la rápida implantación de las bolsas de polietileno como medio de cultivo preferente a partir de la década de los 60. Posteriormente, después de mediados de los años 80, debido a los problemas de conformación del sistema radical que originaban las bolsas, se introdujeron los contenedores forestales rígidos en bandeja (Peñuelas y Ocaña, 1996).

La implantación del contenedor supuso una revolución en el cultivo en viveros de las plantas de *P. halepensis* y ocurrió de forma simultánea al auge del Programa de Reforestación de Tierras Agrarias, en la que esta especie ocupó un lugar destacado en cuanto a utilización, sólo por detrás de la encina (Gómez-Jover y Jiménez, 1997). El empleo de sustratos inertes hizo imprescindible la fertilización adicional, incrementando la tecnificación del cultivo.

Los contenedores utilizados normalmente no superan los 300 cm³ de volumen y muy frecuentemente se usan de 200 cm³. Dada la gran capacidad de crecimiento de la raíz del pino carrasco, no parece necesario aumentar el tamaño del contenedor por encima de esos 200-300 cm³. Una alta fertilización es mucho más efectiva en la relación coste de planta-mejora de la calidad que un aumento del tamaño del contenedor, que conlleva casi inevitablemente una disminución de la densidad de cultivo y, por lo tanto, un incremento en los costes de producción. La estrategia ahorradora de agua de la especie, que es capaz de controlar mediante el cierre estomático sus pérdidas de agua, hace que, a diferencia de otras especies gastadoras, la relación entre la parte aérea y la parte radical pueda ser bastante alta, por lo que es posible cultivarla con elevadas fertilizaciones en contenedores relativamente pequeños. Como ejemplo, en el experimento de Oliet *et al.* (2009 a), las plantas de pino carrasco con mejor comportamiento tras el trasplante habían sido cultivadas en contenedores de 230 cm³ y presentaban una relación peso seco de la parte aérea/peso seco de la raíz de 2,5.

No es una especie exigente en cuanto al sustrato de cultivo, por lo que es suficiente seguir los requerimientos básicos de la producción de planta forestal (Landis *et al.*, 1990). En su cultivo se emplean sustratos a base de turba o fibra de coco, con o sin aditivos (perlita y vermiculita, fundamentalmente) para incrementar la porosidad y la capacidad de retención de agua. Los rangos observados en los sustratos en producciones comerciales, tanto en pH (4-8 en extracto; 1/2,5 en agua), como en conductividad (0,5-4,3 dS m⁻¹ en extracto; 1/5 en agua) dan idea de su amplitud de tolerancia al respecto. No obstante, si se riega con aguas demasiado duras y alcalinas, es conveniente partir de un sustrato con pH en el rango 5-6, pues éste tenderá a subir con el tiempo. En relación con las propiedades hidrofísicas del sustrato, los rangos también son amplios en algunas de las características más importantes, como la porosidad total (78-93%) y la porosidad de aireación o volumen de aire a 10 cm de columna de agua (5-22%).

El desarrollo de las plantas es muy dependiente de la temperatura, de modo que el calendario de cultivo debe ajustarse en función de la termicidad de la zona donde se localiza el vivero. Así, en lugares con un periodo vegetativo corto o medio-corto, la siembra puede realizarse en invierno si se dispone de un invernadero libre de heladas. En zonas templadas la siembra debe retrasarse hasta el periodo seguro (abril-mayo), para que la germinación no se vea comprometida por temperaturas extremas. En la mayoría de los viveros ubicados en el piso mesomediterráneo, el pino carrasco necesita unas 30-32 semanas de cultivo para formar el cepellón y alcanzar el tamaño estándar deseado. En viveros ubicados en cotas más altas, con una continentalidad acusada, el periodo vegetativo da lugar a plantas más contenidas en sus dimensiones y, en ellos, puede plantearse una producción a dos savias.

No se recomienda el uso de sombreo durante su cultivo. Los sombreos intensos producen graves alteraciones morfológicas que disminuyen la resistencia a la sequía y la supervivencia en plantación. Los sombreos intermedios (alrededor de un 60% de reducción de radiación) pueden reducir el desarrollo radical de los plantones, aumentando la relación parte aérea/parte radical. Adicionalmente, el sombreo en vivero, aunque no aumente la mortalidad, puede reducir el crecimiento inicial de las raíces tras el trasplante, lo que conlleva una merma importante en el crecimiento en los primeros años (Puértolas *et al.*, 2009).

En el caso de realizar la siembra en primavera, cuando las temperaturas son ya altas, hay que tener en cuenta la susceptibilidad de esta especie a los hongos causantes del *damping-off*. En ese caso, se debe extremar las precauciones y mantener las semillas y las plántulas tratadas con productos antifúngicos hasta la lignificación del tallo hipocotilo. En la práctica, se suele alternar principios activos como himexazol (Tachigaren©), iprodiona (Rovral©), thiram o captan.

La presencia de deformaciones u otros problemas en el cultivo no suele ser frecuente. En algunos casos se han presentado malformaciones de las acículas terminales y decaimiento o incluso muerte de la yema terminal. La mayor parte de estos problemas están ocasionados por el hongo *Sirococcus conigenus*, enfermedad que se transmite por las semillas, por lo que hay que extremar el cuidado en el tratamiento de éstas (Muñoz López, 1999), pero también pueden estar asociados a deficiencias en micronutrientes. Cuando se producen carencias de microelementos que están incluidos en el fertilizante empleado, hay que revisar la alcalinidad del medio de cultivo, que puede estar dificultando la absorción de alguno de ellos (Pisa *et al.*, 2001).

La existencia de malas hierbas en el cultivo de pino carrasco constituye uno de los problemas más frecuentes en viveros. El control efectivo de plagas, enfermedades, malas hierbas y depredadores (PEMHP) no sólo mejora la eficiencia de la producción, sino que, además, es útil para mantener una buena reputación del vivero. Su coste debe compararse con el producido por las pérdidas de plantas de no aplicarse los tratamientos adecuados (South y Enebak, 2006). Además de las buenas prácticas generales para el control de PEMHP, existen tratamientos específicos para el control de las malas hierbas, como el empleo de sustratos y componentes de sustratos libres de semillas, el filtrado del agua superficial, la limpieza de materiales y maquinaria y la aplicación de herbicidas y escardas manuales. Los herbicidas más empleados en vivero sobre pino carrasco son el oxifluorfén y el glifosato en preemergencia y el oxifluorfén y el fomesafén en postemergencia, en dosis de $1 \text{ cm}^3 \text{ l}^{-1}$ y $0,35 \text{ cm}^3 \text{ l}^{-1}$, respectivamente (en dosis inferiores a las recomendadas por el fabricante), tras la aparición de las hojas verdaderas y a intervalos semanales. Las escardas manuales pueden programarse una vez cada 3-6 semanas para eliminar las hierbas resistentes a los herbicidas.

No se recomienda el endurecimiento en la última fase de cultivo, ni mediante el control de riegos, ni por reducción de la fertilización. Los efectos de la disminución de riegos sobre la fisiología de la planta o bien no aparecen, como ocurre con el ajuste osmótico (Villar-Salvador *et al.*, 1999; Royo *et al.*, 2001), o son muy transitorios, como es el caso de la reducción de la conductancia estomática (Puértolas, 2002). Los efectos morfológicos sí

son notorios (básicamente la reducción de PA/PR) y no tienen un efecto positivo claro (Puértolas, 2002), salvo el de contener las dimensiones de las plantas cuando así se desee, pero también el de reducir la capacidad de crecimiento radical (Villar-Salvador *et al.*, 1999). El endurecimiento otoñal por reducción de la fertilización nitrogenada también disminuye esta capacidad de crecimiento radical (Villar-Salvador *et al.*, 2005) y no mejora sustancialmente la resistencia a las heladas (Puértolas *et al.*, 2005 a).

La fertilización es el factor de cultivo en contenedor al que mejor responde el pino carrasco. Los fertilizantes pueden aplicarse con éxito en esta especie en forma líquida, por fertirriego (Cuesta *et al.*, 2008) o empleando fertilizantes de liberación controlada (Oliet *et al.*, 1999 y 2004). La fertirrigación tiene la ventaja de un mayor control de los aportes, así como una capacidad de reacción rápida frente a carencias nutricionales; sus desventajas son la mayor complejidad instrumental y los posibles efectos adversos de aplicaciones excesivas mal controladas. En cuanto a los regímenes de fertilización durante el cultivo, no se ha demostrado hasta el momento que se mejore ningún aspecto relacionado con la calidad de las plantas variando las dosis o las composiciones de fertilizante durante las diferentes fases (germinación-emergencia, crecimiento rápido y endurecimiento). El nitrógeno es especialmente importante para el desarrollo de las plantas, tanto en el vivero como luego en el campo. Se ha demostrado una relación estrecha y directa entre el crecimiento del pino carrasco tras el trasplante y su contenido de nitrógeno (producto de la biomasa de la planta por su concentración en N) antes de plantar (Puértolas *et al.*, 2003; Puértolas *et al.*, 2004). Con fertirriego se han obtenido experimentalmente plantas con un contenido de N de hasta 150 mg, que presentaban más crecimiento y supervivencia en condiciones limitantes que otras con 35 mg de N en planta (Cuesta *et al.*, 2008). Esta planta óptima puede obtenerse con una fertirrigación semanal entre junio y octubre con concentraciones de N entre 100 y 150 mg l⁻¹. Igual que con el fertirriego, altas dosis de fertilizante de liberación controlada (hasta 7 g l⁻¹ de sustrato) mejoran la supervivencia y el crecimiento de las plantas de esta especie a largo plazo en situaciones limitantes (Oliet *et al.*, 2009 a).

La fertilización es el factor que más afecta al contenido nutricional; éste refleja dos aspectos de la calidad de las plantas trascendentales en la respuesta al trasplante (tamaño y concentración de nutrientes), siendo difícil, en ocasiones, separar claramente sus influencias. Por ejemplo, en condiciones de alta competencia con la vegetación natural, un tamaño inicial grande puede suponer una ventaja para el arbolito (Cuesta *et al.*, 2008), mientras que en zonas secas, con escaso desarrollo de la vegetación competidora, los mejores resultados de crecimiento y supervivencia tras el trasplante también se obtuvieron en plantas grandes, pero, dentro de éstas, su estado nutricional discriminó significativamente el comportamiento (Oliet *et al.*, 2009 a). En cuanto a las proporciones NPK para la fertilización de pino carrasco en vivero, existen aún pocos estudios para afinar formulaciones adecuadas, tanto de una manera general como en situaciones particulares. La concentración en tejidos de N y P se corresponde con las cantidades suministradas del respectivo elemento en mayor medida que la de K, que suele responder activamente a fenómenos de dilución (Oliet *et al.*, 1999). Por ello, y especialmente si se aplican altas dosis de N, se recomienda incrementar la proporción de K a valores superiores al 60% de aquél. En cuanto al P, conviene maximizar su concentración en tejidos, dado el papel que parece tener en el desarrollo radical en vivero y tras el trasplante (Oliet *et al.*, 2009 a);

sin embargo, su disponibilidad en el sustrato baja mucho ante valores de pH bajos o altos (Landis y Van Steenis, 2004), por lo que es muy conveniente aplicar correctores de pH.

La micorrización en vivero ha demostrado mejorar la capacidad de crecimiento y recuperación después de la sequía, así como la supervivencia en campo de las plantas de *P. halepensis* (Morte *et al.*, 2001; Rincón *et al.*, 2007). Las especies más efectivas son *Pisolithus tinctorius* y *Suillus collinitus* (Rincón *et al.*, 2007). Sin embargo, una alta fertilización con nitrógeno en vivero dificulta la colonización de las micorrizas (Honrubia *et al.*, 1997), por lo que puede resultar incompatible. Dado que los efectos positivos sobre el comportamiento en campo de la micorrización en vivero son similares o inferiores a los de una alta fertilización con nitrógeno, y su aplicación es mucho más cara que esta última, no parece rentable la micorrización de *P. halepensis* en vivero con la finalidad de mejorar la calidad de las plantas. No obstante, *P. halepensis* es susceptible de ser micorrizado en vivero con especies comestibles, especialmente del género *Lactarius* (González-Ochoa *et al.*, 2003; Díaz *et al.*, 2009), lo que puede proporcionar un aumento del valor de las plantaciones. Según estos autores, la micorrización con *Lactarius* puede conseguirse con 10 ml de suspensión miceliar por planta, utilizando turba como sustrato y una fertilización baja, de unos 35 mg de N por planta.

Tabla 3. Resumen de recomendaciones de cultivo para *Pinus halepensis*.

	Recomendación
Volumen de contenedor	200-300 cm ³
Densidad de cultivo	250-400 plantas m ⁻²
Sustrato	Sin requerimientos especiales
Riego (cantidad)	Sin endurecimiento por reducción de riegos
Riego (calidad)	Sin requerimientos especiales. Resiste al agua dura y la salinidad
Cantidad de N recomendado	100-200 mg por alvéolo
Proporción N-P-K del fertilizante	20-15-20 ó similar
Calendario de fertilización	Dosis constante, desde la aparición de epicotilo hasta la parada de crecimiento en altura
Sombreo	No recomendable
Periodo de cultivo	30-32 semanas para vivero en clima mesomediterráneo
Aplicaciones fitosanitarias	Fungicida: himexazol, iprodiona, thiram, captan. Herbicida: oxifluorfén y glifosato en preemergencia y oxifluorfén y fomesafén en postemergencia

La variación de los factores de cultivo expuestos anteriormente da lugar a diferentes tipos de plantas, tanto por su morfología como por las características fisiológicas que definen su calidad. Entre los parámetros que han demostrado mayor capacidad predictiva del comportamiento en campo están los morfológicos y la concentración de nutrientes, especialmente de N. Algunas variables del sistema radical, como su diámetro medio, las puntas blancas o el cociente entre longitud de raíz y su número de puntas, pueden

correlacionarse con el potencial de regeneración radical de la planta y, por lo tanto, con su vigor (Del Campo *et al.*, 2007 b).

La calidad de las plantas del pino carrasco cobra mayor importancia a medida que empeora la calidad del sitio que se va a repoblar (menor precipitación, mayor termicidad, menor profundidad efectiva de suelo, etc.) (del Campo *et al.*, 2007 a), por lo que, en estas circunstancias, conviene producir plantas cuyos parámetros de calidad se mantengan dentro de los rangos que figuran en la Tabla 4.



Figura 4. Plantas de *Pinus halepensis* de 30 semanas de edad producidas en contenedores de 225 cm³ y fertilizadas dos veces por semana con fertilizante de composición variable según la fase de cultivo, en el vivero de la empresa Genforsa (Casas de los Pinos, Cuenca) (tamaño de cuadrícula 3x3 cm) (Foto: A. del Campo).

4. Uso en repoblaciones y restauraciones

El empleo de *P. halepensis* en el programa de Forestación de Tierras Agrarias ha sido muy desigual por Comunidades Autónomas, debido a los condicionantes estacionales, pero también por el enfoque que se ha dado en cada región a la utilización de especies resinosas, fomentando en los agricultores el empleo de especies concretas. Así, según las estadísticas oficiales hasta el año 2006, el pino carrasco participó muy significativamente en las comunidades con programas de forestación más extensos: 29.000 ha (21% aproximadamente) en Andalucía y 30.000 ha (30% aproximadamente) en Castilla-La Mancha, tanto en masas puras como en mezcla. Sin embargo, en Extremadura y Castilla y León esta especie ha ocupado un lugar muy secundario. Otras regiones netamente

Tabla 4. Rangos recomendados para diferentes parámetros de calidad de plantas de *Pinus halepensis* de una savia (entre paréntesis, valores establecidos por el R.D. 289/2003).

Parámetro	Valores mínimos	Valores máximos
Altura (cm)	(8) 15	40 (25)
Diámetro del cuello de la raíz (mm)	(2) 2,5	(1)
Esbeltez (cm mm ⁻¹)	5	10
Peso seco aéreo - PA (g)	1,5	4
Peso seco radical - PR (g)	0,8	(1)
PA/PR	1,5	2,5
Número de ramas laterales	4	(1)
N (% peso seco)	1,5	2,0 ⁽²⁾
PRR ⁽³⁾ - número de raíces >1 cm de longitud	15	(1)

⁽¹⁾ No se establece máximo; no se considera que exista limitación superior para este parámetro

⁽²⁾ Máximo para plantas destinadas a sitios con problemas de fuertes heladas tras la plantación

⁽³⁾ PRR: potencial de regeneración radical

mediterráneas como la Comunidad Valenciana, Murcia, La Rioja o Madrid la han empleado en un porcentaje muy significativo (el 30% de todas las forestaciones), aunque en términos absolutos su contribución en superficie, con un total de 9.172 ha, es baja.

El pino carrasco es una de las especies más utilizadas en repoblaciones forestales. Su resistencia a la sequía y su carácter pionero hace que su implantación sea mucho más fácil que la de otras especies arbóreas, e incluso arbustivas, con las que comparte área potencial de uso (Cortina *et al.*, 1997). En amplias zonas de la España mediterránea, especialmente en aquellas de suelos más esqueléticos y calizos, ha sido la única especie empleada durante casi todo el siglo XX. El objetivo de la mayor parte de las repoblaciones, debido a la dureza de estas zonas, ha sido fundamentalmente protector y acelerador de dinámicas sucesionales, mejorando las propiedades del suelo y facilitando la instalación de especies de matorral y de otras especies arbóreas más exigentes (Lookingbill y Zavala, 2000), sobre todo si las masas forestales se gestionan con densidades adecuadas (Gómez-Aparicio *et al.*, 2009). Existen magníficos ejemplos de ello por todo el territorio, como en Sierra Espuña, los Montes de Málaga, los páramos de la meseta castellana o zonas de La Alcarria, entre otros muchos. La rusticidad de la especie ha permitido su introducción en las zonas más áridas y degradadas del sudeste peninsular. Sin embargo, en estos sitios, la plantación de *P. halepensis*, aunque relativamente exitosa en términos de supervivencia, no parece ser una herramienta demasiado útil en la restauración ecológica a la vista de los resultados obtenidos hasta el momento (Maestre y Cortina, 2004; Chirino *et al.*, 2005; Navarro-Cano *et al.*, 2009). En estas zonas especialmente áridas, donde los procesos de recuperación son muy lentos y la supervivencia de las especies arbóreas baja, debería considerarse otra alternativa como la restauración con especies arbustivas locales, mucho más efectivas en la recuperación de la cubierta vegetal (Padilla *et al.*, 2009). No obstante, en los sitios menos degradados y secos dentro del clima semiárido, las plantaciones de

pino carrasco siguen siendo una opción excelente para la restauración ecológica (Bonet *et al.*, 2008).

A partir de la década de los 90, coincidiendo con el creciente interés de determinados sectores académicos y sociales por la introducción de quercíneas y el paralelo desprestigio, injustificado, de los pinos, el uso de *P. halepensis* ha ido disminuyendo paulatinamente. Las hectáreas repobladas con esta especie en los primeros años del Programa de Forestación de Tierras Agrarias supusieron el 17% de la superficie total repoblada, sólo por detrás de *Quercus ilex*. Sin embargo, en 2006, únicamente el 4% de la superficie repoblada lo fue con pino carrasco como especie principal y se empleó en el 3% de las repoblaciones con mezcla de especies, frente a un 16% de encina (Ministerio de Medio Ambiente, 2007). No parece justificado este olvido de una especie que, por sus características ecofisiológicas, es la más apta para restaurar la cubierta vegetal en amplias zonas donde la introducción de especies de frondosas no es posible actualmente. Asimismo, los escenarios futuros a medio y largo plazo sobre el clima en nuestro país aconsejan la introducción de especies resistentes a periodos secos prolongados e intensos, como es el pino carrasco (Cámara, 1999).

5. Planificación de la repoblación

Las características climáticas y edáficas de gran parte de las áreas susceptibles de ser repobladas con *P. halepensis* hacen que sea necesario extremar las precauciones en la preparación del suelo. Ésta debe hacerse por medios mecánicos, ya que son mucho más efectivos y mejoran la disponibilidad de agua para la planta (Querejeta *et al.*, 2001). El subsolado es la mejor opción en la mayoría de los terrenos. Sin embargo, en zonas especialmente frágiles, con fuertes pendientes o muy pedregosas, es más aconsejable el uso de hoyos y banquetas con microcuenca, preparados con retroaraña. Esta técnica resuelve el inconveniente de los subsolados sobre terrenos pedregosos y mejora la disponibilidad hídrica del hoyo al dirigir la escorrentía hacia él (Fuentes *et al.*, 2004; Saquete Ferrándiz *et al.*, 2006). En campos abandonados por la agricultura no se recomiendan los laboreos agrícolas, sino que es preciso efectuar una labor más profunda, mediante subsolado o incluso, también, mediante la apertura de hoyos con retroexcavadora y con microcuenca (Bocio *et al.*, 2004).

Si no se esperan intensas heladas invernales, se aconseja adelantar las plantaciones cuanto sea posible, una vez que el suelo tenga tempero, para aprovechar la gran capacidad de crecimiento radical del pino carrasco (Royo *et al.*, 2000; Corchero *et al.*, 2002). Lo más aconsejable es realizar las plantaciones en otoño; en ningún caso se debe plantar con posterioridad al mes de marzo. Debe evitarse usar plantas producidas en viveros de zonas de climas cálidos en plantaciones situadas en áreas de interior con riesgo de heladas fuertes (Pardos *et al.*, 2003 b).

También debe evitarse el aviveramiento en monte sin riego por tiempo prolongado; si la humedad del sustrato desciende por debajo de un nivel crítico, la planta perderá capacidad de crecimiento radical que, como se ha dicho anteriormente, es crítica en esta especie. Como dato orientativo, el peso perdido por una bandeja forestal de 200 cm³ reutilizable rellena de turba no debe descender por debajo del 40% de su peso a plena saturación de

agua (entre 8 y 10 kg), mientras que en una bandeja desechable de la misma capacidad no debe perderse más de un 60% del peso en saturación (sobre los 7 kg) (Vallas *et al.*, 1999). El aviveramiento también debe evitar la congelación de los cepellones, pues daña notablemente a los sistemas radicales.

En la plantación, se debe enterrar el cuello de la raíz por completo, pero no es recomendable la práctica de cubrir las partes verdes de la planta, ya que reduce el crecimiento de la parte aérea y de la raíz y la concentración de carbohidratos de reserva (Domínguez-Lerena *et al.*, 2001 b).

Las experiencias sobre enmiendas orgánicas y fertilizaciones procedentes de residuos urbanos han dado buenos resultados en *P. halepensis*. Se ha observado mayores supervivencias y crecimientos con la adición de residuos orgánicos (Querejeta *et al.*, 2001) y de residuos compostados procedentes de depuradoras (Fuentes *et al.*, 2007). Resulta especialmente interesante el efecto combinado de las enmiendas orgánicas y la micorrización en el hoyo, que mejoran notablemente la respuesta de las plantas en campo y la estabilidad de los agregados del suelo (Caravaca *et al.*, 2002). Aun así, esta mejora de la respuesta de la plantación no compensa los elevados costes de este tipo de enmiendas, aunque puede ser una medida de utilidad medioambiental para la eliminación de residuos (Fuentes *et al.*, 2007). No obstante, este tipo de adiciones requiere un estudio pormenorizado de las dosis adecuadas en relación con las propiedades químicas del suelo, ya que puede incrementar peligrosamente su salinidad, especialmente en las zonas secas donde se repuebla con pino carrasco.

La densidad de plantación habitual media de las repoblaciones monoespecíficas con esta especie se ha situado en torno a los 1.000 pies ha⁻¹. Por ejemplo, para las repoblaciones de la provincia de Alicante, Pastor y Martín (1989) sugieren 1.262 pies ha⁻¹ como promedio, con 863 pies para el cuartil inferior y 1.800 pies para el superior. Un marco muy habitual, por lo tanto, es de 3 x 3 m. (1.100 pies ha⁻¹). Sin embargo, en la actualidad, casi la totalidad de las plantaciones de *P. halepensis* se hacen en mezcla con otras especies. Bonet *et al.* (2008) recomiendan que, en plantaciones mixtas con frondosas y debido a las diferencias de crecimiento, las plantas de pino carrasco se distribuyan y concentren en bosquetes, ya que éstas pronto dominan a las de las frondosas. Otra opción puede ser disminuir la densidad de plantación, especialmente en las estaciones más secas. Gómez-Aparicio *et al.* (2009) han demostrado que el carácter facilitador o competidor de los pinares de Sierra Nevada sobre la vegetación que se instala dentro de él está determinado por la interacción entre la densidad del pinar y la disponibilidad hídrica. Así, en estaciones más húmedas, la facilitación se maximizaría a unos 1.000 pies ha⁻¹, mientras que en estaciones más xéricas y con esta densidad predominarían los efectos competitivos, por lo que se recomienda bajar la densidad a unos 500 pies ha⁻¹, todo ello teniendo en cuenta que los planes de claras pueden determinar la espesura adecuada según estaciones y objetivos.

La colocación de los tubos protectores actualmente disponibles en el mercado no es aconsejable para pino carrasco, ya que producen un aumento de su crecimiento en altura y una disminución del diámetro del cuello de la raíz (Oliet *et al.*, 2000; del Campo *et al.*, 2008), así como una ligera reducción de la supervivencia en el primer año (Oliet *et al.*, 2000). Pero el principal efecto negativo es la merma del desarrollo de la raíz



Figura 5. Restauración con *Pinus halepensis* de una cantera en Alpuente (Valencia) (\cong 1.000 m altitud). Se emplearon plantas de una savia y un tamaño inicial de 11 cm de altura y 2,5 cm de diámetro y se protegieron con tubos. En la foto, tomada en el segundo año tras la plantación, se puede observar la diferencia de crecimiento entre las plantas que perdieron el protector en los primeros meses, más ramificadas, y las que lo perdieron el segundo año, claramente ahiladas, lo que demuestra el efecto negativo de los tubos utilizados en esta especie (Foto: A. del Campo).

durante el establecimiento (Puértolas *et al.*, 2010), hecho que puede explicar la mayor susceptibilidad del pino a eventos de sequía que ocurren años después de la plantación (Oliet *et al.*, 2009 b). No obstante, el empleo de protectores es necesario cuando existen problemas de intensa presión de herbívoros. El uso de mallas protectoras no es tampoco aconsejable en esta especie, pues el fuerte crecimiento de las ramas laterales hace que éstas se introduzcan por la luz de la malla y se provoquen deformaciones graves. La utilización de tubos más claros, dentro de los actualmente disponibles en el mercado, puede ser una alternativa en las zonas de fuerte presión herbívora. Algunos resultados experimentales (Flors, 2008; Puértolas *et al.*, 2010) ponen de manifiesto que los colores claros de los tubos protectores (blanco, translúcido o amarillo) invierten esta tendencia y provocan un crecimiento en biomasa y diámetro similar al de plantas sin protector. Además, en algunas ocasiones, el tubo actúa como condensador del vapor de agua atmosférica y aporta rocío, mejorando la humedad del suelo en superficie (del Campo *et al.*, 2006).

El riego en plantación no es una práctica necesaria para *P. halepensis* si está plantado en el sitio correcto. Tampoco el uso de hidrogeles añadidos en el hoyo de plantación parece tener demasiado efecto sobre el comportamiento en campo. Aunque Hüttermann *et al.* (1999) demostraron que la adición de Stockosorb (al 0,4%) en un suelo arenoso

aumentaba la supervivencia del pino carrasco, otros resultados en parcelas experimentales no reflejan efectos demasiado notorios (Oliet *et al.*, 2003).

La rapidez de crecimiento de la especie hace, generalmente, poco necesaria la eliminación de la vegetación adventicia después de la plantación, especialmente en lugares secos donde la vegetación competidora reacciona lentamente y detrae pocos recursos (Oliet *et al.*, 2009 b). Sin embargo, en antiguos terrenos agrícolas es aconsejable la eliminación de la competencia herbácea durante los primeros dos o tres años para facilitar el desarrollo de las plantaciones. El método tradicional es el laboreo entre filas de plantación un par de veces al año, en invierno y primavera. También puede realizarse la colocación de un *mulch* alrededor de la planta para evitar el crecimiento de la vegetación adventicia. Sin embargo, el uso de herbicidas es quizá la práctica más efectiva (Peñuelas *et al.*, 1996). Una aplicación con oxifluorfén 24% p/v al final del invierno durante los dos años siguientes a la plantación puede ser suficiente para el correcto desarrollo de las plantas.



Figura 6. Repoblación forestal protectora realizada con *Pinus halepensis* en Sierra Espuña (Murcia) con una edad aproximada de 100 años (Foto: R. Serrada).

La vigorosa ramificación lateral desde la base del árbol puede ser beneficiosa o perjudicial, según las características de la repoblación. Por lo tanto, estos objetivos determinarán la idoneidad de la aplicación de podas en el repoblado. No es recomendable podar en repoblaciones en zonas de fuertes pendientes, donde el objetivo principal sea la disminución de la erosión, ya que las ramas bajas son muy efectivas para la retención del suelo. Cuando se produce la pérdida de la dominancia apical (valorada por un diámetro de copa superior a la altura u otros medios) por causa de esta ramificación baja, se puede

proceder a una poda de guiado o a la eliminación con tijeras de los dos verticilos inferiores (Serrada, 2000). En cambio, a partir de un desarrollo suficiente de los pies, en áreas con alto riesgo de incendios puede ser adecuado eliminar las ramas más bajas que pueden facilitar la propagación del fuego. No existen demasiadas experiencias comparativas, pero parece que las podas no deben superar la mitad de la altura del árbol para no perjudicar el crecimiento (Sáez *et al.*, 2000). Estos autores también recomiendan realizar clareos simultáneos a la poda para reducir la competencia y facilitar la recuperación posterior.

6. Bibliografía

- ALÍA R., GARCÍA DEL BARRIO J.M., IGLESIAS S., MANCHA J.A., DE MIGUEL J., NICOLÁS J.L., PÉREZ MARTÍN F., SÁNCHEZ RON D., 2009. Regiones de procedencia de especies forestales en España. Organismo Autónomo Parques Nacionales, Madrid. pp. 163-170.
- AMARAL FRANCO J., 1986. *Pinus* L. En: Flora iberica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares. Vol I. *Lycopodiaceae - Papaveraceae*. (Castroviejo S., Laínz M., López González G., Montserrat P., Muñoz Garmendia F., Paiva J., Villar L., eds.). Real Jardín Botánico, Madrid. pp. 168-174.
- BAQUEDANO F.J., CASTILLO F.J., 2006. Comparative ecophysiological effects of drought on seedlings of the Mediterranean water-saver *Pinus halepensis* and water-spenders *Quercus ilex* and *Quercus coccifera*. *Trees: Struct. Funct.* 20, 689-700.
- BOCIO I, NAVARRO F.B., RIPOLL M.A., JIMÉNEZ M.N., DE SIMÓN E., 2004. Holm oak (*Quercus rotundifolia* Lam.) and Aleppo pine (*Pinus halepensis* Mill.) responses to different soil preparation techniques applied to forestation in abandoned farmland. *Ann. For. Sci.* 61, 171-178.
- BONET J.A., ARIAS J.J., PEMÁN J., 2008. Un ejemplo de utilización de *Pinus halepensis* y *Quercus ilex* subsp. *ballota* con tubos invernadero en la restauración de zonas semiáridas. *Cuad. Soc. Esp. Cienc. For.* 28, 131-136.
- BORGHETTI M., CINNIRELLA S., MAGNANI F., SARACINO A., 1998. Impact of long term drought on xylem embolism and growth of *Pinus halepensis* Mill. *Trees: Struct. Funct.* 12, 187-195.
- CALAMASSI R., FALUSI I., TOCCIA A., 1984. Effets de la temperature de germination et de la stratification sur la germination des semences de *Pinus halepensis* Mill. *Silvae Genet.* 33, 133-139.
- CALAMASSI R., PAOLETTI E., STRASI S., 2001. Frost hardening and resistance in three Aleppo pine (*Pinus halepensis*) provenances. *Isr. J. Plant Sci.* 49, 179-186.
- CÁMARA A., 1999. Alteraciones de idoneidad fitoclimática en el área natural del pino carrasco (*Pinus halepensis* Mill.) en España. *Invest. Agr.: Sist. Recur. For. Fuera de Serie* 1, 53-63.
- CARAVACA F., GARCÍA C., HERNÁNDEZ T., ROLDÁN A., 2002. Aggregate stability changes after organic amendment and mycorrhizal inoculation in the afforestation of a semiarid site with *Pinus halepensis*. *Appl. Soil Ecol.* 19, 199-208.
- CATALÁN G., 1991. Semillas de árboles y arbustos forestales. Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid. pp. 275-294.
- CHIRINO E., BONET A., BELLOT J., SÁNCHEZ J.R., 2005. Effects of 30-years-old plantation on runoff, soil erosion, plant diversity in a semi-arid landscape in south eastern Spain. *Catena* 65, 19-29.
- CLIMENT J., COSTA E SILVA F., CHAMBEL M.R., PARDOS M., ALMEIDA M.H., 2009. Freezing injury in primary and secondary needles of Mediterranean pines species of contrasting ecological niches. *Ann. For. Sci.* 66, 407-415.
- CORCHERO S., GOZALO M., VILLAR-SALVADOR P., PEÑUELAS J.L., 2002. Crecimiento radical en campo de *Pinus halepensis* y *Quercus ilex* plantados en diferentes momentos. *Montes* 68, 5-11.

- CORTINA J., VALDECANTOS A., SEVA J.P., VILAGROSA A., BELLOT J., VALLEJO V.R., 1997. Relación tamaño-supervivencia en plántones de especies arbustivas y arbóreas mediterráneas. En: Actas del II Congreso Forestal Español, I Congreso Forestal Hispano Luso. Mesa 3. (Puertas F., Rivas M., eds.). Pamplona. pp. 159-164. Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- CUESTA B., VILLAR-SALVADOR P., PUÉRTOLAS J., PEÑUELAS J.L., REY-BENAYAS J.M., 2008. Establecimiento de plántones de *Quercus ilex* y *Pinus halepensis* de morfología y estado nutricional contrastados en un escenario de fuerte competencia herbácea. Cuad. Soc. Esp. Cienc. For. 28, 55-60.
- DEL CAMPO A., NAVARRO R.M., AGUILELLA A., GONZÁLEZ E., 2006. Effect of tree shelter design on water condensation and run-off and its potential benefit for reforestation establishment in semiarid climates. For. Ecol. Manage. 235, 107-115.
- DEL CAMPO A., NAVARRO-CERRILLO R.M., HERMOSO J., IBAÑEZ A.J., 2007 a. Relationship between root growth potential and field performance in Aleppo pine. Ann. For. Sci. 64, 541-548.
- DEL CAMPO A., NAVARRO-CERRILLO R.M., HERMOSO J., IBAÑEZ A.J., 2007 b. Relationships between site and stock quality in *Pinus halepensis* Mill. reforestation on semiarid landscapes in eastern Spain. Ann. For. Sci. 64, 719-731.
- DEL CAMPO A., NAVARRO R.M., AGUILELLA A., FLORS J., 2008. Influencia microclimática del diseño del tubo protector y respuesta de diez especies forestales al tubo ventilado. Cuad. Soc. Esp. Cienc. For. 28, 81-88.
- DÍAZ G., CARRILLO C., HONRUBIA M., 2009. Production of *Pinus halepensis* seedlings inoculated with the edible fungus *Lactarius deliciosus* under nursery conditions. New For. 38, 215-227.
- DOMÍNGUEZ-LERENA S., MURIAS G., HERRERO N., PEÑUELAS J.L., 2001 a. Comparación del desarrollo de ocho especies mediterráneas durante su primer año en campo y su relación con los parámetros funcionales de las plantas. En: Actas del III Congreso Forestal Español. Mesa 3. (Junta de Andalucía, ed.). Granada. pp. 75-81. Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- DOMÍNGUEZ-LERENA S., VILLAR-SALVADOR P., FUENTES L., PEÑUELAS J.L., 2001 b. ¿Puede la profundidad de plantación afectar la calidad fisiológica y el desarrollo en campo de los brinzales de *Pinus halepensis*? En: Actas del III Congreso Forestal Español. Mesa 3. (Junta de Andalucía, ed.). Granada. pp. 49-54. Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- ESCUADERO A., PÉREZ-GARCÍA F., LUZURLAGA A.L., 2002. Effects of light, temperature and population variability on the germination of seven Spanish pines. Seed Sci. Res. 12, 261-271.
- FERNÁNDEZ M., TAPIAS R., 2005. Influencia de la intensidad luminosa sobre la tasa fotosintética de los pinos españoles. Cuad. Soc. Esp. Cienc. For. 20, 73-78.
- FLORS J., 2008. Estudio del efecto de distintos tratamientos culturales (tubos protectores e hidrogeles) y de fertilización potásica en el establecimiento de brinzales forestales. Trabajo Profesional fin de Carrera. ETSIA. Universidad Politécnica de Valencia
- FORESTRY COMMISSION, 2010. Draft guidance for seed testing at Forestry Commission approved forest tree seed testing facilities. Disponible en: [http://www.forestry.gov.uk/pdf/STC-Appendix_1.pdf/\\$FILE/STC-Appendix_1.pdf](http://www.forestry.gov.uk/pdf/STC-Appendix_1.pdf/$FILE/STC-Appendix_1.pdf) [5 Jul, 2010]
- FUENTES D., VALDECANTOS A., VALLEJO V.R., 2004. Plantación de *Pinus halepensis* Mill. y *Quercus ilex* subsp. *ballota* (Desf) Samp. en condiciones mediterráneas secas utilizando microcuencas. Cuad. Soc. Esp. Cienc. For. 17, 157-162.
- FUENTES D., VALDECANTOS A., CORTINA J., VALLEJO V.R., 2007. Seedling performance in sewage sludge-amended degraded Mediterranean woodlands. Ecol. Eng. 31, 281-291.
- GARCÍA-FAYOS P. (coord.), 2001. Bases ecológicas para la recolección, almacenamiento y germinación de semillas de especies de uso forestal de la Comunidad Valenciana. Banc de Llavors Forestals, Conselleria de Medi Ambient, Generalitat Valenciana, Valencia. pp. 31.
- GIL L., 2008. Pinares y rodanales. La diversidad que no se ve. Discurso de ingreso en la Real Academia de la Ingeniería. Real Academia de la Ingeniería. Madrid.

- GIL L., DÍAZ-FERNÁNDEZ P.M., ROLDÁN M., ALÍA R., AGÚNDEZ D., DE MIGUEL J., MARTÍN S., DE TUERO M., 1996. Las regiones de procedencia de *Pinus halepensis* Mill. en España. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- GÓMEZ-APARICIO L., ZAVALA M.A., BONET F.J., ZAMORA R., 2009. Are pine plantations valid tools for restoring Mediterranean forest forests? An assessment along biotic and abiotic gradients. *Ecol. Appl.* 19, 2124-2141.
- GÓMEZ-JOVER F., JIMÉNEZ F.J., 1997. Forestación de tierras agrícolas. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid.
- GONZÁLEZ-OCHOA A.I., DE LAS HERAS J., TORRES P., SÁNCHEZ-GÓMEZ E., 2003. Micorrhization of *Pinus halepensis* Mill. and *Pinus pinaster* Ait. in two commercial nurseries. *Ann. For. Sci.* 60, 43-48.
- GRADI A., 1989. Vivaistica Forestale. Edagricole, Bologna.
- HONRUBIA M., CARRILLO C., PEÑUELAS J.L., DOMÍNGUEZ-LERENA S., VILLAR-SALVADOR P., OCAÑA L., 1997. Influencia de la fertirrigación en la micorrización controlada de *Pinus halepensis* en vivero. En: Actas del I Congreso Forestal Español. (Silva-Pando F.J., ed.). Pontevedra. Tomo III. pp. 307-312. Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- HÜTTERMANN A., ZOMMORODI M., REIS K., 1999. Addition of hydrogels to soil for prolonging the survival of *Pinus halepensis* seedlings subjected to drought. *Soil Till. Res.* 50, 296-304.
- ISTA (International Seed Testing Association), 2011. International rules for seed testing. Edition 2011. ISTA, Bassersdorf, Switzerland.
- LAMBARDI M., SHARMA K.K., THORPE T.A., 1993. Optimization of *in vitro* bud induction and plantlet formation from mature embryos of Aleppo pine (*Pinus halepensis* Mill.). *In Vitro Cell. Dev. Biol.-Plant* 29, 189-199.
- LANDIS T.D., VAN STEENIS E., 2004. Macronutrients - Phosphorus. En: Forest Nursery Notes. (Dumroese R.K., Landis T., eds.). USDA Forest Service. pp. 6-14.
- LANDIS T.D., TINUS R.W., MCDONALD S.E., BARNETT J.P., 1990. Seedling nutrition and irrigation. The container tree nursery manual. Vol 2. United States Department of Agriculture, Forest Service, Agriculture Handbook 674, Washington.
- LOOKINGBILL T.R., ZAVALA M.A., 2000. Spatial pattern of *Quercus ilex* and *Quercus pubescens* recruitment in *Pinus halepensis* dominated woodlands. *J. Veg. Sci.* 11, 607-612.
- LOURO V., PINTO G., 2011. Sementes, uma ponte entre o passado e o futuro da floresta. Ministério da Agricultura, Mar, Ambiente e Ordenamento do Território. CENASEF. pp. 31-38.
- MAC CÁRTHAIGH D., SPETHMANN W., 2000. Krüssmanns Gehölzvermehrung. Parey Buchverlag, Berlin.
- MAESTRE F.T., CORTINA J., 2004. Are *Pinus halepensis* plantations useful as a restoration tool in semiarid Mediterranean areas? *For. Ecol. Manage.* 198, 303-317.
- MAESTRE F.T., CORTINA J., BAUTISTA S., BELLOT J., 2003. Does *Pinus halepensis* facilitate the establishment of shrubs in Mediterranean semi-arid afforestations? *For. Ecol. Manage.* 176, 147-160.
- MARTÍNEZ-FERRI E., BALAGUER L., VALLADARES F., 2000. Energy dissipation in drought-avoiding and drought-tolerant tree species at midday during the Mediterranean summer. *Tree Physiol.* 20, 131-138.
- MASEYK K.S., LIN T., ROTENBERG E., GRÜNZWEIG J.M., SCHWARTZ A., YAKIR D., 2008. Physiology-phenology interactions in a productive semi-arid pine forest. *New Phytol.* 178, 603-616.
- MELZACK R.N., BRAVDO B., RIOV J., 1985. The effect of water stress on photosynthesis and related parameters in *Pinus halepensis*. *Physiol. Plantarum* 64, 295-300.
- MAPA (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación), 2006. Forestación de tierras agrícolas: análisis de su evolución y contribución a la fijación de carbono y uso racional de la tierra. Dirección General de Desarrollo Rural, Madrid.

- MMA (Ministerio de Medio Ambiente), 2007. Anuario de Estadística Forestal 2006. Disponible en: http://www.mma.es/portal/secciones/biodiversidad/montes_politica_forestal/estadisticas_forestal/indice_estadisticas_forestales_2006.htm [1, Feb 2011]
- MORTE A., DÍAZ G., RODRÍGUEZ P., ALARCÓN J.J., SÁNCHEZ-BLANCO M.J., 2001. Growth and water relations in mycorrhizal and nonmycorrhizal *Pinus halepensis* plants in response to drought. *Biol. Plantarum* 44, 263-267.
- MOYA D., SARACINO A., SALVATORE R., LOVREGLIO R., DE LAS HERAS J., LEONE V., 2008. Anatomic basis and insulation of serotinous cones in *Pinus halepensis* Mill. *Trees: Struct. Funct.* 22, 511-519.
- MUÑOZ LÓPEZ C., 1999. Tipificación de los daños producidos por *Sirococcus conigenus* Canon & Minter en los brotes de *Pinus halepensis* Miller. Localización del hongo y características de sus aislamientos. *Bol. San. Veg. Plagas* 25, 557-571.
- MUÑOZ C., CUERVO E., AMPUDIA M., GASTÓN A., PEÑUELAS J.L., IGLESIAS S., HERRERO N., 2009. Control químico de *Fusarium circinatum* Nirenberg & O'Donnell en semillas del género *Pinus*. En: *Actas del 5 Congreso Forestal Español*. [cd-rom]. (Sociedad Española de Ciencias Forestales, Junta de Castilla y León, eds.). Ávila. Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- NAVARRO-CANO J.A., BARBERÁ G.G., RUIZ-NAVARRO A., 2009. Plant plantation bands limit seedling recruitment of a perennial grass under semiarid conditions. *J. Arid Environ.* 73, 120-126.
- NAVARRO CERRILLO R.M., GÁLVEZ C., 2001. Manual para la identificación y reproducción de semillas de especies vegetales autóctonas de Andalucía. Tomo II. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, Córdoba. pp. 239-242.
- OLIET J., SEGURA M.L., MAARTÍN F., BLANCO E., SERRADA R., LÓPEZ ARIAS M., ARTERO F., 1999. Los fertilizantes de liberación controlada lenta aplicados a la producción de planta forestal de vivero. Efecto de dosis y formulaciones sobre la calidad de *Pinus halepensis* Mill. *Invest. Agr.: Sist. Recur. For.* 8, 207-228.
- OLIET J., PLANELLES R., LÓPEZ ARIAS M., ARTERO F., 2000. Efecto de la fertilización en vivero y del uso de protectores en plantación sobre la supervivencia y el crecimiento durante seis años de una repoblación de *Pinus halepensis*. *Cuad. Soc. Esp. Cienc. For.* 10, 69-78.
- OLIET J., PLANELLES R., LÓPEZ ARIAS M., ARTERO F., 2002. Soil water content and water relation in planted and naturally regenerated *Pinus halepensis* Mill. during the first year in semiarid conditions. *New For.* 23, 31-44.
- OLIET J., NAVARRO R., CONTRERAS O., 2003. Evaluación de la aplicación de tubos y mejoradores en repoblaciones forestales. Junta de Andalucía, Córdoba.
- OLIET J., PLANELLES R., SEGURA M.L., ARTERO F., JACOBS D.F., 2004. Mineral nutrition and growth of containerized *Pinus halepensis* seedlings under controlled-release fertilizer. *Sci. Hort.* 103, 113-129.
- OLIET J., PLANELLES R., ARTERO F., VALVERDE R., JACOBS D.F., SEGURA M.L., 2009 a. Field performance of *Pinus halepensis* planted in semi-arid conditions: relative effect of seedling morphology and mineral nutrition. *New For.* 37, 313-331.
- OLIET J.A., ARTERO F., PLANELLES R., LÓPEZ P., JACOBS D.F., 2009 b. Efecto de la aplicación de sistemas de protección (mallas y tubos invernadero) y de mulchado individuales sobre la respuesta en plantación durante trece años de *Pinus halepensis* en el mediterráneo semiárido español. En: *XIII Congreso Forestal Mundial*. FAO, Buenos Aires. Disponible en: <http://www.cfm2009.org/es/programapost/resumenes/index.asp> [17 Mar, 2010]
- PADILLA F.M., ORTEGAR., SÁNCHEZ J., PUGNAIRE F.I., 2009. Rethinking species selection for restoration of arid shrublands. *Basic Appl. Ecol.* 10, 640-647.
- PARDOS M., CLIMENT J., GIL L., PARDOS J.A., 2003 a. Shoot growth components and flowering phenology in *Pinus halepensis* Mill. *Trees: Struct. Funct.* 17, 442-450.
- PARDOS M., ROYO A., GIL L., PARDOS J.A., 2003 b. Effect of nursery location and outplanting date on field performance of *Pinus halepensis* and *Quercus ilex* seedlings. *Forestry* 76, 67-81.

- PARDOS M., CALAMA R., CLIMENT J., 2009. Difference in cuticular transpiration and sclerophylly in juvenile and adult needles relates to the species-specific rates of development. *Trees: Struct. Funct.* 23, 501-508.
- PASTOR A., MARTÍN J., 1989. Tipificación de la calidad en repoblaciones de pino carrasco (*Pinus halepensis* Mill.) de Alicante. Implicaciones con la gestión forestal. *Options Méditerranéenes. Série Séminaires* 3, 313-317.
- PEÑUELAS J.L., OCAÑA L., 1996. Cultivo de plantas forestales en contenedor. Principios y fundamentos. Ed. Mundi-Prensa, Madrid.
- PEÑUELAS J.L., OCAÑA L., DOMÍNGUEZ-LERENA S., RENILLA I., 1996. Experiencias sobre control de la competencia herbácea en terrenos agrícolas abandonados. Resultados de tres años en campo. *Montes* 45, 30-36.
- PIOTTO B., DI NOI A. (eds.), 2001. Propagazione per seme di alberi e arbusti della flora mediterranea. ANPA, Roma.
- PISA E., SISO S., MARTÍN-BERNAL E., BARAZA C., GIL-PELEGRÍN E., 2001. Efectos de la deficiencia de micronutrientes en plántulas de *Pinus halepensis* Mill. En: *Actas del III Congreso Forestal Español*. Mesa 3. (Junta de Andalucía, ed.). Granada. pp. 107-110. Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- PITA J.M., SANZ V., ESCUDERO A., 1998. Seed cryopreservation of seven Spanish native pine species. *Silvae Genet.* 47, 220-223.
- PUÉRTOLAS J., 2002. Efecto del riego y la fertilización nitrogenada sobre la calidad de planta de *Pinus halepensis* Mill. y su comportamiento en campo. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. Disponible en: <http://ao.upm.es/713>
- PUÉRTOLAS J., GIL L., PARDOS J.A., 2003. Effects of nutritional status and seedling morphology on field performance of *Pinus halepensis* Mill. planted in the Mediterranean basin. *Forestry* 76, 159-168.
- PUÉRTOLAS J., ALONSO J., GIL L., PARDOS J.A., 2004. Efecto del estado nutricional y el tamaño de la planta sobre el comportamiento en campo de *Pinus halepensis* Mill. en dos lugares de plantación. *Cuad. Soc. Esp. Cienc. For.* 17, 87-92.
- PUÉRTOLAS J., GIL L., PARDOS J.A., 2005 a. Effects of nitrogen fertilization and temperature on frost hardiness of Aleppo pine (*Pinus halepensis*) seedlings assessed by chlorophyll fluorescence. *Forestry* 78, 501-511.
- PUÉRTOLAS J., SIERRA R., GIL L., PARDOS J.A., 2005 b. Comportamiento fisiológico en una plantación de *Pinus halepensis* y *Pinus pinea* en un antiguo terreno agrícola. En: *Actas del IV Congreso Forestal Español*. [cd-rom]. (Sociedad Española de Ciencias Forestales, ed.). Zaragoza. Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- PUÉRTOLAS J., BENITO L.F., PEÑUELAS J., 2009. Effects of nursery shading on seedling quality and post-planting performance in two Mediterranean species with contrasting shade tolerance. *New For.* 38, 295-308.
- PUÉRTOLAS J., OLIET J.A., JACOBS D.F., BENITO L.F., PEÑUELAS J., 2010. Is light the key factor for success of tube shelters in forest restoration plantings under Mediterranean conditions? *For. Ecol. Manage.* 260, 610-617.
- QUEREJETA J.I., ROLDÁN A., ALBALADEJO J., CASTILLO V., 2001. Soil water availability improved by site preparation in a *Pinus halepensis* afforestation under semiarid climate. *For. Ecol. Manage.* 149, 115-128.
- RIBEIRO D., RIBEIRO H., LOURO V., 2001. Produção em viveiros florestais. *Direcção-Geral de Desenvolvimento Rural*, Lisboa.
- RINCÓN A., DE FELIPE M.R., FERNÁNDEZ-PASCUAL M., 2007. Inoculation of *Pinus halepensis* Mill. with selected ectomycorrhizal fungi improves seedling establishment after 2 years in a degraded gypsum soil. *Mycorrhiza* 18, 23-32.
- ROYO A., GIL L., PARDOS J.A., 2000. Efecto de la fecha de plantación sobre la supervivencia y el crecimiento de pino carrasco. *Cuad. Soc. Esp. Cienc. For.* 10, 57-62.
- ROYO A., GIL L., PARDOS J.A., 2001. Effect of water stress conditioning on morphology, physiology and field performance of *Pinus halepensis* Mill. seedlings. *New For.* 21, 127-140.

- SÁEZ J.J., OROZCO E., LÓPEZ J.A., MARTÍNEZ J.J., DEL POZO E., 2000. Diferencias epidométricas y fisiológicas en una masa de repoblación de *Pinus halepensis* Mill. al ser sometida a tres tratamientos de poda. Cuad. Soc. Esp. Cienc. For. 10, 127-132.
- SAQUETE FERRÁNDIZ A., LLEDÓ SOLBES M.J., ESCARRÉ ESTEVE A., RIPOLL MORALES M.A., DE SIMÓN NAVARRETE E., 2006. Effects of site preparation with micro-basins with *Pinus halepensis* Mill. in a semiarid ombroclimate. Ann. For. Sci. 63, 15-22.
- SERRADA R., 2000. Apuntes de Repoblaciones Forestales. Fundación Conde Valle de Salazar. Madrid.
- SCHILLER G., 2000. Ecophysiology of *Pinus halepensis* Mill. and *Pinus brutia* Ten. En: Ecology, Biogeography and Management of *Pinus halepensis* and *P. brutia*. (Ne'eman G., Trabaud L., eds.). Forest Ecosystems. Backhuys Publishers, Leiden, pp. 51-65.
- SKORDILIS A., THANOS C.A., 1995. Seed stratification and germination strategy in the Mediterranean pines *Pinus brutia* and *P. halepensis*. Seed Sci. Res. 5, 151-160.
- SOUTH D.B., ENEBAK S.A., 2006. Integrated pest management practices in southern pine nurseries. New For. 31, 1-19.
- THANOS C.A., 2000. Ecophysiology of seed germination in *Pinus halepensis* and *P. brutia*. En: Ecology, biogeography and management of *Pinus halepensis* and *Pinus brutia* forest ecosystems in the Mediterranean Basin. (Ne'eman G., Trabaud L., eds.). Backhuys Publishers, Leiden. pp. 37-50.
- THANOS C.A., SKORDILIS A., 1987. The effects of light, temperature and osmotic stress in the germination of *Pinus halepensis* and *P. brutia* seeds. Seed Sci. Technol. 15, 63-174.
- VALLAS J., VILLAR-SALVADOR P., PEÑUELAS J.L., HERRERO N., DOMÍNGUEZ-LERENA S., NICOLÁS J.L., 1999. Efecto del aviveramiento prolongado sin riego en la pérdida de calidad funcional de los brinzales de *Pinus halepensis* Mill. y su comportamiento en campo. Montes 58, 51-58.
- VILLAR-SALVADOR P., OCAÑA L., PEÑUELAS J.L., CARRASCO I., 1999. Effect of water stress conditioning on the water relations, root growth capacity and the nitrogen and non-structural carbohydrate concentration of *Pinus halepensis* Mill. (Aleppo pine) seedlings. Ann. For. Sci. 56, 459-466.
- VILLAR-SALVADOR P., PUÉRTOLAS J., PEÑUELAS J.L., PLANELLES R., 2005. Effects of nitrogen fertilization on the drought and frost resistance of Mediterranean forest species. Invest. Agr.: Sist. Recur. For. 14, 408-418.
- ZAZO MUNCHARAZ J., RODRÍGUEZ BARREAL J.A., GÓMEZ SANZ V., GARCÍA GARCÍA M., SAIZ DE OMEÑACA J.A., 1993. Propagación vegetativa (macropropagación) de pinos españoles. En: Actas del I Congreso Forestal Español. (Silva-Pando F.J., ed.). Pontevedra. Tomo II. pp. 313. Disponible en: <http://congresoforestal.es>

Pinus nigra subsp. *salzmannii* (Dunal) Franco

Pino laricio, pino salgareño, pino negral; *cat.*: pinassa, pi gargallá, pi sarrut

Juan Luis PEÑUELAS RUBIRA, Juan Luis NICOLÁS PERAGÓN, Luis
Fernando BENITO MATIAS

1. Descripción

1.1. Morfología

Especie colectiva con diversas variantes geográficas de difícil separación, tanto que algunos autores llegan a diferenciar varias especies dentro del agregado *Pinus nigra*, mientras que otros consideran los diferentes taxones como variedades, formas o subespecies. La representación peninsular es diferenciada por los últimos estudios taxonómicos como *P. nigra* subsp. *salzmannii*, definiéndose algunas poblaciones del centro y este de España (en Albacete, Cuenca y Teruel) como variedad *latisquama* (Willk.) Heywood, caracterizada por tener hojas más gruesas, de hasta 1,9 (2) mm de anchura, frente a la subespecie *salzmannii*, con acículas de 1-1,2 mm de espesor y una fila de células hipodérmicas. La otra subespecie presente en la Península Ibérica es subsp. *nigra*, caracterizada por sus acículas de tamaño de 8-16 × 0,15-0,2 cm, rígidas y estróbilos 5-8 cm, de la que se han realizado abundantes repoblaciones en el norte y centro de España (Amaral Franco, 1986; Ruiz de la Torre, 2006; Alía *et al.*, 2009).

Árbol perenne de 30-40 m de alto o más cuando los suelos son excelentes. Tronco recto, con ritidoma ceniciento-plateado en los ejemplares jóvenes, castaño oscuro en los adultos, de aspecto resquebrajado y rugoso. Copa de forma variable; en los árboles jóvenes es piramidal u ojival, en los de edad más avanzada es aovada, columnar, aparasolada o irregular. La ramificación es verticilada primero, después irregular. Las ramillas son más o menos rojizas o anaranjadas, frecuentemente desnudas en la parte inferior. Hojas aciculares de 6 a 16 cm de longitud y 1-1,5 mm de grueso, agrupadas en fascículos de dos al final de los ramillos o braquiblastos, de color verde claro, rodeadas en la base por una cubierta de color pardo blanquecino, generalmente flexibles y no punzantes. La raíz principal no se desarrolla demasiado, teniendo gran cantidad de raíces secundarias muy superficiales (López González, 1982; Ruiz de la Torre, 2006).

1.2. Biología reproductiva

El pino negral es una especie monoica, con los órganos sexuales, masculinos y femeninos, dispuestos en estructuras separadas. Florece de marzo a mayo y alcanza la madurez sexual a los 15-20 años en su hábitat natural. Los amentos masculinos son subcilíndricos, casi sentados, agrupados al final de las ramillas, en número de 15-20, formados por escamas terminadas en una lámina redondeada y con dos sacos de polen alargados. Los conos

femeninos son ovoideos, de 10-15 mm, solitarios o verticilados, rojos, erectos, con pedúnculo de igual longitud y brácteas más cortas que las escamas. La floración ocurre cada año, pero la producción de las semillas es irregular, con buena cosecha cada 2-4 años. La dispersión del polen es por el viento. La fecundación tiene lugar trece meses después de la polinización.

Las piñas (Fig. 1) son sentadas, con disposición horizontal o algo inclinada hacia abajo, de forma aovado cónica, de 4-6 × 2-4 cm, de color pardo-rojizo o amarillo-rojizo, lustrosas y con escamas de apófisis convexas y ombligo deprimido, plano o poco prominente. Aparecen solitarias o en grupos de dos o tres.

Las piñas contienen 30-40 semillas, de las que la mitad suelen ser viables. El piñón es gris-oscuro, de 5-7 mm de longitud (Fig. 2), con un ala de 19-25 mm de longitud. Muchas de las semillas producidas tienen un color blanquecino, siendo vanas en su mayoría. Los piñones vacíos son el resultado de óvulos polinizados y abortados durante el desarrollo de la semilla. Estos abortos pueden tener una causa genética, ya esté presente en el embrión o en la planta madre, o producirse como consecuencia de una falta de recursos mientras que se completa el desarrollo de los embriones viables. La maduración de las piñas tiene lugar entre septiembre y octubre del segundo año y la diseminación, que es anemócora, en la primavera del tercer año. No presenta piñas serotinas (López González, 1982; Amaral Franco, 1986; Ruiz de la Torre 2006; Isajev *et al.*, 2009; Prada y González, 2009).

Se ha comprobado que las funciones reproductivas de *P. nigra salzmannii* no desaparecen en la senescencia y que los árboles viejos pueden contribuir tanto como los jóvenes al proceso de la regeneración (Tíscar Oliver, 2002).



Figura 1. Piñas de *Pinus nigra* subsp. *salzmannii* (Foto: J.L. Peñuelas).



Figura 2. Semillas de *Pinus nigra* subsp. *salzmannii*.

1.3. Distribución y ecología

Se trata de una especie con una importante presencia en España, encontrándose en las montañas del centro y este peninsular. Su área de distribución se extiende por el Prepirineo, Cordillera Costero Catalana, Sistema Ibérico, Maestrazgo y Sierras de Cazorla y Segura, con pinares relictos en la Meseta Norte, Sistema Central y Sierras Penibéticas. En España ocupa unas 638.000 ha como especie dominante. Aparece en todo tipo de suelos, aunque

tiene preferencia por los calizos, dónde se forman las mejores masas. Es una especie con gran amplitud climática, que ocupa los ambientes más diversos, aunque con predominio de los climas frescos y húmedos. Vive entre los (500) 800-1.500 (2.000) m de altitud, en zonas con pluviometría entre los 550 y 1.100 mm y temperatura media anual entre 8 °C y 13 °C. Resiste bien la sequía y las temperaturas bajas invernales. El período de helada segura varía entre 0 y los 4,8 meses y el de sequía entre 0 y 2,5 meses, precisando una precipitación estival de al menos 100 mm. Se ve mezclado con quejigares de *Quercus faginea*, encinares de *Q. ilex* y robledales de *Q. pubescens*; también comparte hábitat con *Juniperus thurifera* y *Pinus sylvestris* (López González, 1982; Amaral Franco, 1986; Gandullo y Sánchez Palomares, 1994; Blanco *et al.*, 1998; Ruiz de la Torre, 2006; Alía *et al.*, 2009). Se complementa la información sobre distribución y autoecología con la Figura 3 y la Tabla 1, relativas a sus regiones de procedencia.

2. Materiales forestales de reproducción

2.1. Marco normativo. Identificación de los materiales de reproducción

Pinus nigra está incluido en la normativa europea y estatal relativa a la producción y comercialización de los materiales forestales de reproducción, siendo una de las primeras especies de las que se establecieron regiones de procedencia en España. Su distribución en tres núcleos principales: Pirineos, Sistema Ibérico y Sierras de Cazorla y Segura y la existencia de numerosas masas relicticas o de pequeña extensión separadas geográficamente, son la causa de que esta especie presente una gran diversidad genética entre sus poblaciones (Catalán *et al.*, 1991; Alía *et al.*, 2009). Dada la importancia de la especie y el grado de conocimiento que se tiene sobre ella, sus regiones de procedencia han sido establecidas por el método aglomerativo, atendiendo en su delimitación a criterios relativos a distribución de la especie, variación genética, diferenciación geográfica y variación ecológica. En la actualidad, y tras una reciente revisión, están fijadas las catorce regiones de procedencia que aparecen en la Figura 3. En tal configuración, destaca la existencia de tres regiones que suponen conjuntamente cerca del setenta por ciento de la superficie ocupada por la especie: 7-Sistema Ibérico meridional (44,5%), 3-Prepirineo catalán (18%) y 8-Cordilleras Béticas (15,0%). Por el contrario, nueve regiones no alcanzan ninguna de ellas el dos por ciento, pudiendo ser consideradas como de área restringida.

El Catálogo Nacional de Materiales de Base asociado a la normativa estatal incluye fuentes semilleras de prácticamente todas las regiones de procedencia, salvo de las regiones 2 (Prepirineo aragonés oriental), 4 (Alto Ampurdán) y 13 (Sierras de Baza y Almirajara), rodales selectos de casi la mitad de ellas y un huerto semillero situado en el Centro *El Serranillo*, en Guadalajara, correspondiente a la categoría cualificada y cuyos integrantes son *ramets* de árboles plus localizados en masas de la región de procedencia 7-Sistema Ibérico meridional.

Dado que generalmente las repoblaciones con esta especie suelen ir encaminadas a ampliar su área natural o las zonas donde las condiciones de clima o suelo impiden el uso de otra especie o subespecie, cabe considerar como regiones de amplio uso las siguientes procedencias: Prepirineo catalán (3), Alto Maestrazgo (6), Sistema Ibérico meridional

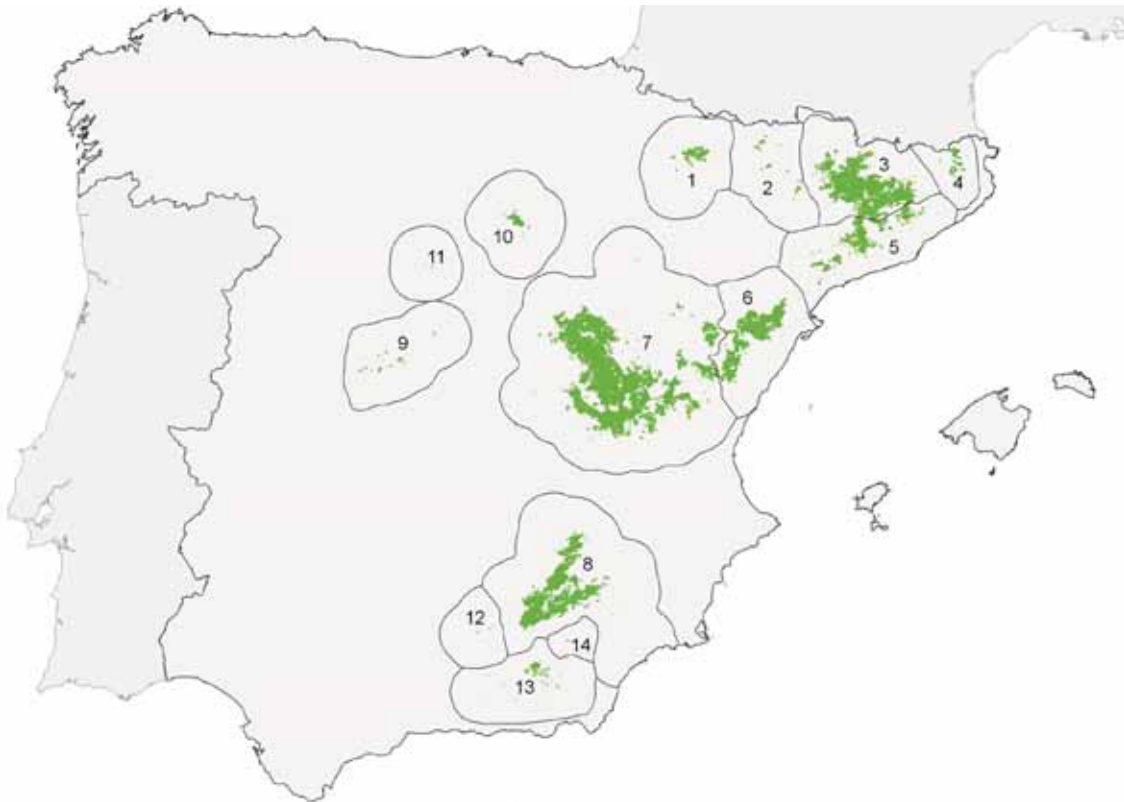


Figura 3. Distribución de *Pinus nigra* subsp. *salzmannii* y Regiones de Procedencia de sus materiales de reproducción. 1.- Prepirineo Aragonés Occidental. 2.- Prepirineo Aragonés Oriental. 3.- Prepirineo Catalán. 4.- Alto Ampurdán. 5.- Baja Cataluña. 6.- Alto Maestrazgo. 7.- Sistema Ibérico Meridional. 8.- Cordilleras Béticas. 9.- Sistema Central. 10.- Soria. 11.- Arenales Meseta Norte. 12.- Sierra Mágina. 13.- Sierra de Baza y Almjara. 14.- Sierra de María (Alía *et al.*, 2009).

(7) y Cordilleras Béticas (8), teniendo el resto un uso local o para condiciones de aridez o de sustrato muy extremas (Catalán *et al.*, 1991). Comprobado el número de materiales de base catalogados para unas y otras, se considera que existe una adecuada cobertura en cuanto a posibilidades de obtención de semilla. En España la superficie total repoblada como especie principal, incluidos los taxones introducidos, asciende a 312.000 ha (Prada y González, 2009).

Un aspecto a tener muy en cuenta con esta especie es la protección de las regiones de procedencia marginales, algunas de las cuales sufren diversos tipos de amenaza (introgresión genética, reducido número de individuos, edad avanzada, etc.), siendo frecuente su inclusión en los programas de conservación de recursos genéticos. Por ello, se han de extremar las precauciones en cuanto al origen del material de reforestación a utilizar en sus proximidades.

En el Catálogo Regional de Flora Silvestre Protegida de la Región de Murcia está incluida en la categoría “De interés especial” y, por lo tanto, sus poblaciones están sujetas a un Plan de Manejo que garantice su mantenimiento en un nivel adecuado.

Tabla 1. Descripción de las áreas con presencia de *Pinus nigra* subsp. *salzmannii* por región de procedencia (RP: número de la región de procedencia; Pres: presencia de la especie en cada una de las regiones, estimada como el cociente del área de la especie en dicha región respecto del área total de la especie; A: número de meses de déficit hídrico (precipitación media mensual <2 temperatura media mensual); Osc: media anual de la oscilación térmica diaria; Hs: número de meses con helada segura (media mínimas <0 °C); Med: valor medio; Max: valor máximo; Min: valor mínimo; MaxMC: valor máximo del mes más cálido; MinMF: valor mínimo del mes más frío); Tipo de suelo: porcentaje del tipo de suelo según la cartografía Soil Map of the European Communities dentro de cada región de procedencia. La clasificación de suelos utilizada en dicha cartografía es la de FAO de 1974. Las abreviaturas se han actualizado a la clasificación FAO de 1989. Los tipos de suelos inexistentes en la nueva clasificación se han mantenido con los nombres antiguos, asignándoles nuevas abreviaturas (Rankers: RK, Xerosoles: XE). Sólo se incluyen aquellos suelos que superan el 10% en el conjunto del territorio estudiado).

RP	Pres (%)	Altitud (m)			Precipitación (mm)		A (meses)	Temperatura (°C)			Osc (°C)	Hs (meses)	Tipo de suelo (FAO)
		Med	Max	Min	Anual	Estival		Med	MaxMC	MinMF			
1	1,6	793	1278	474	766	148	0,8	11,6	28,7	-0,6	17	1,4	CMc(90)
2	0,7	784	1548	450	866	197	0,4	11,3	28,8	-2,6	19	3,3	CMc(94)
3	18	767	1999	253	724	185	0,4	11,4	29,2	-2,3	19	3	CMc(89)
4	1,1	319	824	81	945	216	0	13,6	27,8	1,1	15,3	0,1	CMc(82)
5	6,4	664	1192	213	648	127	1,4	12,6	28,7	0,3	17,6	0,5	CMc(93)
6	9,9	964	1723	238	679	129	1,2	11,9	27	0,4	16	0,6	CMc(94)
7	44,5	1199	1823	639	700	109	1,8	10,7	29,3	-2,0	17,9	3,3	CMc(95)
8	15	1342	2281	454	830	73	2,7	11,8	30,4	-0,6	18,4	1,4	CMc(94)
9	0,5	1248	1804	722	1111	87	2,1	11	29,5	-1,2	18,1	2,3	LPd(48) CMtu(24) CMc(17) CMD(11)
10	0,9	1094	1227	978	686	110	1,9	9,7	28,4	-2,7	17,5	4,3	CMtu(56) CMc(41)
11	0	792	793	790	478	68	3,1	11,9	31	-0,9	18	2,1	CMc(100)
12	0,1	1196	1744	932	756	56	3,2	13,3	31,4	0,5	19	0,2	CMc(100)
13	1,2	1616	2196	993	572	55	3,1	10,7	28,4	-1,7	17,2	2,7	LPc(34) CMc(30) CMc(26) LPd(10)
14	0	1553	1783	1324	519	45	3,2	11,1	29,4	-1,4	18,3	2,2	CMc(75) CMg(25)

Se trata de una especie a la que le es aplicable la normativa correspondiente al pasaporte fitosanitario y de forma particular las medidas preventivas contra el patógeno *Fusarium circinatum* recogidas en los RD. 637/2006, de 26 de mayo, y RD. 65/2010, de 29 de enero, por los que se establece el programa nacional de erradicación y control del citado hongo, que en el caso de las semillas supone la obligación de analizar los lotes a comercializar y los autorrecolectados por los viveristas, así como cumplir una serie de requisitos para la circulación del material de reproducción. A su vez, obliga a una inspección regular de las masas del género, cobrando especial importancia la de los materiales de base de la especie.

2.2. Técnicas de manejo y propagación

2.2.1. Semillas

La época adecuada para las recolecciones empieza en otoño del año siguiente a la polinización y termina con la llegada de las bajas temperaturas invernales de las zonas de distribución de la especie, lugares donde los inviernos suelen ser fríos, pero soleados y secos, circunstancias ambas que inciden en la apertura de las piñas y caída de los piñones. Las piñas de *P. nigra* se recolectan a mano, desde el suelo o con la ayuda de escaleras o maquinas elevadoras en los huertos semilleros y, generalmente, mediante escalada al árbol en las masas naturales. El alto coste de este último tipo de recolección está motivando que se tienda a recoger las piñas aprovechando las cortas programadas en las fuentes semilleras y rodales establecidos, siempre y cuando tengan lugar entre la maduración y la diseminación. El desgaje es fácil, pues el pedúnculo rompe sin excesivo esfuerzo por simple giro de la piña. Debido a que ésta, una vez abierta y desprendidos los piñones, no se vuelve totalmente a cerrar por efecto de la humedad y a que su caída se produce a lo largo del año vegetativo, es muy difícil recolectar piñas vacías. El peso de 1 hl de piña es 33-45 kg.

La piña recolectada debe ser transportada lo antes posible al lugar de almacenaje provisional de la instalación donde se procesará. De no ser posible tal traslado inmediato debe disponerse un almacenamiento temporal sobre el terreno. Es importante que la piña permanezca ensacada lo menos posible, pues normalmente el tiempo en la época de recogida suele ser frío y la humedad existente en la piña se mantiene y se acrecienta en el saco, provocando la aparición de hongos saprofitos y parásitos que terminan por afectar a la germinación de las semillas. Mientras estén ensacados se ha de garantizar la ventilación del habitáculo, favorecer la aireación entre los envases y evitar a toda costa los apilamientos excesivos.

Tras llegar la piña al lugar de procesado, se debe proceder a su presecado, para lo cual se dispondrá en recipientes aireados de gran capacidad o extendida sobre suelos secos, de hormigón o cemento poroso, en un lugar seco y bien aireado y protegida de la lluvia, teniendo la precaución de efectuar volteos periódicos.

La apertura de la piña, dada la época de la recogida, suele hacerse en sequeros artificiales, habiéndose abandonado casi por completo el uso para esta especie de los sequeros solares, por el largo tiempo que requiere el secado al aire y por impedir que la semilla recogida en el año pueda ser utilizada esa misma campaña como simiente en los viveros. La semilla de *P.*

nigra es sensible tanto a la temperatura como al tiempo de secado, por lo que los sequeros que se utilicen deben tener control térmico del aire caliente. Experiencias desarrolladas en el sequero artificial del Centro Nacional de Recursos Genéticos Forestales *El Serranillo* han puesto de manifiesto que la temperatura ideal para esta especie, entendiendo por tal la que aúna velocidad de secado (menor coste) con la total apertura de las piñas y la garantía de buena germinaciones, se sitúa en el entorno de los 60 °C (Carrasco, 1994). A esta temperatura y según el grado de humedad de los conos, el proceso de secado propiamente dicho de la piña previamente presecada dura entre 2 y 3 horas.

Una vez abiertas las piñas, o simultáneamente al proceso de apertura, se extraen y separan los piñones mediante volteo y agitación de las piñas, para lo que se emplean, cuando se trata de grandes cantidades, tambores giratorios de superficie perforada (*tromel*). Posteriormente se procede al desalado de los piñones, recurriéndose a máquinas constituidas por mecanismos giratorios provistos de cepillos, peines o almohadillas, montados en el interior de un armazón. En ellos, la semilla es friccionada o presionada contra las paredes interiores de la carcasa, lo que provoca el desprendimiento del ala o que quede retenida al hacer pasar las semillas por unas ranuras estrechas. Durante esta operación se debe evitar fricciones agresivas o prolongadas que puedan ocasionar daños mecánicos o un calentamiento excesivo a la semilla. También cabe efectuar el desalado por humectación-secado, método que presenta la ventaja de eludir los daños mecánicos o físicos, pero que requiere un especial cuidado para evitar posteriores fermentaciones de la semilla o el desarrollo de hongos. En este caso, sí se va a proceder al almacenaje de la semilla, debe asegurarse que el contenido de humedad resultante sea el adecuado para su correcta conservación. Hoy día hay que equipos que realizan este proceso de una manera rápida y segura. Posteriormente se aborda la limpieza y selección por aventado, cribado y separación densimétrica. En esta especie es muy frecuente la presencia de un alto porcentaje de semillas vanas, por lo que su eliminación es de gran importancia para obtener lotes de aceptable calidad. A tal fin, además del aventado, se ha demostrado eficiente y sin riesgo para la viabilidad recurrir al empleo del etanol para la discriminación de las semillas vanas por flotación (Avsar, 2010). En el caso de pequeñas cantidades, todo el proceso indicado puede realizarse a mano, con la ayuda de útiles sencillos o pequeños equipos (cepillos de púas, cribas, elutriador, etc.).

La semilla de *P. nigra* es ortodoxa, mostrando gran tolerancia a la deshidratación y al frío. La conservación de sus piñones requiere que su contenido de humedad sea bajo, del orden del 5-8%. Este es el intervalo en el que generalmente se encuentra la semilla tras el proceso de obtención indicado, por lo que no suele ser preciso aplicar secados especiales. Las semillas con tal contenido hídrico se almacenarán en recipientes herméticos a una temperatura inferior a 8 °C, preferiblemente en el intervalo 0-4 °C, conservando su capacidad de germinación sin pérdida acusada de la viabilidad durante 5-10 años. Por el contrario, el almacenaje a temperatura ambiente provoca una rápida pérdida de viabilidad a partir del tercer o cuarto año (Catalán, 1991). En caso de almacenaje a largo plazo (bancos de conservación de recursos genéticos) se procedería a mantener la semilla a temperatura de -20 °C. Se han realizado estudios que han comprobado que la crioconservación no conlleva una significativa disminución de la viabilidad de la semilla (Pita *et al.*, 1997 y 1998). Suele ser el descenso del vigor con el tiempo de almacenamiento, más que la disminución de la germinación, la causa de la inhabilitación de los lotes. Esta falta de

vitalidad repercute fuertemente en el posterior proceso de producción de los brinzales, al retrasar el crecimiento de la plántula, con los problemas que, como más adelante se verá, ello implica.

Si bien, la semilla para su germinación no precisa de tratamientos previos, en el caso de que vaya a sembrarse inmediatamente a su extracción, es conveniente que complete su maduración fisiológica, lo que se consigue con el almacenamiento de la partida en cámara entre 4 y 8 °C durante un mínimo de un mes.

La semilla bien conservada germina en condiciones controladas de laboratorio o invernadero rápidamente. Según se desprende de los datos del laboratorio de semillas del Centro Nacional de Recursos Genéticos Forestales *El Serranillo*, el umbral medio (días que transcurren desde el semillado hasta la primera germinación) es sólo de 6-7 días y la energía germinativa media, o tiempo que tarda la partida en alcanzar el 50% de la facultad germinativa, suele ser inferior a 10 días, alcanzándose germinaciones superiores al 75% a los 20 días. Escudero *et al.* (2002) no encontraron efectos significativos de la luz y temperatura sobre la germinación, si bien a mayor temperatura observaron respuestas diferentes según poblaciones y condiciones de luz.

Es de reseñar los resultados alcanzados por Muñoz *et al.*, (2009) en cuanto al poder desinfectante respecto a *Fusarium circinatum* de diversos productos en semillas de *Pinus*. Para *P. nigra* observaron que el tratamiento más eficaz al respecto fue la inmersión de las semillas durante 10 minutos en peróxido de hidrógeno al 30 %, pues logra desinfectar casi al 100 por cien los piñones infectados, sin afectar a la germinación.

Tabla 2. Datos característicos de lotes de semillas de *Pinus nigra* subsp. *salzmannii*.

Rendimiento semilla/ fruto		Pureza (%)	Facultad germinativa (%)	Nº semillas kg ⁻¹	Referencia
(kg hl ⁻¹)	(% en peso)				
0,8-1,5			75-95		Cemagref (1982)
0,5-0,9-1,3	2-3	99	90	52.000	Gradi (1989)
1-2	2,5-3,5	95-98	85-90	45.000-50.000-60.000	Catalán (1991)
			80-90	30.000-80.000 (52.000-57.000)	Piotto (1992)
				44.518-62.933	García-Fayos (2001)
	2	98	90	37.800	Navarro-Cerrillo y Gálvez (2001)
	1,2-2,9	82-99	73-95	42.600-55.200	Banc de Llavors Forestals (Anexo II)
0,6-1,6	1,6-4,2	95-99	75-95	42.000-50.000-60.000	CNRGF <i>El Serranillo</i> (Anexo III)
1,2-1,6		95-100	60-95	46.000-57.000	Vivero Central JCyL (Anexo IV)

Las normas ISTA (2011) prescriben para *P. nigra* como condiciones de germinación en laboratorio una alternancia térmica de 20 a 30 °C, según un ciclo de 16 h-8 h, durante al menos 21 días, no recomendando ningún tratamiento previo. Asimismo, establecen el protocolo a seguir para el ensayo al tetrazolio (grupo de pinos de testa delgada), que conlleva la extracción del embrión y del endospermo antes de efectuar la tinción. Por su parte, la Forestry Commission (2010) propone que el ensayo convencional de germinación se realice a temperatura constante de 20 °C, con una duración prevista de 28 días.

Especie de germinación epigea, las plántulas de *P. nigra*, tienen de 7 a 11 cotiledones aciculares.

2.2.2. Vegetativa

El pino negral no suele propagarse en nuestro país de manera vegetativa. Sin embargo, y al igual que otros pinos peninsulares, sería posible multiplicarlo mediante estaquillado y técnicas *in vitro* empleando material juvenil.

3. Producción de plantas

Esta especie puede producirse a raíz desnuda o en contenedor. Inicialmente, fueron viveros a raíz desnuda los que proporcionaron con éxito la mayor parte de la planta necesaria para las reforestaciones entre los años 1950 y 1970. La Sierra de Filabres en Almería mantiene repoblaciones de esa época efectuadas con planta a raíz desnuda con tanto éxito que hoy día presentan problemas de estabilidad por excesiva densidad.

En los inicios de los años 70 y para las utilizaciones más meridionales propias de las serranías béticas o estribaciones de Sierra Nevada, la tecnología de la producción de planta de *P. nigra* fue paulatinamente transformándose desde la raíz desnuda a la bolsa de polietileno y todo ello buscando la protección que la bolsa proporciona a los sistemas radicales durante la manipulación y plantación, así como mantener la humedad del cepellón y minimizar el estrés tras el trasplante. La utilización de esta tecnología se mantuvo artificialmente viva en *P. nigra* hasta los albores del siglo XXI y ello debido, paradójicamente, al gran cantidad de mano de obra que requería, que, en numerosos casos, era la justificación última de la puesta en marcha de grandes programas de reforestación en zonas deprimidas del sur peninsular.

Los problemas de conformación del sistema radical originados por la bolsa fueron cuestionados y considerados inaceptables por las primeras normativas de calidad que existieron en nuestro país (Orden de 21 de enero de 1989, que incorporaba la legislación comunitaria en materia de calidad). Este hecho y, sobre todo, la carestía del sistema muy exigente en mano de obra, propiciaron el cambio a la denominada tecnología de ambiente controlado. Este sistema, que implica el uso de contenedores rígidos con control de la espiralización, sustratos artificiales de base orgánica y estériles y fertilización programada, ofrece altas posibilidades en cuanto al manejo en general, la mecanización y el control del cultivo. Esta nueva tecnología, al mejorar la producción y la calidad final de la planta y tener menores costes unitarios, ha terminado por imponerse, incluso en las zonas norteafricanas de climas atlánticos, desplazando casi totalmente a los viveros a raíz desnuda.

Pinus nigra, al igual que *P. sylvestris* y *P. uncinata*, tienen su periodo de crecimiento controlado por el fotoperíodo; es decir, es la duración relativa de luz-no luz y la existencia de espectros luminosos concretos, detectados por el fitocromo lo que determina la duración de su periodo vegetativo. Este hecho implica que estas especies no crecen exclusivamente por impulso de las condiciones térmicas adecuadas (termoperíodo), sino que, a éste periodo, se superpone el fotoperíodo y es el solapamiento de ambos lo que determina la época hábil de crecimiento. La curva de fotoperíodo que controla el proceso y que esta fijada genéticamente es la existente en la procedencia de la semilla y como estas curvas se achatan a medida que sube la latitud, las procedencias más septentrionales son las que tienen menos tiempo vegetativo. Así, los autores han constatado en cultivos efectuados en el CNRGF *El Serranillo* y en otros viveros controlados, que las procedencias del centro peninsular emiten yemas terminales a primeros-mediados de agosto, las de las cordilleras béticas lo hacen algo más tarde y las de la ibérica riojana antes.

Este control interno del periodo vegetativo a causa del fotoperíodo, a menudo desconocido por los viveristas, suele producir la paralización temprana del crecimiento en altura por aparición de la yema terminal. La consecuencia es que los brinzales resultan demasiado pequeños y son difíciles de comercializar, por lo que frecuentemente los cultivadores prolongan los cultivos hasta completar dos savias, a fin de obtener plantas de calidad.

La tecnología para anular este control de fotoperíodo y conseguir, en teoría, que las plantas crezcan durante todo el año, si el resto de condiciones ambientales lo permiten, se basa en la instalación de luces de incandescencia que, encendidas un minuto cada 20 minutos durante la época de no luz y con bajas intensidades (del orden de 400 lux) a la altura de la planta, consiguen que no se active este control. Pero estas instalaciones, aunque sencillas, son caras de montar y mantener, y en España sólo se han establecido con fines experimentales. Además, existen serias dudas sobre el comportamiento en campo de las plantas así cultivadas. La bibliografía de otros países, como Estados Unidos y Canadá, donde el empleo de esta tecnología es corriente, incluso en viveros al aire libre, con grandes focos de halógenos que iluminan las eras de cultivo, nos pone en guardia de desarreglos en los primeros ciclos de crecimiento en campo. En España no existen experiencias publicadas en este sentido, pero el Centro Nacional de Recursos Genéticos Forestales *El Serranillo*, que dispone de estas instalaciones, ha podido constatar en sus experiencias estos desajustes vegetativos.

Para terminar, añadiremos que nuestra experiencia de cultivos nos enseña que el periodo de crecimiento (marcado por el fotoperíodo) se prolonga cuando la luz es tamizada por los *films* de polietileno típicos de las cubiertas de los túneles. Este efecto podría ser debido al apantallamiento selectivo de los espectros lumínicos por parte de los plásticos. Sin ser éste un factor controlado y estudiado, es muy interesante su conocimiento, pues proporciona al cultivador más tiempo útil para alcanzar la talla deseada en sus plantas.

Los ensayos de producción efectuados durante los últimos veinte años en el Centro *El Serranillo* han puesto de manifiesto que *P. nigra* es una especie que, en general, soporta muy bien la alta densidad de cultivo, pues su parte aérea no sufre grandes problemas patológicos derivados de esta circunstancia. Así, puede cultivarse sin sufrir excesivos problemas patológicos o de fisiopatías entre 300 y 600 brinzales m⁻². Si el cultivo está

bien llevado, su sistema radical es capaz de colonizar en una savia volúmenes de hasta 400 cm³. Por ello, el abanico de contenedores de cultivo susceptibles de empleo se extiende desde un mínimo de 200 cm³ hasta un máximo de 400 cm³. Por evidentes razones de coste y debido a las escasas experiencias sobre calidad de planta en esta especie, son los contenedores pequeños, en el entorno de los 200 cm³, los más frecuentemente utilizados.

Pinus nigra no es una especie exigente en cuanto al sustrato de cultivo, siempre que éste sea capaz de atender las necesidades básicas en producción de planta forestal, por lo que en su cultivo se emplean sustratos sólo a base de turba, preferiblemente rubia o mezclada con fibra de coco o con aditivos para aumentar la porosidad de aireación. En los cultivos de dos savias y para eludir los nocivos efectos de la descomposición de las materias orgánicas durante el largo ciclo de producción, deben elegirse sustratos fibrosos y poco descompuestos, como pueden ser las turbas rubias con valores de la escala de Von Post comprendidos entre 1 y 3 y las fibras de coco lavadas, evitándose el uso de turbas negras y otros materiales orgánicos no controlados.

Los cultivos de dos o más savias exigen cuidados especiales que a veces los hacen inviables desde el punto de vista económico o de calidad de la planta, pues en ellos es muy corriente sufrir invasiones de malas hierbas. *Pinus nigra*, por fortuna, es relativamente indiferente a la densidad del cultivo y no es usual que sufra ataques de *Botrytis* y de *Fusarium*, revistiendo poca importancia la pudrición de acículas en la base de los tallos.

Al igual que *P. sylvestris*, esta especie es particularmente proclive a micorrizarse fuertemente con los hongos oportunistas que siempre existen en los viveros, como son los géneros *Laccaria* y *Telephora*, generando muy corrientemente sistemas radicales totalmente colonizados por densos mantos fúngicos, que, sin duda, protegen al brinzal del ataque de hongos parásitos.

Por el contrario, el escaso desarrollo de su ramificación basal, deja al sustrato durante el primer año demasiado expuesto a la invasión y colonización por malas hierbas y a la aparición de musgo y hepáticas, de difícil y costoso control, que al consumir muchos de los nutrientes aportados y competir directamente con la planta, retrasan su crecimiento e incluso llegan a eliminarla.

La semilla de *P. nigra* presenta una alta y veloz germinación, por lo que es de esperar que las nascencias en vivero sean rápidas y muy homogéneas. Normalmente se siembran 2 semillas por alveolo para de este modo tener la seguridad casi completa de que todos los alvéolos estarán ocupados, realizándose el deshermanado lo más pronto posible y siempre antes de que la raíz principal haya llegado al fondo del alveolo; momento este en el que se inicia la generación de raicillas secundarias que dificultaría la operación.

Durante el primer año el tallo produce casi exclusivamente hojas juveniles aplanadas aciculares cortas, que se insertan directamente sobre el eje principal de la planta. La ramificación es muy escasa y consiste en una, dos o tres ramillas poco desarrolladas que nacen en la zona basal cercana a los cotiledones. Es posible durante el primer año la aparición de alguna hoja de tipo adulto intercalada sin orden aparente con las hojas juveniles. El crecimiento en el primer año finaliza siempre con una única y patente yema terminal que preforma el crecimiento del año siguiente (Fig. 4).

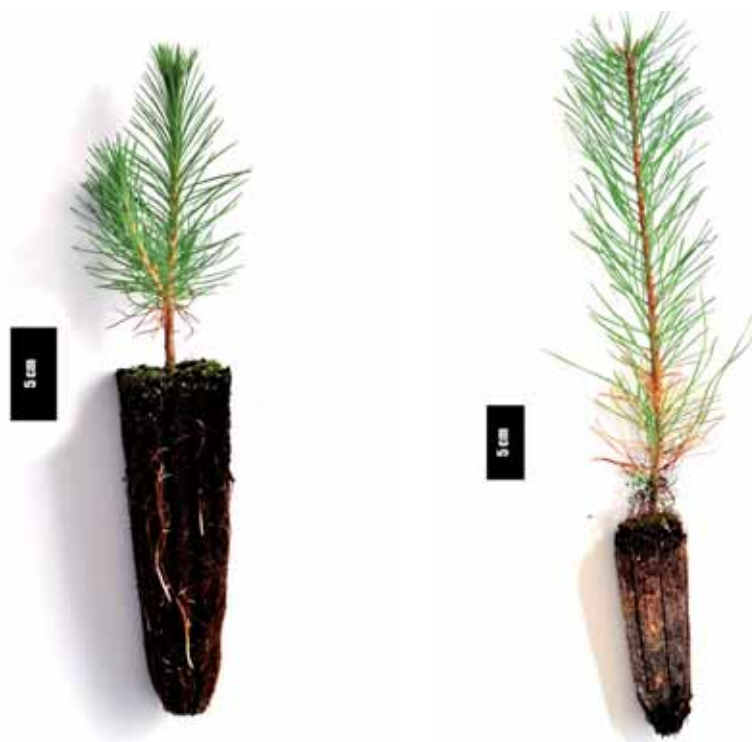
El crecimiento durante el segundo año sigue un patrón muy concreto, basado en un veloz crecimiento primaveral de un tallo recto y grueso, que va produciendo en su crecimiento hojas exclusivamente de tipo adulto, en braquiblastos de dos acículas. Este segundo crecimiento finaliza con un botón de yemas, en el que destaca una yema central y dos o tres yemas laterales patentes. En este segundo periodo vegetativo no suele aparecer ninguna ramificación lateral y el aspecto de estos brinzales es el de velas rectas y rígidas (Fig. 4). Si se continuara el cultivo con una tercera savia (no aconsejable desde el punto de vista de la calidad), el patrón de crecimiento vigoroso y recto y el tipo de hojas se mantienen, apareciendo al inicio de esta savia una única y potente ramificación procedente de las dos o tres yemas formadas en el segundo año de cultivo.

Esta separación tan nítida de los tipos de hojas, yemas y ramificaciones, permite identificar de una forma clara las savias del cultivo, lo cual no es tan claro en otras especies mediterráneas de crecimiento continuo.

Como se ha visto en puntos anteriores, el desarrollo de *P. nigra* depende tanto del termoperiodo como del fotoperíodo. Como este segundo periodo normalmente es más corto que el primero, si se quiere hacer producciones de una savia, el plan de cultivo debe plantear semillados lo más temprano posible. De este modo las plantas logran, en los entornos del solsticio de verano, tener prácticamente desarrollado sus sistemas radicales y aéreos para poder aprovechar los largos días de luz y alta capacidad fotosintética del estío, antes de que su crecimiento aéreo se detenga por acción del fotoperíodo. Como en el centro peninsular y con las procedencias de la zona, la emisión de yemas se localiza a mediados del mes de agosto, para tener garantías de crecimientos adecuados son necesarios de 25 a 30 semanas de cultivo, lo que nos obliga a semillar antes de primeros de marzo. En todos los lugares, pero sobre todo en los viveros ubicados en cotas elevadas o latitudes altas, con cierta continentalidad y periodo vegetativo térmico más corto, pueden plantearse cultivos de 1,5 savias con el siguiente esquema: semillado en julio-agosto del primer año, protección invernal y cultivo de un periodo vegetativo completo durante el segundo año.

Por regla general y salvo casos concretos, podemos decir que no es recomendable el uso de sombreo durante el cultivo de las especies forestales españolas. Aunque en *P. nigra* existen muy pocos estudios sobre calidad de la planta que correlacione variables de cultivo con resultados en campo, se sabe, por otras especies coníferas peninsulares claramente colonizadoras de espacios abiertos, que la sombra suele, cuando menos, producir alteraciones morfológicas no deseadas por aumento de la relación entre la parte aérea y radical.

En esta especie, y sin saber muy bien a que responde, es corriente que el cultivo a pleno sol produzca en las plantas adultas una fisiopatía de pustulaciones amarillentas en las acículas, que no aparece si se cultiva bajo ligera sombra. Por otro lado, la experiencia de cultivo nos indica que semillados bajo sombra producen fuertes desequilibrios en las plántulas recién germinadas por excesivo desarrollo del hipocotilo, que a la postre genera deformación por curvatura del mismo debido al peso de los ápices. La sombra favorece la germinación, pero a su vez también el establecimiento de los musgos. Así mismo, los cultivos protegidos de alguna forma son menos propensos a contaminarse de malas hierbas. Todos estos factores nos llevan a aconsejar un cuidadoso y estudiado uso de esta



Figuras 4 a y b. Plantas de *Pinus nigra* de una savia (izquierda) y de dos savias (derecha) (Fotos: CNRGF El Serranillo).

variable, sopesando los pros y los contras. Un posible esquema de producción de planta podría ser el cultivo a pleno sol en las fases cotiledonares y durante la fase de crecimiento activo y bajo sombreado ligero al final.

Con semillados tempranos y lotes de rápida germinación, las plántulas pasan rápidamente a la fase de roseta de acículas juveniles con crecimiento secundario. Por ello, en los cultivos de *P. nigra* no son de temer graves ataques de los hongos causantes del *damping-off*. Pero si por la razón que fuera, los semillados se atrasan y entramos en periodos más térmicos, se deben extremar las precauciones y tratar siempre a los cultivos con productos antifúngicos hasta la aparición del crecimiento secundario en el hipocotilo. Se suelen utilizar en alternancia principios activos como Himexazol, Iprodiona, Propamocarb y Carbendacima. Respecto a las enfermedades, *P. nigra* soporta alta densidad de cultivo y no es propenso a los típicos ataques veraniegos de *Fusarium oxysporum* u otoñales por *Botrytis cinerea*; no obstante y debido a que los fungicidas tienen poca acción curativa, se recomienda efectuar tratamientos preventivos con principios activos de amplio espectro, como Thiram o Captan, o sistémicos, como Carbendacima.

No suelen ser frecuentes problemas debidos a plagas, pero en cualquier caso, estos problemas al ser visibles resultan fácilmente detectables. En la farmacopea fitopatológica pueden encontrarse hoy día productos validos, tanto para ataques internos utilizando principios activos sistémicos, como externos, mediante productos que actúan por ingestión, contacto o incluso inhalación. Imidacloprid y Deltametrin son principios activos ejemplo de estas formas de actuar.

La presencia de malas hierbas en el cultivo de pino negral puede ser uno de los problemas más frecuentes en vivero en caso de acometer cultivos empleando sustratos “sucios” o de dudosa procedencia, o de prolongarlos más de una savia. Deben mantenerse, pues, los principios de las buenas prácticas, aunque en último caso existen posibles tratamientos herbicidas, si bien han de aplicarse siempre con precaución y haciendo previamente ensayos a escala reducida. El principio activo herbicida más empleado en vivero sobre pinos en general, y en el negral en particular, es oxifluorfen, tanto en preemergencia como en postemergencia temprana, en dosis de 0,5 cm³ por litro.

No se recomienda el control de riegos para el endurecimiento durante la última fase de cultivo, pues esta práctica no actuaría en el control de las dimensiones de las plantas y los efectos de índole fisiológico y de respuesta que pudieran obtenerse de su aplicación no han tenido el éxito alcanzado en otras especies de coníferas en las que se ha ensayado, especialmente *P. halepensis*.

La fertilización es un factor del cultivo en contenedor al que el pino negral responde muy positivamente, según hemos podido comprobar en la práctica. Existe en nuestro país pocos estudios en esta materia que puedan correlacionar tipo o intensidad de abonado con respuestas morfofisiológicas en vivero y laboratorio o resultados de supervivencia y crecimiento en campo. A este respecto disponemos, como orientación, de los estudios efectuados sobre los métodos de fertilización en el Centro *El Serranillo* (Carrasco *et al.*, 2001; Carrasco *et al.*, 2004). Por todo lo cual, la información que sigue está basada en estas experiencias, en apreciaciones personales de los autores o en la posible extensión que se puede hacer para *P. nigra* subsp. *salzmannii* de los datos deducidos en Francia en sus estudios sobre nutrición en *P. nigra* subsp. *corsicana* y *P. nigra* subsp. *calabrica* realizados por el Centre National du Maquinisme Agricole du Genie Rural des Eaux et des Forêts (CEMAGREF, 1994).

Pinus nigra subsp. *salzmannii* tiene una semilla pequeña (en el entorno de 0,02 g de materia seca), con un contenido nutricional en nitrógeno del orden del 7%, que aporta unos escasos 1,4 mg de N a la planta. De los estudios efectuados se desprende que la relación de conversión planta/semilla se encuentra en el entorno de 100, si bien este valor es muy inferior a los encontrados por los investigadores franceses, que publican factores de 160 y de 300 para los pinos de Córcega y Calabria, respectivamente.

Respecto a la fertilización, las referencias francesas nos indican que los factores de inmovilización del N en el cultivo, o lo que es lo mismo, la tasa de conversión entre el N aportado y el encontrado en sus experiencias es del orden del 10%. Este dato nos parece excesivamente bajo y fruto de los excesivos aportes ensayados, pero constituye una llamada de atención sobre la importancia de las descargas ambientales de los lixiviados en los viveros forestales. *Pinus nigra* no es una especie de rápido crecimiento en vivero y cabe afirmar que para obtener dimensiones de tallo situados al menos en la horquilla de 8-12 cm de alto en el primer año, con calibres entre 3 y 3,5 mm y con cepellones compactos, debemos superar siempre los 100 mg de N de aporte por planta en el primer año. Si se utilizan esquemas de fertirrigación semanales, las concentraciones deben estar en el entorno de 100 a 150 ppm de N.

Dado el escaso contenido nutricional de la pequeña semilla, los abonados deben comenzarse en cuanto se inicie la emisión de las hojas juveniles en roseta y la concentración en N del líquido fertilizante puede variar entre los 50 ppm al inicio del cultivo y los 150-200 ppm al final. Abonados ricos en N al final del cultivo pueden retrasar el inicio de la emisión de yemas y fuertes concentraciones (superiores a 250 ppm) pueden incluso producir la ruptura de alguna yema ya formada en el año.

Debido al parón de crecimiento en altura que genera la emisión de las yemas, *P. nigra* es una especie que puede responder muy bien a programas de fertilización otoñal, así como a los métodos de abonado basados en la fertilización exponencial, pues ambos conceptos y sistemas intentan aumentar la concentración nutricional de las plantas a la salida del vivero, como atributo de calidad, sin deterioro de las relaciones morfométricas (Timmer y Armstrong, 1987; Timmer y Aidelbaum, 1996). Los ensayos efectuados al respecto en el Centro *El Serranillo* han dado buenos resultados al conseguir incrementar el porcentaje de N en los tejidos (Carrasco *et al.*, 2001; Carrasco *et al.*, 2004). Concentraciones de N en tejidos aéreos del 1,5-2% son posibles con esquemas convencionales y exponenciales bien gestionados.

En la Tabla 3 se recogen las características morfológicas y concentración de nutrientes encontrados en uno de los ensayos realizados en plantas de una savia de *P. nigra* según diversos métodos de fertilización.

4. Uso en repoblaciones y restauraciones

Pinus nigra ha sido altamente utilizado en nuestra historia reforestadora como especie principal. Así, se han contabilizado casi 400.000 ha de superficie repoblada con este pino durante el periodo 1940-2002, con una máxima expresión entre los años 1952 y 1984, para posteriormente disminuir su utilización en las reforestaciones de la PAC, en la que se sitúa en un modesto 3-4% de la superficie total (MAPA, 2006; MMA, 2007).

Las causas de esta diferencia de utilización en el tiempo se pueden encontrar en las apuntadas para el pino silvestre. Es decir, frente a una fuerte utilización de la especie en la época en la que las instituciones publicas eran las impulsoras y ejecutoras de los programas reforestadores y actuaban movidas por intereses proteccionistas a largo plazo, nos encontramos más recientemente con actuaciones a nivel particular en campos agrícolas, a más baja cotas y con climas menos fríos, en los que otras especies, como *P. halepensis*, *P. pinea*, *Q. ilex* y mezclas entre ellos, vienen siendo los verdaderos protagonistas, cuantitativamente hablando.

5. Planificación de la repoblación

En principio, las áreas susceptibles de ser repobladas con *P. nigra* no son demasiado exigentes en cuanto a demanda transpiracional, pero la profundidad del suelo sí puede ser un factor muy limitante, por lo que se deberán extremar las precauciones en su preparación. Ésta debe hacerse siempre por medios mecánicos, ya que son mucho más efectivos y mejoran la disponibilidad de agua para la planta, siendo el subsolado posiblemente la mejor opción en la mayoría de los terrenos. La plantación suele ser manual, realizándose

Tabla 3. Valores de atributos morfológicos y de concentración de N, P y K en las partes aérea y radical en planta de *Pinus nigra* de una savia al final del cultivo según diferentes regímenes de fertilización (para un mismo atributo, letras diferentes indican diferencias significativas ($P < 0,05$)) (Carrasco *et al.*, 2004).

Atributo	Convencional	Exponencial	Exponencial lujo
Altura (cm)	7,7 a	6,9 a	8,8 b
Diámetro del cuello de la raíz (mm)	3,2 a	3,0 b	3,4 a
Peso seco aéreo - PA (g)	2,07 ab	1,89 a	2,10 b
Peso seco radical -PR (g)	1,37 b	1,22 a	1,69 c
N aéreo (mg g^{-1})	8,3 a	10,2 a	14,1 b
N radical (mg g^{-1})	13,9 a	18,1 b	21,6 b
P aéreo (mg g^{-1})	1,5 a	1,64 a	2,23 a
P radical (mg g^{-1})	1,99 a	2,69 a	2,76 a
K aéreo (mg g^{-1})	1,96 a	1,96 a	2,11 a
K radical (mg g^{-1})	6,39 a	6,94 a	6,39 a



Figura 5. Repoblación protectora de pino laricio en mezcla con pino rodeno en Retiendas, Guadalajara (Foto: R. Serrada).

sobre la línea de subsolado. Como en todos los casos, es aconsejable adelantar la época de plantación cuanto sea posible, una vez que el suelo tenga tempero, debiéndose evitar el uso de plantas producidas en viveros de zonas de climas cálidos en plantaciones de áreas del interior con riesgo de heladas fuertes. Esta precaución podría llegar a la prohibición en el caso de planta producida todo el periodo de cultivo en sombra, por el daño que la combinación de frío invernal y alta intensidad lumínica puede provocar en los fotosistemas. Del mismo modo, debe evitarse el aviveramiento prolongado sin riego de la planta en campo antes de la plantación, así como el excesivo enterramiento de las plantas, que hace disminuir la capacidad fotosintética de las mismas y, por tanto, su capacidad de crecimiento y arraigo.

La densidad media de plantación habitual en las repoblaciones monoespecíficas con esta especie en las zonas de influencia atlántica es alta, situándose entre las 1.100-2.000 plantas ha⁻¹ en función de la calidad de la estación. Ha sido en el marco de la política de acompañamiento de la PAC donde se ha efectuado en los últimos años la mayoría de las reforestaciones con esta especie, bien en masa pura o mezclada con frondosas de la serie. En este último caso de plantaciones mixtas, los cuadernos de campo y las instrucciones técnicas aconsejan no sobrepasar las 800-1.000 plantas ha⁻¹.

6. Bibliografía

- ALÍA R., GARCÍA DEL BARRIO J.M., IGLESIAS S., MANCHA J.A., DE MIGUEL J., NICOLÁS J.L., PÉREZ MARTÍN F., SÁNCHEZ RON D., 2009. Regiones de procedencia de especies forestales en España. Organismo Autónomo Parques Nacionales, Madrid. pp. 171-176.
- AMARAL FRANCO J., 1986 *Pinus*. En: Flora iberica. Plantas vasculares de la península Ibérica e islas Baleares. Vol I. *Lycopodiaceae* - *Papaveraceae*. (Castroviejo S., Laínz M., López González G., Montserrat P., Muñoz Garmendía F., Paiva J., Villar L., eds.). Real Jardín Botánico, Madrid. pp. 168-174.
- AVSAR M.D., 2010 Using flotation in ethanol to separate filled and empty seeds of *Pinus nigra* ssp. *pallasiana*. Afr. J. Biotech. 9, 3822-3827.
- BLANCO E., CASADO M.A., COSTA M., ESCRIBANO R., GARCÍA-ANTÓN M., GÉNOVA M., GÓMEZ-MANZANEQUE A., GÓMEZ-MANZANEQUE F., MORENO J.C., MORLA C., REGATO P., SAINZ-OLLERO H., 1997. Los bosques ibéricos. Una interpretación geobotánica. Ed. Planeta, Barcelona. pp. 389-402.
- CARRASCO MANZANO I., 1994. Determinación de la temperatura y el tiempo óptimos en el secado artificial de los frutos de *Pinus sylvestris* y *Pinus nigra* para la extracción de semillas. Trabajo Fin de Carrera. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola.
- CARRASCO MANZANO I., PEÑUELAS RUBIRA J.L., BENITO MATÍAS L.F., VILLAR-SALVADOR P., DOMÍNGUEZ LERENA S., HERRERO SIERRA N., NICOLÁS PERAGÓN J.L., 2001. Fertilización convencional y exponencial con diferentes dosis en plantas de *Pinus halepensis* y *Pinus nigra* cultivadas en contenedor. En: Actas del III Congreso Forestal Español. Mesa 3. (Junta de Andalucía, ed.). Granada. pp. 757-762. Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- CARRASCO MANZANO I., PEÑUELAS RUBIRA J.L., DOMÍNGUEZ LERENA S., BENITO MATÍAS L.F., 2004. Comparación de distintos métodos y dosis de fertilización en plantas de *Pinus nigra* y *Pinus sylvestris* cultivadas en contenedor. Cuad. Soc. Esp. Cienc. For. 17, 29-33.
- CATALÁN G., 1991. Semillas de árboles y arbustos forestales. Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid. pp. 275-294.
- CATALÁN G., GIL P., GALERA R., MARTÍN S., AGÚNDEZ D., ALÍA R., 1991. Las regiones de procedencia de *P. sylvestris* L. y *Pinus nigra* Arn. subsp. *salzmannii* (Dunal) Franco en España. Instituto para la Conservación de la Naturaleza, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid.

- CEMAGREF (Centre National du Maquinisme Agricole du Genie Rural des Eaux et des Forets), 1982. Les Semences Forestières. Note Technique 48.
- CEMAGREF (Centre National du Maquinisme Agricole du Genie Rural des Eaux et des Forets), 1994. Fertilisation en culture hors-sol. Guide Technique du forestier méditerranéen français.
- FORESTRY COMMISSION, 2010. Draft guidance for seed testing at Forestry Commission approved forest tree seed testing facilities. Disponible en: [http://www.forestry.gov.uk/pdf/STC-Appendix_1.pdf/\\$FILE/STC-Appendix_1.pdf](http://www.forestry.gov.uk/pdf/STC-Appendix_1.pdf/$FILE/STC-Appendix_1.pdf) [5 Jul, 2010]
- ESCUDERO A., PÉREZ-GARCÍA F., LUZURLAGA A.L., 2002. Effects of light, temperature and population variability on the germination of seven Spanish pines. *Seed Sci. Res.* 12, 261-271.
- GANDULLO J.M., SÁNCHEZ PALOMARES O., 1994. Estaciones ecológicas de los pinares españoles. Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza. Ministerio Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid.
- GARCÍA-FAYOS P. (coord.), 2001. Bases ecológicas para la recolección, almacenamiento y germinación de semillas de especies de uso forestal de la Comunidad Valenciana. Banc de Llavors Forestals, Conselleria de Medi Ambient, Generalitat Valenciana, Valencia.
- GRADI A., 1989. Vivaistica Forestale. Edagricole, Bologna.
- ISTA (International Seed Testing Association), 2011. International rules for seed testing. Edition 2011. ISTA, Bassersdorf, Switzerland.
- ISAJEV V., FADY B., SEMERCI H., ANDONOVSKI V., 2009. EUFORGEN, Guía técnica para la conservación genética y utilización del pino laricio (*Pinus nigra*).
- LÓPEZ GONZÁLEZ G., 1982. La guía INCAFO de los árboles y arbustos de la Península Ibérica. Ed. INCAFO, Madrid.
- MAPA (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación), 2006. Forestación de tierras agrícolas: análisis de su evolución y contribución a la fijación de carbono y al uso racional de la tierra. Dirección General de Desarrollo Rural, Madrid.
- MMA (Ministerio de Medio Ambiente), 2007. Anuario de Estadística Forestal 2006. [en línea]. Disponible en: http://www.mma.es/portal/secciones/biodiversidad/montes_politica_forestal/estadisticas_forestal/indice_estadisticas_forestales_2006.htm [1, Feb, 2011].
- MUÑOZ C., CUERVO E., AMPUDIA M., GASTÓN A., PEÑUELAS J.L., IGLESIAS S., HERRERO N., 2009. Control químico de *Fusarium circinatum* Nirenberg & O'Donnell en semillas del género *Pinus*. En: Actas del 5 Congreso Forestal Español. [cd-rom]. (Sociedad Española de Ciencias Forestales, Junta de Castilla y León, eds.). Ávila. Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- NAVARRO CERRILLO R.M., GÁLVEZ C., 2001. Manual para la identificación y reproducción de semillas de especies vegetales autóctonas de Andalucía. Tomo II. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, Córdoba. pp. 243-245.
- PIOTTO B., 1992. Semi di alberi e arbusti in Italia: come e quando seminarli. Società Agricola e Forestale (Grupo ENCC), Roma.
- PITA J.M., BARRERO S., ESCUDERO A., 1997. Cryopreservation: an alternative method for the conservation of endangered populations of two iberian pines (*Pinus nigra* Arnold and *Pinus sylvestris* L.). *Silvae Genet.* 46, 250-252.
- PITA J.M., SANZ V., ESCUDERO A., 1998. Seed cryopreservation of seven Spanish native pine species. *Silvae Genet.* 47, 220-223.
- PRADA A., GONZÁLEZ MARTÍNEZ S., 2009. Guía técnica para la conservación genética y utilización del pino laricio (*Pinus nigra*) en España.
- RUIZ DE LA TORRE J., 2006. Flora mayor. Ed. Organismo Autónomo de Parques Nacionales, Ministerio de Medio Ambiente, Medio Marino y Rural. Madrid.

TIMMER V.R., ARMSTRONG G., 1987. Growth and nutrition of containerized *Pinus resinosa* at exponentially increasing nutrient additions. Can. J. For. Res. 17, 644-647.

TIMMER V.R., AIDELBAUM A.S., 1996. Manual for exponential nutrient loading of seedlings to improve outplanting performance on competitive forest sites. NODA/NFP technical report. TR-25. Nat. Res. Canada. Canadian Forest Service, Sault Ste Marie, ON, Canada.

TÍSCAR OLIVER P.A., 2002. Capacidad reproductiva de *Pinus nigra* subsp. *salzmannii* en relación con la edad de la planta madre. Invest. Agr.: Sist. Recur. For. 2, 357-332.

Pinus pinaster Aiton

Pino bravo, pino gallego, pino marítimo, pino negral, pino resinero, pino rodeno, pino rodezno, pino rubial; *cat.*: pinastre; *eusk.*: itsas pinua; *gall.*: piñeiro.

David LAFUENTE LAGUNA, Luis RODRÍGUEZ-NÚÑEZ, Juan Pedro MAJADA GUIJO

1. Descripción

Según el empleo de las normas del Código Internacional de Nomenclatura Botánica, esta especie se denomina *Pinus pinaster* Aiton. Es una especie muy fragmentada con una gran variedad estacional y muy diversificada (Ceballos y Ruiz de la Torre, 1979). Algunos autores aceptan la existencia de dos subespecies (Tutin *et al.*, 1964; Mirov, 1967):

- *Pinus pinaster* Ait. subsp. *atlantica* H del Villar: que se encuentra distribuida en la costa atlántica de Portugal, España y Francia.
- *Pinus pinaster* Ait. subsp. *pinaster* (*P. mesogeensis* F. et Gausson): que se extiende por el centro y el oeste de la región mediterránea.

Sin embargo, recientemente se ha realizado una caracterización a partir de un amplio rango de poblaciones naturales, empleando marcadores moleculares para evaluar la diversidad genética de esta especie. La información obtenida mediante alozimas, microsatélites marcadores cloroplastídicos (cpSSRs) y nucleares (nuSSRs) y AFLPs (*amplified fragment length polymorphisms*) ha permitido establecer desde un punto de vista filogenético tres líneas maternas que cubren la distribución de esta especie: (1) la región oeste, que incluye la mayoría de la Península Ibérica y Francia continental, (2) la región este, que comprende el sudoeste de Francia, Córcega, Italia, Túnez y Argelia y (3) la región marroquí, restringida a Marruecos (González-Martínez *et al.*, 2004). Estas líneas presentan marcadas diferencias morfológicas entre poblaciones, en razón de las cuales cabe distinguir varias razas (*atlantica*, *mesogeensis*, *corteensis*, *maghrebiana*, *renoui*, etc.) (Alía y Martín, 2009).

1.1. Morfología

El pino negral destaca por su buena adaptación a suelos y climas variados, además de tener una notable diversidad en su aspecto exterior. Tiene buenos crecimientos, alcanzando alturas de 20 a 35 metros. Esta pinácea presenta un característico porte en forma de seta, copa ligera, poco densa y con ramas delgadas. La copa adquiere normalmente la forma piramidal, ocupa un tercio de la altura en la edad adulta, y será irregular debido a excesos de competencia, suelos pobres y rigores de la estación (Alía *et al.*, 1996). La ramificación es verticilada y regular; en los primeros años las ramas secundarias permanecen erectas, pero según van creciendo su posición varía hasta la horizontalidad. Son policíclicos, rasgo que se expresa con gran variabilidad entre poblaciones, entre individuos y dentro de un mismo árbol (Sierra de Grado, 1993).

La forma de los fustes, con tendencia a ser tortuosos y torcidos, es muy variable y en gran medida depende de la procedencia genética o la selección incorrecta de los pies de las masas, que ha promovido la extracción de los fustes más rectos, dejando en pie los que poseen curvaturas en la base o problemas de conformación. La corteza es oscura, gruesa (en algunas procedencias supone más del 50% de la sección, con fines protectores frente a incendios) y con grietas profundas.

Las acículas de este pino destacan por su longitud (10 a 25 cm) y grosor (2 a 2,5 mm), recias y pinchudas (Oria de Rueda y Díez, 2002). Envainadas por parejas, con una vida media de entre 3 y 4 años, alcanzando máximos de 8, de color verde oscuro brillante. Las yemas son ovoideas, grandes, gruesas (particularmente las que culminarán en brotes masculinos) y no resinosas. (Alía *et al.*, 1996). Posee un sistema radical muy fuerte, con raíz principal penetrante y las secundarias muy desarrolladas, sobre todo en los suelos con fondo, lo que le proporciona una resistencia aceptable al viento.

1.2. Biología reproductiva.

Es una especie monoica. Las inflorescencias masculinas se agrupan en una especie de espigas de 6 a 7 cm de longitud, las femeninas forman pequeñas piñas (conos). Florecen de finales de marzo a primeros de mayo. Las flores masculinas aparecen en espigas a lo largo del extremo del crecimiento anual (Fig. 1), son amarillas y de 1 a 2 cm de longitud. Los conos femeninos son pequeños, de color rojo a violeta, y aparecen en grupos de 2 ó 3 en el extremo del crecimiento anual y sólo en la parte superior de la copa. La floración tiene lugar entre abril y mayo.

Las piñas que posee esta especie son las de mayor tamaño de todas las especies del género *Pinus* en la Península Ibérica (8 a 22 cm) y con frecuencia vienen agrupadas en parejas o tríos; tienen su inserción sentada o casi sentada (Fig. 1). Cuando se produce la maduración, el fruto adquiere una coloración marrón o rojiza de aspecto brillante debido a la presencia de ceras. Hay poblaciones cuyas piñas adquieren el carácter de serotinas, es decir, permanecen en el árbol sin abrirse, envejeciendo exteriormente, con las escamas solapadas y fusionadas debido a la presencia de resina solidificada pero con los piñones viables en su interior. En estas poblaciones las piñas no se abrirán para dispersar los piñones hasta que las temperaturas elevadas de un incendio fundan la resina depositada en las escamas, permitiendo la apertura de éstas, aunque durante el verano las temperaturas registradas en nuestras latitudes son bastante calientes como para permitir este proceso. Este carácter facilita la regeneración tras un incendio, estando afectado este proceso por las características e intensidad del fuego (Calvo *et al.*, 2008; Vega *et al.*, 2008). La piña madura en el otoño del segundo año, pero no abre hasta la llegada de abril o mayo del tercer año. La apertura no resulta definitiva, sino que las piñas se vuelven a cerrar al rehumedecerse y permanecen algunos años en el árbol con alternativas de apertura y cierre (Ceballos y Ruiz de la Torre, 1979).

Es una especie que posee una edad precoz de fructificación (10-20 años); la vecería entre cosechas abundantes no es muy acusada; uno o dos años a lo sumo. La producción de semilla de este pino es elevada, entre 15 y 55 kg ha⁻¹. Posee una germinación media-alta que oscila entre un 65 y un 90%. Las semillas tienen almacenaje sencillo y son viables



Figura 2. Semillas de *Pinus pinaster*.

Figura 1. Piña de *Pinus pinaster*
(Foto: Campos Sandoval).

durante un periodo largo de tiempo, aunque se deben tomar precauciones para prevenir la infección de patógenos de cuarentena como *Fusarium circinatum* (Nicolás, 2009).

Las semillas son color café brillante negruzco por encima y gris mate por debajo. El ala tiene tendencia a eliminarse fácilmente de la semilla. Los piñones tienen un tamaño de 8 a 10 mm con un ala de 20 a 25 mm que facilita la dispersión por el viento (Fig. 2).

Aunque su dispersión es anemócora, el piñón es relativamente grueso y de ala pequeña, por lo que la mayoría de las semillas diseminan bajo la copa (Carvalho *et al.*, 2002). La importancia de la diseminación lateral parece ser reducida en comparación con el regenerado que se obtiene derivado de los restos de corta (Rodríguez y Madrigal, 2008).

1.3. Distribución y ecología

El pino rodeno se extiende de forma natural por las regiones costeras europeas y africanas del Mediterráneo occidental, para llegar al litoral atlántico por Portugal, España y Francia. En la actualidad, su distribución se ha expandido mediante importantes repoblaciones por gran número de países y continentes. La gran diversidad mencionada en la Península Ibérica se debe a presentar un centro muy activo de difusión postglacial que fue señalado como origen geográfico (Rikly, 1943; Destremau *et al.*, 1982).

La superficie mundial estimada de *P. pinaster* asciende a un total de 5 millones de hectáreas de las cuales 4,2 millones se sitúan en su ámbito de distribución natural (España, Portugal, Francia, Marruecos, Italia, Turquía, Grecia y Túnez). Por su parte, 800.000 hectáreas se sitúan en otras áreas de reforestación en las cuales esta especie se utiliza como exótica, por su gran potencial productivo en condiciones donde se precisan especies especialmente rústicas (Australia, África del Sur, Nueva Zelanda, Chile, Argentina y Uruguay).

España es el país donde se encuentran los pinares con un marcado carácter espontáneo más extensos, con una superficie de 750.000 ha que se pueden considerar como poblaciones naturales del total de 1.760.000 ha ocupadas por la especie. Ocupa grandes extensiones en Galicia, submeseta norte y sistemas montañosos Central, Ibérico y Bético, además de algunos reductos en la costa del Mediterráneo.

Puede encontrarse en ambientes muy diferentes, desde el nivel del mar hasta los 2.100 m (Atlas), desde áreas con más de 1.400 mm de precipitación anual y sin temporada seca a otras con 350 mm y más de 4 meses secos. Crece adecuadamente en suelos ácidos, pero también en básicos y hasta en suelos arenosos y pobres (Alía y Martín, 2009).

Es una especie localizada en lugares con temperaturas medias anuales entre 10,1 °C y 14,6 °C y con un periodo de heladas seguras bastante variable, que puede superar los tres meses y medio (Alía y Martín, 2009). Se ha de tener en cuenta la diversidad de comportamientos que se han observado frente a fenómenos de estrés abiótico (sequía y frío) de las procedencias que se han estudiado. Por lo tanto, para seleccionar los materiales forestales de reproducción se deben seguir las recomendaciones de las condiciones climáticas particulares de cada procedencia. Según la clasificación fitoclimática de Allué Andrade (1990), *P. pinaster* está presente en 14 de los 17 fitoclimas descritos. En lugares de clima nemoral, con un periodo de aridez inferior a 1,25 meses, la representación más aproximada es el clima VI(V), situado en el litoral asturiano y gran parte de Galicia (excepto en el litoral próximo a la ría de Muros y la mitad meridional de Pontevedra). Las precipitaciones alcanzan los 950 mm, con temperaturas suaves y sin sufrir heladas. Compartiendo características en cuanto al plazo anual de aridez, pero con un periodo seguro de heladas, nos encontramos el clima VI(VII), substepario, asociado a los pinares turolenses.

También está presente esta especie en lugares con clima nemoromediterráneo, caracterizado por un periodo de aridez entre 1,25 y 3 meses. Está formado por dos subtipos genuinos, VI(IV)₁ y VI(IV)₂, que abarcan la casi totalidad de las masas de clima continental situadas en ambas submesetas. Estos climas poseen un amplio rango térmico, siendo la media del mes más frío inferior a 7,5 °C. Asimismo, nos encontramos la variante VI(IV)₃ localizada en el Sur de Galicia y más suave térmicamente, pues la media del más frío siempre supera los 7,5 °C.

En cuanto a los climas mediterráneos, con una aridez superior a los 3 meses, se encuentra en los tipos genuinos IV₂, IV₃ y IV₄, por no poseer heladas a lo largo del año. El primero está caracterizado por una temperatura media en el mes más frío superior a los 9,5 °C y se localiza en el litoral de la costa levantina y malagueña. Los dos restantes simplemente se distinguen por una diferencia pluviométrica, superior o inferior a 500 mm, localizándose en las cordilleras interiores de Levante y en los Sistemas Bético y Penibético. El clima IV₄, también se encuentra en los pinares más basales del sur de Gredos y en las márgenes del Tiétar. Por último, cabe destacar el clima mediterráneo subnemoral, IV(VI)₁, el cual posee helada segura y se encuentra en disparidad de localizaciones, como por ejemplo la parte más occidental de la meseta castellana y las laderas de Sierra Nevada o la parte más elevada de la Sierra de la Almirajara.

La plasticidad de *P. pinaster* se manifiesta por su diversidad fitoclimática y la relación existente entre el fitoclima y la estrategia adaptativa que poseen las frondosas, cabezas de serie en dichos lugares (Alía *et al.*, 1996).

Esta especie predomina en las laderas y en los arenales. Una de las características más importantes de este pino es la tolerancia a los suelos que poseen escasa fertilidad, especialmente los arenosos, donde muy pocas o ninguna especie de interés económico es capaz de desarrollarse. Esta particularidad ha permitido que algunos países la hayan utilizado para realizar repoblaciones masivas como especie productiva para condiciones semiáridas (Butcher, 2007).

Prefiere suelos bien drenados aunque soporta suelos ácidos pobremente drenados (Scott, 1962). La mayor parte de los ecotipos de *P. pinaster* son calcífugos (especialmente los de la subespecie *atlantica*), se instalan preferentemente sobre suelos silíceos, la alteración del material concede a los suelos unas características favorables para el desarrollo de la especie: textura suelta, arenosa, bien drenada y con escasa fertilidad, generalmente. Algunos ecotipos (especialmente los de las sierras béticas) también se desarrollan en suelos calizos, con pH cercanos a la neutralidad, hasta pH de 8,7 (Nicolás y Gandullo, 1967; Gandullo y Sánchez Palomares, 1994).

Muestra adaptación a los incendios, como lo manifiesta sus características ya citadas de existencia de conos seróticos, corteza gruesa o la floración y fructificación precoz.

2. Materiales forestales de reproducción

2.1. Marco normativo. Identificación de los materiales de reproducción

El pino rodeno está regulado por la normativa europea y española sobre materiales forestales de reproducción (Directiva 1999/105/CE y RD. 289/2003). Esta legislación contempla una serie de condicionantes en cuanto a la identidad y características genéticas y de calidad exterior de los materiales forestales de reproducción y establece un sistema de control para los mismos.

El material forestal de reproducción del pino negral se encuentra diversificado, debido a que esta pinácea posee un área natural de distribución muy fragmentada y muy variados ecotipos. En la actualidad, y tras una reciente revisión, están fijadas 27 regiones de procedencia, siete de ellas de área restringida, que aparecen representadas en la Figura 3 y cuya características figuran en la Tabla 1. Una descripción detallada de las mismas se puede encontrar en Alía *et al.* (1996 y 2009).

La división en regiones de procedencia que se ha expuesto, se ha establecido por el método aglomerativo, a partir de datos empíricos (Alía *et al.*, 2009) y está basada en las características geográficas, climáticas y edáficas de los pinares donde habita *P. pinaster*. Como cabe esperar, no todas las regiones de procedencia gozan de la misma importancia a la hora de hacer uso del material para las repoblaciones y para los programas de mejora genética. Barner (1975) aplicó el concepto de procedencia, es decir, la zona de utilización de la semilla tiene que estar íntimamente ligada con la procedencia de la misma, adecuando

las características ecológicas, para no incurrir en resultados peores de los esperados. Existiendo diversidad de líneas de variación, se ha de incidir en el mantenimiento del acervo genético, ya que algunas regiones de procedencia cuentan con poblaciones muy reducidas y en regresión por multitud de factores.

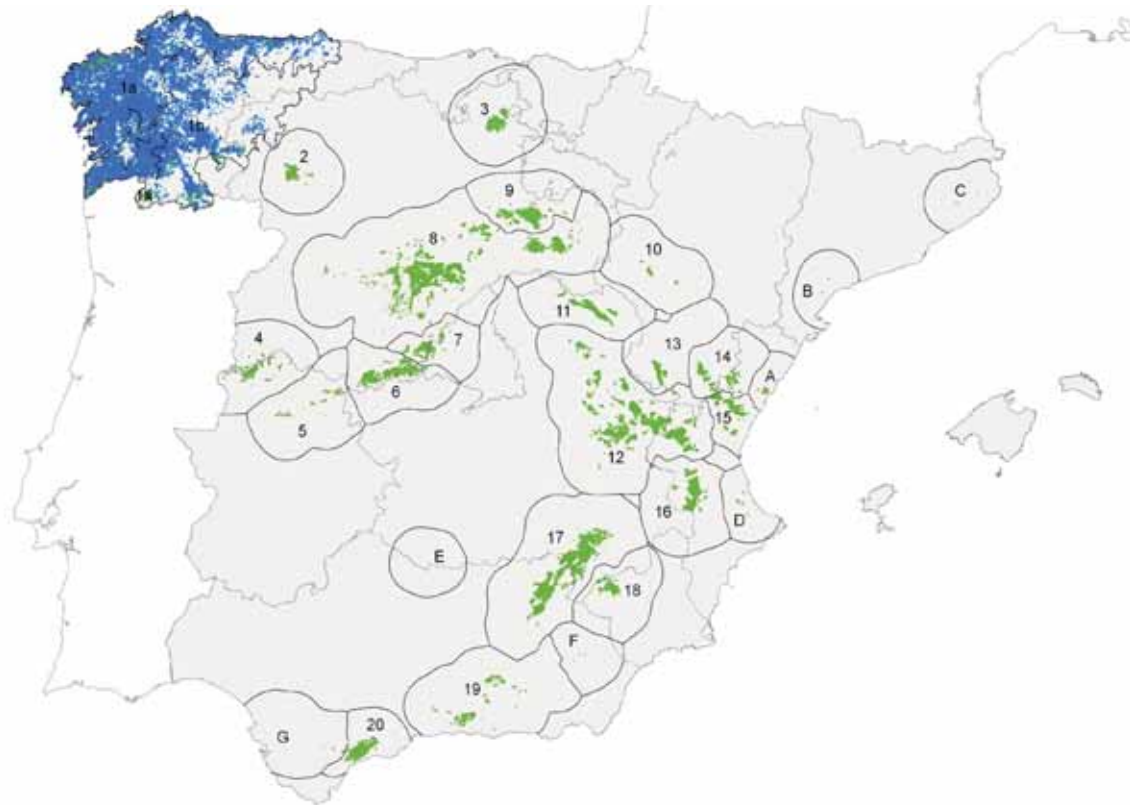


Figura3. Distribución de *Pinus pinaster* y Regiones de Procedencia sus materiales de reproducción. En color azul las masas artificiales de la especie. 1a.- Noroeste-Costera. 1b.- Noroeste-Interior. 2.- Sierra del Teleno. 3.- Sierra de Oña. 4.- Sierra de Gata-Las Hurdes. 5.- Bajo Tiétar. 6.- Sierra de Gredos. 7.- Sierra de Guadarrama. 8.- Meseta Castellana. 9.- Montaña de Soria-Burgos. 10.- Sistema Ibérico Central. 11.- Rodenales de Molina. 12.- Serranía de Cuenca. 13.- Albarracín. 14.- Maestrazgo. 15.- Sierra de Espadán. 16.- Levante. 17.- Sierra de Segura-Alcaraz. 18.- Moratalla. 19.- Sierra de Almirajara-Nevada. 20.- Sierra Bermeja. A.- Benicasim. B.- Sierra de Pradell. C.- Litoral Catalán. D.- La Safor. E.- Fuencaliente. F.- Sierra de Oria. G.- Serranía de Ronda (Alía *et al.*, 2009).

Hoy en día la cobertura en España en cuanto a fuentes semilleras parece ser adecuada, aunque es deseable el establecimiento o ampliación del número de rodales selectos en algunas regiones como Sierra de Oña, Moratalla, Sierra de Gata-Las Hurdes y Sierra de Segura-Alcaraz. Sería necesario el reconocimiento oficial y una divulgación de las recomendaciones de uso como herramienta para la determinación de las regiones de procedencia a utilizar según las zonas. Es deseable la diversificación de los materiales de base en los que se recolecta y evitar la recogida excesiva y continuada en unos pocos. La

Tabla 1. Descripción de las áreas con presencia de *Pinus pinaster* por región de procedencia (RP: número de la región de procedencia; Pres: presencia de la especie en cada una de las regiones, estimada como el cociente del área de la especie en dicha región respecto del área total de la especie; A: número de meses de déficit hídrico (precipitación media mensual <2 temperatura media mensual); Osc: oscilación térmica diaria; Hs: número de meses con helada segura (media mínimas <0 °C); Med: valor medio; Max: valor máximo; Min: valor mínimo; MaxMC: valor máximo del mes más cálido; MinMF: valor mínimo del mes más frío); Tipo de suelo: porcentaje del tipo de suelo según la cartografía Soil Map of the European Communities dentro de cada región de procedencia. La clasificación de suelos utilizada en dicha cartografía es la de FAO de 1974. Las abreviaturas se han actualizado a la clasificación FAO de 1989. Los tipos de suelos inexistentes en la nueva clasificación se han mantenido con los nombres antiguos, asignándoles nuevas abreviaturas (Rankers: RK, Xerosoles: XE). Sólo se incluyen aquellos suelos que superan el 10% en el conjunto del territorio estudiado).

RP	Pres (%)	Altitud (m)			Precipitación (mm)		A (meses)	Temperatura (°C)			Osc (°C)	Hs. (meses)	Tipo de suelo (FAO)
		Med	Max	Min	Annual	Estival		Med	MaxMC	MinMF			
1A	2,5	289	1058	2	1342	134	0,76	12,9	25	3,3	10,8	0,1	RK(51) CMu(47)
1B	2	605	1163	293	1031	100	1,86	12,2	27,7	1,2	14,5	0,1	CMu(59) RK(41)
2	1,6	947	1355	768	654	81	2,34	10,3	27,7	-1,6	16	3,2	CMg(41) CMu(32) CMc(13) CMc(13)
3	2,4	782	1210	532	741	128	0,82	10,6	26,2	-0,3	15	0,9	CMc(63) CMu(36)
4	2,9	764	1470	321	1079	73	2,5	13	30,7	0,6	17	0,5	CMu(63) LPd(29)
5	1,3	375	769	237	921	53	3,21	15,7	34,7	2,5	19	0	CMc(27) FLc(18) PLe(18) CMd(15) CMu(15)
6	5,3	877	1881	306	1049	70	2,67	13,2	31,9	0,5	18,4	0,7	CMd(37) CMu(27) LPd(21) CMc(13)
7	2,8	1055	1795	590	689	71	2,77	11,6	29,3	-0,6	17,9	1,5	CMd(69) CMu(25)
8	22,1	868	1347	679	473	77	2,95	11,6	30,5	-1,1	18,1	2,5	ARb(33) CMc(27) LVv(16) CMg(15)
9	4,5	1156	1695	926	758	122	1,36	9,3	27,5	-2,7	17	4,3	CMu(83) CMc(16)
10	0,5	954	1279	744	530	107	2,17	11,7	29,4	-0,7	18,1	1,5	CMc(71) CMg(29)
11	2,8	1179	1362	977	629	110	1,77	9,9	29,1	-2,9	17,5	4,5	CMc(53) CMc(47)

RP	Pres (%)		Altitud (m)			Precipitacion (mm)		A (meses)	Temperatura (°C)			Osc (°C)	Hs. (meses)	Tipo de suelo (FAO) (%)
	Med	Max	Min	Annual	Estival	Med	MaxMC		MinMF					
12	16,6	1009	1823	381	609	91	2,43	12,2	30,8	-0,6	18,2	1,8	CMc(92)	
13	1,2	1251	1482	901	551	125	1,39	10,3	27,8	-2,2	17,1	3,5	CMc(55) CMc(45)	
14	2,9	1041	1611	388	562	132	1,04	11,6	27,6	-0,4	16,1	1,5	CMc(90) CMtu(10)	
15	2,8	653	1343	96	604	98	2,16	14,2	28,2	2,9	14,6	0	CMc(66) CMc(34)	
16	3,8	766	1083	184	588	77	2,79	14	29,6	2,7	16	0	CMc(100)	
17	13,1	1111	1763	538	802	68	2,93	12,9	31,4	0,4	18,9	0,5	CMc(98)	
18	1,8	1130	1629	617	538	78	2,75	12,8	30	0,8	17,1	0,1	CMc(99)	
19	2,9	1245	2094	283	725	35	3,53	12,7	29,4	1	16,5	0,4	CMc(86) CMc(11)	
20	3,1	572	1419	11	969	28	3,87	15,8	30,3	5,4	15,3	0	CMc(91)	
A	0,4	339	689	78	540	73	3,13	15,5	28,8	4,1	14,6	0	CMc(58) CMc(28) CMg(14)	
B	0	535	688	407	616	91	2,14	14,3	28,8	3,2	16,7	0	CMc(75) CMc(25)	
C	0,1	327	540	142	846	160	0,66	14,2	28,8	1,8	15,8	0	CMd(50) CMtu(50)	
D	0,3	422	974	113	776	64	2,75	15,7	30,4	4	15,5	0	CMc(100)	
E	0	1011	1114	907	833	59	3,13	13,4	33,6	-0,4	19,6	0,7	CMc(100)	
F	0,1	1331	1566	1134	456	37	3,8	12,5	30,4	0,1	17,2	0,4	CMc(92)	
G	0,2	576	869	297	1156	36	3,43	15,6	30,7	5	15,2	0	CMtu(49) CMc(30) CMc(21)	

familiarización con el concepto de Región de Procedencia y la asunción por parte de las Comunidades Autónomas de las competencias en cuanto al control de frutos y semillas es una cuestión ineludible, al igual que la necesidad de un correcto y suficiente sistema de comunicación de datos relativos al material de reproducción para el control estadístico y previsión de actuaciones (Nicolás, 2009).

Para las categorías que implican un cierto nivel de selección y mejora, existen diversas estrategias operativas que van desde la obtención de materiales seleccionados a materiales cualificados y controlados. Así, para los materiales de categoría seleccionada se dispone de una red de rodales selectos en distintas CC.AA., como por ejemplo Castilla y León (Gordo *et al.*, 1997).

Existen programas nacionales y autonómicos de mejora y conservación de recursos forestales de *P. pinaster*. La Administración General del Estado, a través de la Dirección General de Medio Natural y Política Forestal ejerce como la principal promotora de Programas Nacionales y Actividades de Mejora Forestal. En el año 1983 se inició, mediante colaboraciones con institutos de investigación y universidades, el Programa Nacional de huertos semilleros del género *Pinus* (Tabla 2) y, a partir de 1989, un programa de evaluación de recursos genéticos y de selección de rodales selectos para distintas especies forestales, en las que se incluye el género *Pinus*. Fruto del primero es el establecimiento de un huerto semillero en La Granja de San Ildefonso (Segovia), correspondiente a la categoría cualificada y cuyos integrantes se corresponden con árboles plus localizados en masas de la región de procedencia Montaña de Soria-Burgos (Tabla 2).

Se están llevando a cabo actividades de mejora del pino negral en el Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA), Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario de Asturias (SERIDA) y CIFA Lourizán (Xunta de Galicia). También se ha de hacer mención al Banco Forestal de Germoplasma en Red, cuyo objetivo es la conservación *ex situ* de recursos genéticos forestales, estableciendo colecciones base (semillas o colecciones vivas) y suministrando los recursos genéticos para las actividades de caracterización, evaluación y mejora de acuerdo con los protocolos de acceso de los recursos genéticos.

Fruto de estos programas existe una red de ensayos de procedencias en distintas zonas de utilización (Ocaña *et al.*, 2009) y una red de ensayos de progenies y clones, los cuales constituyen una población base de mejora con una amplia diversidad genética, así como varios huertos semilleros de primera generación para la producción de semilla mejorada de la procedencia Galicia costa, gestionados por la Xunta de Galicia.

En el Catálogo Regional de Especies Amenazadas de Castilla-La Mancha la población de Fuencaliente está calificada como “De interés especial”. Igual consideración tiene la especie en la Comunidad de Murcia, mientras que en Baleares se la califica oficialmente como “En peligro de extinción” y será susceptible de aplicación de Planes de Recuperación.

Es una especie que ha de cumplir con las obligaciones derivadas del pasaporte fitosanitario y está sujeta a las medidas preventivas contra el patógeno *Fusarium circinatum* (RD. 637/2006, de 26 de mayo, y RD. 65/2010, de 29 de enero). Idénticas prevenciones deben emplearse contra la introducción y difusión en el territorio nacional y de la Comunidad

Europea del nematodo de los pinos (Pine wood nematode = PWN) *Bursaphelenchus xylophilus* (RD. 58/2005, de 21 de enero), el cual provoca la denominada seca del pino (marchitamiento de los pinos). Posteriormente, el Comité Fitosanitario Nacional, acordó establecer en 2008 un Plan Nacional de Contingencia, de acuerdo con las directrices establecidas por la EPPO (Organización Europea y Mediterránea para la Protección de Plantas). Lógicamente, el riesgo de presencia de estas plagas de cuarentena obliga a la inspección de las masas de la especie y, por tanto, de las fuentes semilleras, rodales y huertos semilleros. Asimismo, la prevención contra *F. circinatum* conlleva un control de los lotes de semillas de la especie mediante análisis obligatorios de detección y de su tránsito.

Tabla 2. Materiales de base (HS: huertos semilleros) para la producción de materiales forestales de reproducción de *Pinus pinaster* de las categorías cualificada (Q) y controlada (C).

Código	Localización	Término municipal	Altitud	Objetivo	Categoría MFR	Superficie (ha)
HS26LO1	Sergude	Boqueixón (A Coruña)	270	Selvicultura Multifuncional	Q	3,2
HS-Q-26/001	Cordal da Loba	Monfero (A Coruña)	610-645	Selvicultura Multifuncional	Q	3,4
HS-Q-26/002	Bóveda	Boveda (Lugo)	380	Selvicultura Multifuncional	Q	3,43
HS-Q-26/40/001	CNRGF Valsaín	S. Ildefonso (Segovia)	1.120-1.140	Selvicultura Multifuncional	Q	3,36
HS-C-26/001	A Braxe	Cedeira (A Coruña)	385-435	Producción Multifuncional	C	10,2

2.2. Técnicas de manejo y propagación

2.2.1. Semillas

La época de recolección de la piña comprende el periodo de noviembre a mayo. El rendimiento de fruto se sitúa entre 8 y 30 kg de piña por árbol. El procedimiento de recogida tradicional de piñas de esta especie fue sobre pies recién apeados, facilitado por los frecuentes aprovechamientos en su amplia distribución. Actualmente esta forma de proceder coexiste en monte con el acceso a la copa de los árboles, mediante escalada, o, en aquellas zonas donde el terreno lo permite, con máquinas elevadoras.

Una vez llegada la piña al centro de procesado se debe proceder a su presecado, disponiendo la piña en recipientes aireados de gran capacidad o extendiéndola sobre suelos secos, de hormigón o cemento poroso, en lugares bien aireados protegidos de la lluvia y efectuando volteos periódicos que faciliten su aireación. El peso de 1 hl de piña está generalmente en el intervalo de 30-38 kg (Alía *et al.*, 2009).

Para la extracción de los piñones fue muy empleado el sequero solar y para el desalado la inmersión en agua y posterior secado. Estos viejos procedimientos de extracción y acondicionamiento, si bien subsisten, han sido sustituidos por los hornos de secado y

las desaladoras mecánicas, respectivamente. En el caso de secado por calor artificial es importante proceder a un presecado de las piñas, operación especialmente importante si las piñas han venido del monte mojadas. Posteriormente al desalado se procede a la limpieza por aventado y cribado, siendo importante controlar el porcentaje de semillas vanas subsistentes.

La conservación de la semilla, manifiestamente ortodoxa, se puede realizar a corto plazo en recipientes herméticos o abiertos, siempre que se mantengan a una temperatura y con un contenido de humedad situados en el rango de 2-10 °C y 7-10%, respectivamente. Para aumentar el período de conservación, hasta 10 años, se debe recurrir a recipientes herméticos con una temperatura de 0-4 °C y con un contenido de humedad del 5-6%. Con vistas a la conservación a largo plazo de recursos genéticos, Pita *et al.* (1998) no encontraron una disminución significativa de la viabilidad en semillas crioconservadas.

En la recogida y durante todo el proceso de manipulación de frutos y semillas deben ser tomadas precauciones para prevenir la infección de patógenos de cuarentena como *Fusarium circinatum* (Nicolás, 2009).

Las semillas de *P. pinaster* (Tabla 3) presentan una cierta durmancia física; son semillas más duras o impermeables que las de *P. sylvestris* y *P. nigra* (Fig. 3), lo que dificulta la primera etapa de la germinación (la imbibición de agua). Otra posibilidad es que, al poseer una testa o endospermo más duros, que opongan una resistencia mecánica al crecimiento del embrión, se retrase la germinación (Bradbeer, 1988). Si tiene lugar una perturbación, como es el caso de un incendio, las semillas de *P. pinaster* tardan unos días en comenzar a germinar, esperando así a que las condiciones del medio sean las óptimas. Esta especie goza de una capacidad notable de adaptación a la perturbación abiótica citada ya que es capaz de resistir mejor las elevadas temperaturas alcanzadas por el fuego.

El pretratamiento de la semilla consiste en la estratificación en frío (30-45 días), hecho que generalmente facilita a su vez la homogeneidad de la germinación. Escudero *et al.* (2002) encontraron que la luz no tenía un efecto significativo sobre la germinación, al contrario que la temperatura, obteniendo los mejores resultados en el rango 15-20 °C. Por otra parte, Cendan *et al.* (2011) encontraron un efecto maternal significativo en el poder germinativo de esta especie.

El método indicado por la ISTA (2011) para la evaluación de la viabilidad de lotes de semillas de *P. pinaster* es la germinación en arena a 20 °C, con un máximo de 16 horas de luz, durante al menos 35 días y, a realizar en un doble test, sobre una muestra de semilla no estratificada y sobre otra muestra estratificada en frío durante 28 días. La Forestry Commission acorta la duración previsible del ensayo a 21 días.

2.2.2. Vegetativa

El pino rodeno se puede propagar de modo vegetativo. Uno de los métodos empleados es a través de micropropagación. Álvarez *et al.* (2009) han publicado un procedimiento exitoso para obtener multiplicación de un modo continuo mediante el uso de brotes axilares y braquiblastos. Sin embargo, el método de propagación más empleado a nivel industrial en coníferas consiste en la obtención de esquejes juveniles a partir de la poda de

Tabla 3. Datos característicos de lotes de semillas de *Pinus pinaster*.

Rendimiento semilla/fruto		Pureza (%)	Facultad germinativa (%)	Nº semillas kg ⁻¹	Referencia
(kg hl ⁻¹)	(% en peso)				
2-3			70-90	18.000-20.000	Cemagref (1982)
	3-5				Gradi (1989)
2,0-2,5	4,0-4,5	95-98	80-85	15.000-20.900-28.600	Catalán (1991)
		99	40-90	16.000	Ribeiro <i>et al.</i> (2001)
				14.895-27.619	García-Fayos (2001)
	3	99	90-96	13.230-14.112	Navarro-Cerrillo y Gálvez (2001)
			70-90	15.000-28.000 (18.000-20.000)	Piotto y Di Noi (2001)
	5		33-79,5-98,8	10.250-16.427-21.416	Louro y Pinto (2011)
	2,2-5,7	93-100	76-97	14 500-22 600	Banc de Llavors Forestals (Anexo II)
1,2-1,85	3,3-5,3	96-99	65-95	13.000-17.000-24.000	CNRGF <i>El Serranillo</i> (Anexo III)
1,2-1,7		97-100	50-95	16.000-21.000	Vivero Central JCyL (Anexo IV)

pies madre procedentes de semillas mejoradas obtenidas en programas de mejora genética (Menzies *et al.*, 1992). La optimización de las técnicas de estaquillado clásicas mediante la gestión intensiva de podas y obtención de miniesquejes supone un adelanto en los sistemas de producción actuales. Esta técnica, denominada miniestaquillado, ha sido aplicada a *P. pinaster* por Majada *et al.* (2010), los cuales han desarrollado un protocolo eficiente de propagación vegetativa, con un amplio rango de escalabilidad.

El injerto es otro método de propagación asexual utilizado en la especie. Las aplicaciones de este método han sido y continúan siendo el establecimiento de huertos semilleros clonales y la creación de colecciones clonales (Gil *et al.*, 1986). El éxito del injerto viene condicionado por el estado de la púa y el patrón, este último tiene que estar en crecimiento activo y la púa debe recogerse al comienzo del periodo vegetativo, por ello suelen mantenerse en cámara hasta el momento ideal de unión entre ambas partes (Palomar *et al.*, 1993). No todos los tipos de injertos sirven para las pináceas, hay dos que son los más empleados, el de hendidura diametral y el lateral o de costado; este último se debe emplear cuando los diámetros de los brotes y el patrón difieran considerablemente. Los injertos necesitan atención y cuidados posteriores. El tutorado es una buena práctica, mientras se suelda el injerto, pero necesita vigilancia para que no constriña el tallo. La misma vigilancia necesita la cinta del injerto, que será retirada antes de que se produzcan estrangulamientos, reemplazándose si la unión no es sólida en ese momento. Es importante, también, cortar periódicamente las ramas del patrón para que no entren

en competencia con el injerto. Las plantas deben trasladarse a su lugar definitivo tras la primera movida de savia una vez sea efectivo el injerto.

3. Producción de plantas

Como se comenta en el capítulo dedicado a *P. halepensis*, la calidad de las plantas, y como consecuencia las exigencias del cultivo de esta especie, cobra mayor importancia a medida que la calidad del sitio a repoblar empeora, es decir, menor precipitación, mayor termicidad o menor profundidad del suelo. Podemos decir que estas condiciones van endureciéndose cuanto más se acentúa la mediterraneidad de nuestros climas. Por esta razón, en el cultivo en vivero de *P. pinaster* en nuestro país podemos distinguir entre la zona atlántica y la zona mediterránea.

En el norte de España se ha utilizado tradicionalmente la planta a raíz desnuda aunque en los últimos años su uso ha decaído, tendiéndose a utilizar, cada vez más, planta en contenedor (Álvarez, 2004). La utilización de planta en contenedor se ha asociado con la falta de estabilidad observada en algunas repoblaciones. En concreto, las causas que se han descrito que pueden contribuir a esta falta de estabilidad son: i) utilización de contenedores con volúmenes o diseños no adecuados, ii) cultivos muy prolongados, iii) defectos en la preparación del suelo y la plantación, iv) limitaciones en las propiedades físicas del suelo en el lugar de plantación (Ocaña *et al.*, 2001).

En la actualidad, en cualquiera de las zonas de distribución de la especie (atlántica, continental y mediterránea) el cultivo se realiza principalmente en contenedor si bien, en regiones como Galicia, aún tiene presencia el cultivo a raíz desnuda. Este, que en tiempos pasados fue el cultivo predominante en cualquier ambiente, empezó a ser sustituido en el mediterráneo por los primeros envases, principalmente las bolsas de plástico, y ha continuado hasta la aparición de los modernos contenedores agrupados en bandejas alveolares. El cultivo en envase aporta diversas ventajas que han favorecido su extensión como son: i) mayor control de las variables de cultivo de la planta, ii) ampliación de la época de plantación, iii) mayor seguridad en el arraigo de la planta, si se tienen las debidas precauciones para lograr una buena conformación del sistema radical. Además, es más fácil de industrializar y la plantación es menos exigente, por lo que se puede realizar con personal menos especializado.

Para la producción de planta a raíz desnuda (Ruano, 2003) deberemos disponer de un vivero en una zona de clima similar o más adverso que el de la zona de repoblación, de manera que permita realizar el trasplante en parada vegetativa con seguridad. Las texturas ideales son las arenosas o francas, con una porosidad repartida a partes similares entre macroporos y microporos, con un porcentaje de materia orgánica comprendido entre el 2,5% y el 5%. El pH del suelo debe estar comprendido entre 5 y 6 y se debe analizar el contenido en nutrientes del mismo para poder calcular correctamente la fertilización. La profundidad del suelo debe ser de 50-60 cm, como mínimo, al objeto de asegurar el drenaje suficiente para evitar encharcamientos, para lo cual también es importante asegurarse de que se rompen las posibles costras o suelas de labor que puedan estar presentes en el terreno. Se debe dar una labor de subsolado cada 2-3 años hasta los 50-60 cm y, anualmente, una labor de arado con vertedera y una o dos labores con rotovátor, con

una profundidad de 30 cm, para permitir el adecuado desarrollo de las raíces. Estas labores de preparación del suelo se aprovecharán para realizar los tratamientos contra malas hierbas, hongos o larvas de insectos, así como las enmiendas que haya que aplicar. La siembra se realiza generalmente al principio de la primavera, en líneas con una separación máxima de 15 cm y a una profundidad de 1-1,5 cm, asegurando un buen contacto con el terreno y evitando que la cubierta forme costras que dificulten la emergencia de la plántula. Se debe regar, en función de las condiciones del terreno, de manera que no se produzcan encharcamientos que puedan provocar asfixias radicales, problemas sanitarios o crecimientos desequilibrados, garantizando que las plantas no tengan limitaciones para su adecuado desarrollo y que el consumo de agua no sea más que el necesario.

En las primeras fases del cultivo se debe asegurar la humedad en los primeros centímetros de suelo y evitar la formación de costras mediante riegos frecuentes. Después se dan riegos a mayor profundidad, más espaciados, de manera que el agua esté a disposición de las raíces sin que se produzcan encharcamientos o lixiviaciones que drenen los nutrientes aportados a las plantas.

Es necesaria la eliminación de las malas hierbas entre caballones con pases de rotovátor o mediante la aplicación de herbicidas. Los fungicidas deben usarse, al igual que en los cultivos en contenedor, de manera sistemática y con carácter preventivo, con periodicidad entre semanal y quincenal según la edad de la planta y las condiciones de humedad, alternando las sustancias activas con el fin de evitar la generación de resistencias en los patógenos. Los abonados se deben realizar en el momento de la preparación de suelo y, si es preciso, completarlos mediante fertirrigación a lo largo del cultivo. Se debe asegurar que la planta llegue al monte con un contenido adecuado de nutrientes. El contenido de nitrógeno adecuado en la materia seca de las plantas debe estar en torno a un 2%, al igual que en la planta en contenedor.

El repicado de las raíces, con pala o cuchilla (más utilizada actualmente por la posibilidad de mecanizarla), es una de las operaciones más importantes para conseguir una planta a raíz desnuda de buena calidad como consecuencia de: i) recortar la raíz principal, que naturalmente tiende a crecer en profundidad más de lo que es aconsejable para una correcta plantación, ii) estimular la generación de raíces secundarias, necesarias para el anclaje y la supervivencia de la planta una vez en el monte, iii) disminuir el crecimiento en altura y aumentar el diámetro del cuello de la raíz de las plantas, endureciendo y mejorando su calidad para la repoblación. Normalmente se realiza con cuchillas, diseñadas de manera que al mismo tiempo que cortan la raíz elevan ligeramente la planta, provocando también el seccionamiento de las raicillas laterales y volviendo a depositar la planta en su lugar. También se pueden utilizar cuchillas verticales que realizan un repicado lateral, complementario del repicado de fondo. Son importantes la profundidad del corte y el tamaño de las plantas en el momento de realizar el repicado, de manera que la raíz mantenga la capacidad funcional de abastecer a la planta de agua y nutrientes. El arranque y embalaje de las plantas son claves para el buen funcionamiento en campo de las mismas. Estas operaciones, junto con el transporte, son muy delicadas y deben ser vigiladas dado que el esfuerzo técnico y económico de la producción puede perderse de no ser llevadas a término en condiciones adecuadas. En el momento del arranque o alzado la planta debe estar en reposo vegetativo y debe realizarse de manera que la planta no

sufra desgarros, ni en el sistema radical ni en el aéreo. Se realiza con rastrillos o cuchillas extractoras, que pueden ser similares a las de repicar, pero diseñadas o colocadas en una posición que provoca un mayor movimiento de la tierra, de manera que esta se suelte y se ahueque para facilitar la extracción de la planta. La planta debe seleccionarse con la máxima rapidez y cuidado posible y embalsarse en cajas de cartón, madera o bolsas de plástico opacas, de manera que se permita la respiración de las plantas pero se evite la desecación e iluminación que perjudicaría tanto a las raíces como a las micorrizas. En caso de precisarse almacenamiento, este debe hacerse en cámara a menos de 4 °C. El transporte debe hacerse rápido evitando movimientos bruscos para mantener la estabilidad de la carga. En cualquier caso, la calidad de la planta se mantendrá mejor cuanto menor sea el tiempo entre el arranque y la plantación. En el campo, la planta debe almacenarse en lugares protegidos con posibilidad de suministro de agua para refrescarlas y remojarlas antes de la plantación y, si fuera preciso, mantenerlas algún tiempo. Para ello, se abrirán zanjas donde se puedan introducir hasta su utilización (aviveramiento).

Pinus pinaster se cultiva perfectamente en una savia, tanto si es a raíz desnuda como en contenedor. A raíz desnuda, el período de cultivo es de unas 30 semanas, mientras en contenedor la planta puede ser llevada al campo, especialmente en el medio atlántico, a partir de las 16 semanas si el cultivo se programa con las condiciones de fertirrigación adecuadas. Esta especie crece en su parte aérea más en primavera y en su parte radical más en otoño, por lo que el uso de la planta a raíz desnuda, que siempre supone una mutilación del sistema radical, es más apropiado en otoño, de manera que el sistema radical tenga tiempo de regenerarse de cara a la demanda del crecimiento de primavera de la parte aérea. Las repoblaciones de primavera es preferible realizarlas con planta en contenedor.

Cuando en los años 80 y 90 se comenzaron a usar masivamente los contenedores en bandejas alveolares, uno de los factores que se consideraba de mayor importancia era el volumen de los mismos, como consecuencia de su mayor uso en el ámbito mediterráneo, donde esta variable puede tener más trascendencia. Las especificaciones de cada contenedor eran más o menos limitantes dependiendo de las condiciones ecológicas a las que iban destinados los materiales de reproducción. Por ejemplo, en estudios realizados en el ámbito atlántico se observó que los contenedores con menores problemas de estabilidad tenían un volumen intermedio (200 cm³) (Ocaña *et al.*, 2004), mientras que en las zonas mediterráneas el volumen mínimo del contenedor era de 300 cm³, debido a los problemas generados por el uso de contenedores de pequeño tamaño (crecimiento limitado, ahilamiento, clorosis de las acículas, pérdida de la guía terminal, sistemas radicales débiles, etc.). Una inadecuada elección del contenedor podría provocar un desequilibrio entre la altura y el diámetro de la planta. Por ello, en estas zonas, se establecen recomendaciones de densidades máximas de siembra de 400 plantas m⁻² (Peñuelas y Ocaña, 1996). Actualmente, se da más importancia a otras variables como la fertilización, de manera que lo importante es obtener una planta de buen tamaño y bien nutrida, teniendo menos importancia el volumen del cepellón. Sigue teniendo importancia, no obstante, que el contenedor tenga un volumen y una densidad de cultivo adecuadas para conseguir un desarrollo equilibrado de la planta e impedir las deformaciones de las raíces (Marcelli, 1989), factor de especial importancia en esta especie.

En ambientes atlánticos, el factor que más importa, respecto al comportamiento de la planta, es la estabilidad en campo. La mayoría de las marras en la cornisa cantábrica se producen por vuelcos de la planta o por ataques de hongos, como consecuencia del mal comportamiento de los sistemas radicales cultivados en contenedores de pequeño tamaño, a veces durante dos o más savias, o a la mala planificación de las repoblaciones. Con estas premisas se han ensayado contenedores de diferentes tamaños y formas, tiempos de cultivo, envases con las paredes interiores impregnadas con sales de cobre (repicado químico) o contenedores que permiten el repicado aéreo lateral de las raíces (Krasowski, 2003; Cabal *et al.*, 2005). Los factores de mayor influencia en la rectitud de las plantas son las dimensiones de la boca del contenedor, la altura y el volumen (Lario *et al.*, 2005). La posibilidad de cultivar en contenedores rejillados y de realizar cultivos muy cortos en el tiempo, permite utilizar contenedores de tamaño reducido, incluso de 110 cm³, con densidades de hasta 500 plantas m⁻². Pero si el cultivo se alarga, es necesario cultivar en densidades más bajas, idealmente no superiores a 300-400 plantas m⁻² y volúmenes entre 200 y 300 cm³. Con contenedores de estas características se podrá conseguir que las raíces alcancen un grosor y una conformación que evite los posteriores reviramientos y el crecimiento desordenado de raíces en el espacio del contenedor (moños).

En repoblaciones en ambientes mediterráneos, las marras se producen por la agresividad del clima. En este medio lo importante es conseguir plantas grandes, bien nutridas y endurecidas, de manera que se produzca un rápido crecimiento de las raíces que permita el abastecimiento hídrico de la planta. Las labores son, por lo general, más profundas en la repoblación y las plantas crecen más lentamente, por lo que los problemas de estabilidad son mucho menores. Las condiciones del clima dificultan el uso de contenedores de paredes abiertas (rejillados). Estudios comparativos de contenedores empleados para producir pino gallego se describen en Lario *et al.* (2005) y Cabal *et al.* (2005). Aunque se han probado numerosos sustratos de cultivo para estas especies, al final han prevalecido los compuestos a base de turba rubia o fibra de coco, generalmente con mezcla de vermiculita, dada la propiedad de este material de compensar la hidrofobia de la turba si se seca en exceso. Las cortezas de pino están actualmente en desuso debido, principalmente, a problemas sanitarios, ya que pueden ser una posible fuente de contaminación de *Fusarium circinatum*. Esta especie es sensible a la compactación del sustrato por lo que no deben emplearse mezclas con baja aireación. También se han evaluado como sustratos productos obtenidos mediante el compostaje de residuos sólidos urbanos o vermicompost (Lazcano *et al.*, 2008; Mañas *et al.*, 2009). Como en otras especies forestales es necesario que el pH del sustrato se mantenga en niveles relativamente bajos (preferentemente entre 4 y 5,5) para evitar la proliferación de hongos y una adecuada nutrición de las plantas. Además, la porosidad debe ser alta tanto de macroporos, para permitir el crecimiento de las raíces, como de microporos para permitir la adecuada hidratación. Esta especie no tiene exigencias especiales en cuanto a las condiciones ambientales para su cultivo en contenedor. En el momento de la siembra y germinación siempre se deben evitar las temperaturas extremas o, en su defecto, se debe disponer de un ambiente protegido para eludir las heladas. También es conveniente evitar temperaturas demasiado altas, un exceso de riego o de nutrición nitrogenada, que pueden provocar desecaciones de las jóvenes plántulas o hacerlas más vulnerables al *damping-off*. Una de las cuestiones que siempre se suelen plantear es el endurecimiento de las plantas antes de su salida del vivero

que se consigue bien mediante la restricción del riego para someter a la planta a un estrés hídrico moderado o por la exposición al frío. En este sentido, se debe tener en cuenta que las plantas en contenedor son más sensibles al frío que las plantas a raíz desnuda, ya que sus raíces están mucho más expuestas. En las estaciones en las que las heladas sean fuertes durante el invierno deben protegerse los sistemas radicales para evitar que lleguen a congelarse los cepellones, por tanto, la sincronización entre la fecha de siembra, las condiciones de manejo y la fecha de plantación es muy importante (Navarro *et al.*, 2006). En este contexto, la fertilización es, junto con el manejo del riego, una de las variables culturales con mayor influencia en la calidad de la planta producida en contenedor, especialmente si el proceso de producción se realiza en régimen intensivo y en cortos intervalos de tiempo. Las necesidades nutricionales también dependerán del origen del material forestal de reproducción, con mayores requerimientos para el material mejorado. En el caso de utilizar semillas calibradas, las que poseen menor tamaño pueden requerir mayor dosis de nutrientes (Ocaña *et al.*, 1997). Para producir esta especie podemos encontrar en los viveros nacionales diversas estrategias de manejo de la fertilización: i) fertilización de fondo en el sustrato, ii) fertilización constante (aplicación cada vez que se riega el cultivo), iii) fertilización periódica (aplicación con una cadencia de aplicación que no coincide con todos los riegos, sino con un calendario prefijado) y iv) fertilización exponencial (se comienza con una tasa de fertilización que se aumenta progresivamente conforme las plantas van creciendo). La fertilización exponencial es una práctica de reciente aplicación en los viveros forestales, aún escasa en España, y supone una mejora importante del control del proceso de producción. Se caracteriza principalmente porque induce unas condiciones nutritivas constantemente adaptadas a las necesidades de las plantas permitiendo, así, una estabilidad relativa de las concentraciones internas de los nutrientes durante todo el crecimiento (Ingestad y Lund, 1986), lo cual redundará en un mejor rendimiento tanto en el vivero como en las repoblaciones. Además, estos beneficios de la fertilización exponencial se incrementan al empeorar la calidad del sitio de plantación (Timmer, 1996). En la fertilización exponencial los fertilizantes se aplican, generalmente, una vez por semana para poder efectuar medidas correctoras si fuera preciso y garantizar un mejor control de la curva de crecimiento del modelo a seguir. Los cálculos para la aplicación semanal se basan en las dosis de nitrógeno, de acuerdo con la función exponencial de Ingestad y Lund (1986):

$$N_T = N_S (e^{rt} - 1),$$

Donde, r es la tasa de aplicación relativa de nitrógeno (por ejemplo, 5,74% día⁻¹ ó 7,65% día⁻¹, para dos modelos de crecimiento distintos) requerida para incrementar el nivel de nitrógeno inicial disponible en la plántula (N_S) hasta un nivel $N_T + N_S$, donde N_T es la cantidad que se desea aportar a la planta y t el número de fertilizaciones. La fertilización exponencial se utiliza en la actualidad para producir pino gallego en zonas de climatología atlántica, donde se ajusta el régimen nutricional, la duración del cultivo para una misma fecha de siembra y la época de salida de la planta a campo (Frayse y Crémère, 1994 y 1998). Empleando estas herramientas de gestión es posible establecer unos estándares nutricionales objetivo que deben cumplir todas las plantas producidas (Duryea y Brown, 1984), cuyos niveles de referencia para la concentración óptima de nitrógeno, en acícula de pino gallego debe ser superior a 1,1-1,2 %. Es importante tener en cuenta que, para una plántula o brinzal de un mismo tamaño, incrementar la concentración de nutrientes

almacenados favorece la traslocación hacia los nuevos tallos en formación en el momento de su establecimiento en monte. Ensayos llevados a cabo en la provincia de Ourense (datos no publicados), han demostrado que concentraciones de N en materia seca hasta el entorno del 4% siguen mejorando el crecimiento de las plantas en campo. Estos niveles se han alcanzado con una aportación de 140 mg de N por planta, en un cultivo de 33 semanas de duración. En cambio, en zona mediterránea, no se recomienda superar el 2% de N en materia seca, ya que puede acentuar la sensibilidad a la sequía.

Existe un volumen considerable de información acerca del efecto que los hongos ectomicorrícicos tienen sobre numerosas plantas huésped, disponiendo estos de una amplia diversidad estructural y funcional. Un programa de inoculación controlada requiere hongos micorrícicos que funcionen correctamente en el ambiente de crecimiento de las plantas, tanto en el vivero, como en la plantación. Por ello, además de seleccionar los hongos por su aptitud para mejorar la calidad de las plantas producidas, es preciso evaluar el efecto que la gestión del cultivo en vivero tiene sobre el proceso de micorrización, con el objetivo de definir prácticas culturales que garanticen el establecimiento de la relación simbiótica, y en consecuencia, se manifiesten los beneficios de dicha relación. La utilización de planta micorrizada puede jugar un importante papel en la reforestación de otras zonas fuertemente alteradas, como por ejemplo zonas afectadas por incendios forestales en las que la regeneración natural es muy baja o nula. En esta línea, en el sudeste español, en la Sierra de Alcaraz, de las Heras *et al.* (2002) establecieron parcelas experimentales para la recuperación de zonas quemadas utilizando *P. pinaster* micorrizado en vivero (González-Ochoa *et al.*, 2003). Respecto a la supervivencia de las plantas en dichas repoblaciones, la micorrización con hongos ectomicorrícicos pertenecientes a los géneros *Lactarius* y *Suillus* (*Lactarius deliciosus*, *L. sanguifluus*, *Suillus collinitus*, *S. mediterraneus*) incrementó la supervivencia media de los plantones. En el norte peninsular (Galicia, País Vasco y Cataluña), el grupo de Pera y Parladé (2005), recopilaron resultados obtenidos en plantaciones experimentales establecidas con plantas de *Pseudotsuga menziesii*, *Pinus pinaster* y *P. pinea*, cultivadas en vivero tanto a raíz desnuda como en contenedor, y micorrizadas con distintas especies fúngicas (*Laccaria bicolor*, *L. laccata*, *Melanogaster ambiguus*, *Pisolithus tinctorius*, *Rhizopogon colossus*, *R. luteolus*, *R. roseolus*, *R. subareolatus*, o *Scleroderma verrucosum*). Estos ensayos, realizados tanto en suelos típicamente forestales como en suelos agrícolas abandonados del norte de España, mostraron que el crecimiento de los plantones trasplantados se podía mejorar mediante una micorrización controlada en vivero. En condiciones edáficas limitantes, las diferencias de crecimiento son significativamente superiores respecto a las observadas en plantas no micorrizadas. En la Figura 4 se observa el crecimiento de las plantas micorrizadas con cuatro especies fúngicas (*Pisolithus arhizus*, *Suillus luteus*, *Lactarius deliciosus* y *L. quieticolor*) tras dos años en campo. El tratamiento de inoculación que menor efecto tiene sobre el crecimiento obtiene una media de crecimiento de casi el doble de la media de las del grupo control (Alonso-Graña, 2010).

Para definir la calidad de las plantas se utilizan parámetros morfológicos y fisiológicos. Entre estos últimos, el que más se emplea actualmente es la concentración de N en la materia seca de las plantas. Como ya se ha dicho, este parámetro debe tener un valor mínimo de 1,1-1,2% y los resultados de las plantas mejoran hasta valores ligeramente superiores a 2% en regiones mediterráneas y hasta 4% en regiones de clima atlántico,

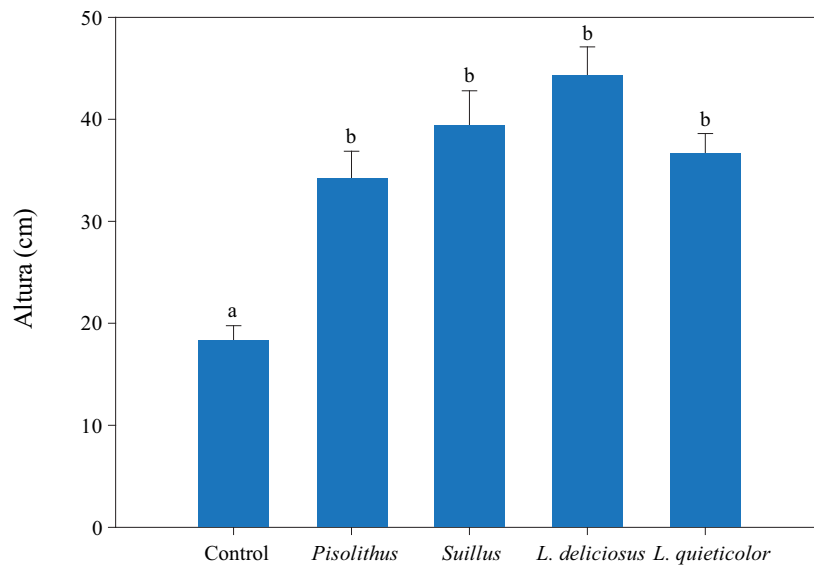


Figura 4. Altura media en centímetros de las plantas de *Pinus pinaster* tras dos años de establecimiento en campo en función del tratamiento de inoculación.



Figuras 5 a y b. Plantas de *Pinus pinaster* de una savia (izquierda) y dos savias (derecha) cultivadas en alveolo de 300 cm³ (Fotos: CNRGE El Serranillo).

sin sequías ni fríos. Los parámetros morfológicos mínimos exigidos son los que se contemplan en la legislación (RD. 289/2003 del Estado y el D. 220/2007 de la Xunta de Galicia). La primera de estas normas, establece edades y dimensiones mínimas y máximas para la especie, así como el tamaño mínimo de los contenedores en caso de que se utilicen. La normativa de la Xunta de Galicia se acoge a lo establecido en esta norma, con dos salvedades: i) no se limitan las alturas máximas, sino que se admiten las plantas cuya esbeltez no sea superior a la que corresponde a las dimensiones establecidas en la norma estatal y el equilibrio entre parte aérea y radical no esté afectado y ii) se permiten contenedores de menor tamaño, siempre que sean rejillados y cumplan unas condiciones de diseño. Al margen de lo dispuesto en las normas, se han propuesto por Rodríguez *et al.* (1997) otros rangos para los atributos morfológicos que deben cumplir las plantas de calidad de esta especie (Tabla 4).

Tabla 4. Valores de atributos morfológicos de plantas de *Pinus pinaster* (Rodríguez *et al.*, 1997).

Tipo de cultivo	Edad	Altura mínima (cm)	Altura máxima (cm)	Diámetro mínimo del cuello de la raíz (mm)
Raíz desnuda	1	14	25	3
	2	20	35	4
Envase	1	12	18	2
	2	15	25	4

4. Uso en repoblaciones y restauraciones

Pinus pinaster es una especie de amplia distribución en España y muy utilizada en repoblaciones forestales, pudiéndose distinguir en este sentido la zona atlántica de la zona continental y mediterránea. Mientras en esta última zona la utilización ha ido decayendo en los últimos tiempos, aún siendo todavía considerable, en la zona atlántica se ha mantenido como una de las principales especies utilizadas, teniendo en cuenta que, junto con *P. radiata*, es la conífera más importante para la obtención de madera en la cornisa cantábrica y, por extensión, en España.

El pino rodeno ha tenido un gran protagonismo en las repoblaciones forestales españolas, desde su origen a finales del siglo XIX hasta la nueva etapa definida por el inicio de las forestaciones en tierras agrarias en 1993. Incluso fue una de las especies empleadas por agricultores de Castilla que, al emigrar y abandonar sus campos, realizaban siembras de esta especie y de pino piñonero. En Galicia, las repoblaciones tuvieron carácter productor y se impulsaron en el primer tercio del siglo XX por las Diputaciones Provinciales. En el resto de la Península, según comarcas, las repoblaciones tuvieron como objetivo preferente la protección hidrológica y la producción, maderable o resinera, todas ellas con impulso de la Administración central. En estas repoblaciones fue muy frecuente la siembra directa (Serrada, 2000). La superficie repoblada con esta especie en nuestro país supera las 900.000 ha siendo, con diferencia, la especie más empleada. Pocas son las provincias peninsulares donde no se ha repoblado con *Pinus pinaster*, aunque es, sobre todo, en la parte occidental y central de la península donde se empleó con más frecuencia. En este sentido, merecen destacarse por la extensión que ocupan estas repoblaciones,

además de las provincias gallegas, las provincias de Oviedo, Zamora, Salamanca, Toledo, Ciudad Real, Cáceres, Badajoz, Córdoba, Granada, Jaén y Soria.

En la actualidad, la utilización de esta especie en el noroeste peninsular ha pasado de 4,11 millones de plantas en la campaña 1996/97 (15,4% del total de repoblaciones) a 11,12 millones en la campaña 1998/99 (29,1% del total de repoblaciones efectuadas). En las campañas 1999/00 y 2000/01 las ventas descendieron a 10,5 y 9,5 millones de unidades, respectivamente, pero su importancia relativa aumentó de manera que superaron el 30% del total de las plantas vendidas en Galicia (Álvarez *et al.*, 2001). En Castilla y León, el empleo del pino rodeno en repoblaciones efectuadas a través del programa regional de forestación de tierras agrarias ha sido muy importante, aunque no es la especie más utilizada. Así, en el balance final del ejercicio de 1993 era la sexta especie (de un total de 52 especies empleadas en el programa), con 506.638 plantas; en el siguiente ejercicio (1994) pasó al cuarto lugar, con 4.138.431 plantas. Actualmente, en las últimas campañas se producen unas 2.900.000 plantas, de las cuales el 67% procede de viveros de la Administración. En Asturias, a través del estudio de los tres viveros de mayor producción, se ha estimado que en los años que van de 1996 a 2002 el uso medio anual de esta especie es próximo a 800.000 plantas, siendo superada ampliamente por *Eucalyptus globulus* y *Pinus radiata*. Esta circunstancia se refleja asimismo en las cifras del subprograma de repoblación con especies introducidas del Plan Forestal Asturiano, en el que el pino rodeno ocupó la tercera posición, detrás de las especies comentadas (Principado de Asturias, 2003).

5. Planificación de la repoblación

En la gestión de los montes de esta especie se ha recurrido, a menudo, a la regeneración artificial, normalmente por plantación, a pesar de la buena aptitud que presenta para el regenerado natural por semilla. Con la plantación se ha buscado asegurar el monte coetáneo y una densidad homogénea, que permitiera mecanizar los desbroces y dilatar la realización de los clareos. No obstante, la siembra directa es una opción posible, si bien su empleo estaría reservado a las estaciones óptimas, con suelos sueltos y poco pedregosos, precipitaciones bien distribuidas, con lluvias invernales y primaverales adecuadas, para asegurar la germinación y el desarrollo del brinzal antes del verano, y escasa sequía estival (Ramos, 1981; de la Cruz Sevilla *et al.*, 1989). Sin embargo, su uso en la actualidad está muy limitado, en parte debido a la gran cantidad de semilla necesaria y al coste que ello implica en la actualidad. Para la siembra directa se aplicarán gradeos que eliminen la vegetación herbácea y desmenucen la tierra para un buen contacto con la semilla. Si existe matorral, deberá ser eliminado previamente por roza o quema. La siembra se puede hacer en fajas y también a hecho, si bien las siembras en lleno no son aconsejables. La preparación del suelo no exige una profundidad de la labor superior a 20-30 cm. La aplicación de labores profundas mediante subsolado puede resultar desaconsejable, pues, al empobrecer de tierra fina y fértil el horizonte superior, dificultan la nascencia y rebajan el nivel de humedad del suelo, dificultando el asentamiento del brinzal de cara a la sequía estival. El reparto de la semilla se hace a voleo sobre la zona preparada, seguido del tapado con rastra o con la grada. La estratificación de la semilla, previamente a la siembra, favorecerá una rápida nascencia, pero requiere que haya tempero en el suelo. Con semilla

no humedecida la siembra puede hacerse en seco, pero sin adelantarse excesivamente a la llegada del tempero, pues la simiente quedaría más tiempo expuesta a la voracidad de aves y roedores. Los intentos en zonas de climas secos de prolongar la humedad del suelo, algo vital para asegurar el éxito, cubriendo las siembras con vegetación inerte no han resultado satisfactorios (de la Cruz Sevilla *et al.*, 1989). La época de siembra dependerá de las temperaturas invernales y de primavera y de la capacidad de retención de agua del suelo, valorándose, de manera particular, la posibilidad de encharcamiento. La cantidad de semilla a emplear variará, según la siembra sea por fajas o total, oscilando la dosis entre 5 y 15 kg ha⁻¹ (Catalán, 1991). En las Landas, se siembra en líneas separadas 4 m, usando sembradoras y aplicando de 2 a 3 kg de semilla ha⁻¹. Dado el problema que supone la depredación, diversas experiencias han buscado un repelente eficaz, pero que no resulte perjudicial para la semilla y sea seguro medioambientalmente. A tal respecto, algunos productos químicos, como Tiram (80% p/p) y Metiocarb (80% p/p), tienen un marcado efecto repelente, pero no han resultado una garantía completa en condiciones de alta presencia de fauna depredadora (Peñuelas *et al.*, 2002). Estos autores apuntan a la capsaicina como posible producto alternativo. La siembra directa se ha aplicado también en dunas y arenales, sin preparación previa del terreno o con un gradeo muy somero; en superficies incendiadas de poca pendiente, previo gradeo o escarificación por fajas y en cortas a hecho de pinares de llanura, a veces como complemento de una plantación de baja densidad, realizando un subsolado lineal previo en curva de nivel y un gradeo en fajas sobre el subsolado (Serrada, 2000).

En estaciones muy favorables, una vez efectuado el desbroce, se procede a la preparación del suelo que puede consistir en un ahoyado, que a su vez sirve para facilitar la plantación. Se recomienda que los hoyos posean unas dimensiones mínimas de 40x40x40 cm. Para superar defectos de las propiedades físicas del perfil a repoblar, especialmente la impermeabilidad a la que es sensible esta especie, la preparación del suelo será mecanizada. Se puede llevar a cabo mediante subsolado, empleando un ripper enganchado a un bulldozer, que profundice unos 50 ó 60 cm. El subsolado se hará en curvas de nivel, con separación entre surcos marcada por la densidad inicial de plantación, con tractores convencionales hasta un 30% de pendiente y con equipos especiales (TTAE) para pendientes superiores. En pendientes escasas se puede realizar un doble subsolado para adecuar el suelo a la futura plantación. El subsolado queda descartado cuando la pedregosidad interna del perfil favorece la aparición de grandes bloques en superficie o se dificulta el avance continuo del subsolador, también cuando la pedregosidad superficial dificulta el avance de las ruedas o cadenas del tractor. El ahoyado mecanizado es otra forma de llevar a cabo la preparación del suelo para la repoblación cuando el subsolado ha quedado descartado. Se emplea una retroexcavadora o retroaraña, dependiendo de la pendiente. El apero adecuado para esta tarea consiste en un cazo con dos uñas, sin cuchara, para remover el terreno sin compactar el fondo del hoyo (Rodríguez *et al.*, 2007). La época de plantación más adecuada para planta a raíz desnuda es de noviembre a marzo y si se usa planta en contenedor la temporada se alarga ostensiblemente, aunque deben evitarse los meses centrales del verano (Rodríguez *et al.*, 1997).

Las densidades iniciales, para repoblaciones productoras de madera, varían desde los 1.000 pies ha⁻¹ hasta los 1.660 pies ha⁻¹. Los marcos cuadrangulares son de 2,5 x 2,5 m a 3,0 x 3,0 m y los rectangulares varían desde 3,0 x 2,10 m a 3,25 x 2,75 m. En el caso de

terrenos que presenten dificultades de ejecución debido a la orografía se pueden variar los marcos y plantar en curvas nivel para llevar a cabo la plantación de un modo más sencillo. Si se opta por elevadas densidades de plantación, 1.600 plantas ha⁻¹, se ha de realizar una primera clara, sin que tenga valor comercial, a los 8 ó 10 años para reducir la competencia entre los árboles. Si se opta por densidades bajas, generalmente aplicables cuando se emplea material mejorado genéticamente, 1.000-1.350 plantas ha⁻¹, se ha de tener especial cuidado en que no se produzcan marras o si estas se producen, en realizar una reposición de las mismas para mantener la densidad. Asimismo, deberá planificarse una poda temprana que evite la tendencia, en las masas más abiertas, a un mayor diámetro de los verticilos formados. Los progresos en mejora genética han abierto la posibilidad de abordar plantaciones a muy baja densidad. En este caso, se está evaluando con distintas especies el interés de establecer densidades de cultivo a un marco definitivo, por ejemplo, de 4 x 4 m (625 pies ha⁻¹), aunque estas estrategias precisan una silvicultura muy intensiva y no es aconsejable de modo general (Rodríguez *et al.*, 1997). Las repoblaciones con objetivo preferente productor de resina quedaron descartadas hacia 1980 tras la crisis del sector, aunque el interés por este producto se ha retomado recientemente por la demanda de derivados de las resinas, como la colofonia. La densidad inicial más razonable, en este caso, era de 600 a 800 pies ha⁻¹. Las densidades iniciales para masas cuya función preferente sea la protección hidrológica oscilan, dependiendo del ámbito geográfico, entre los 1.660 pies ha⁻¹ del Cantábrico y los 2.000-2.500 pies ha⁻¹ en el Mediterráneo,



Figuras 6 a, b, c y d. Repoblaciones de *Pinus pinaster* recientes y antiguas (de izquierda a derecha y de arriba a abajo): masas con fin de producción en Galicia (Fotos: L. Rodríguez y L. Ocaña); masas protectoras en Guadalajara, la de edad adulta, de unos 100 años (Fotos: R. Serrada).

donde además se suele mezclar con plantas del género *Quercus*, que sean más adecuadas a la estación y en densidades del orden de 400 a 700 pies ha⁻¹.

La fertilización o abonado es una cuestión a tener en cuenta para mejorar el desarrollo durante los primeros años y así contribuir a una mejor situación del pino frente al matorral competidor. Suele ser aconsejable en terrenos de media o mala calidad, como los dominados por brezal. Se debe realizar en primavera antes de que pasen dos meses desde la plantación. Habitualmente se emplea un abono compuesto de nitrógeno, fósforo y potasio (8-24-16). Éste se debe administrar de un modo puntual en cada planta, empleando unos 50 ó 75 g por unidad.

Durante el tercer, cuarto y quinto año, la repoblación necesitará de cuidados culturales dependiendo del crecimiento de los pinos y de la agresividad del matorral competidor, requiriendo de tratamientos que reduzcan la competencia, en función del tipo de vegetación y de su vigor (Rodríguez *et al.*, 1997). Cuando *P. pinaster* se planta en zonas agrícolas, la vegetación herbácea es la que ejercerá una competencia intensa sobre las plantas. En este caso, lo adecuado es el uso de herbicidas. Por ejemplo, con planta de más de dos años y no brotada puede aplicarse glifosato, en dosis de 3 l ha⁻¹, siempre evitando la pulverización directa sobre la planta y el efecto deriva del viento o de boquillas en mal estado.

Hacia los diez años se realizará un clareo y, en esa edad, la densidad del pinar deberá estar entre 1.000 y 1.400 pies ha⁻¹. Estos pueden realizarse de forma sistemática, siguiendo filas, o de forma selectiva escogiendo los de peor porte aunque las operaciones sean más caras o, incluso, como una combinación de ambos métodos. Una descripción más detallada se puede encontrar en Rodríguez *et al.* (2007). La no realización de estos trabajos puede llevar a la plantación a presentar problemas de estabilidad por viento, mermando además el valor de los productos maderables por la menor producción de madera libre de nudos.

La reposición de marras es una tarea obligatoria el primer año y dependiendo del porcentaje que alcance en esta primera ocasión ha de plantearse una nueva revisión al año siguiente.

6. Bibliografía

- ALÍA R., MARTÍN S., 2009. Guía técnica para la conservación genética y utilización del pino negral (*Pinus pinaster*). Foresta. Madrid.
- ALÍA R., MARTÍN S., DE MIGUEL J., GALERA R., AGÚNDEZ D., GORDO J., SALVADOR L., CATALÁN G., GIL L., 1996. Las Regiones de Procedencia de *Pinus pinaster* Aiton. Organismo Autónomo Parques Nacionales Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- ALÍA R., GARCÍA DEL BARRIO J.M., IGLESIAS S., MANCHA J.A., DE MIGUEL J., NICOLÁS J.L., PÉREZ MARTÍN F., SÁNCHEZ RON D., 2009. Regiones de procedencia de especies forestales en España. Organismo Autónomo Parques Nacionales, Madrid. pp. 177-184.
- ALLUÉ-ANDRADE J.L., 1990. Atlas fitoclimático de España: Taxonomías. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación-INIA, Madrid.
- ALONSO-GRAÑA M., 2010. Ectomicorrización inducida en vivero sobre *Pinus pinaster* Aiton. y *Betula pubescens* Ehrh.: especies fúngicas y métodos de inoculación. Proyecto fin de Carrera, Escuela Politécnica de Mieres, Ingeniería Técnica Forestal, Universidad de Oviedo.

- ÁLVAREZ P., 2004. Viveros forestales y uso de planta en repoblación en Galicia. Tesis Doctoral. Escuela Politécnica Superior de Lugo. Universidad de Santiago de Compostela.
- ÁLVAREZ P., ROSA E., VEGA P., VEGA G., RODRÍGUEZ R., 2001. Viveros forestales y uso de planta forestal en repoblaciones en Galicia. En: Actas del III Congreso Forestal Español. Mesa 3. (Junta de Andalucía, ed.). Granada. pp. 232-238. Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- ÁLVAREZ J.M., MAJADA J., ORDÁS R.J., 2009. Micropropagation from *Pinus pinaster* Ait. cotyledons. *Forestry* 82(2), 175-184.
- BARNER H., 1975. Identification of sources for proc con un máximo de 16 horas de luz urement of reproductive materials. En: Report on FAG/DANIDA. Training course on forest seed collection and handling, Vol. 2. FAO of the United Nations, Rome, Italy. pp. 42-64.
- BRADBEER J.W., 1988. Seed dormancy and germination. Chapman and Hall. New York, USA.
- BUTCHER T.B., 2007. Achievements in forest tree genetic improvement in Australia and New Zealand 7: Maritime pine and Brutian pine tree improvement programs in Western Australia. *Aust. For. J.* 70(3), 141-151.
- CABAL A., KIDELMAN A., ORTEGA U., DUÑABEITIA M., MAJADA J., 2005. Influencia de la poda química en la biomasa y desarrollo radical de *Pinus pinaster* Ait. y *Pinus radiata* D. Don. *Invest. Agrar.: Sist. Recur. For.* 14(1), 52-63.
- CALVO L., SANTALLA S., VALBUENA L., MARCOS E., TARREGA R., LUIS-CALABUIG E., 2008. Post-fire natural regeneration of a *Pinus pinaster* forest in NW Spain. *Plant Ecol.* 197, 81-90.
- CARVALHO A., SANTOS J., VAZ A., 2002. A silvicultura do pinheiro bravo. Centro PINUS.
- CATALÁN G., 1991. Semillas de árboles y arbustos forestales. Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid. pp. 275-294.
- CEBALLOS L., RUIZ DE LA TORRE J., 1979. Árboles y arbustos. Fundación del Conde del Valle de Salazar. Madrid.
- CEMAGREF (Centre National du Maquinisme Agricole du Genie Rural des Eaux et des Forets), 1982. Les Semences Forestières. Note Technique 48.
- CENDÁN C., SAMPEDRO L., ZAS R., 2011. The maternal environment determines the timing of germination in *Pinus pinaster*. *Environ. Exp. Bot.* Doi:10.1016/j.envexpbot.2011.11.022.
- DE LA CRUZ SEVILLA A.L., MEDRANO RIVAS J.M., NICOLÁS ZABALA J.M., 1989. Siembra. En: Técnicas de forestación en países mediterráneos. (Molina J.L., Navarro M., Montero de Burgos J.L., Herranz J.L., coords.) Instituto para la Conservación de la Naturaleza, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid. pp. 61-63.
- DE LAS HERAS J., GONZÁLEZ-OCHOA A.I., TORRES P., 2002. Afforestation of burnt forests using mycorrhized *Pinus halepensis* and *Pinus pinaster* saplings. En: Fire and Biological Processes. (Trabaud L., Prodon R., eds.). Backhuy Publishers, Leiden, The Netherlands. pp. 255-263.
- DESTREMAU D.X., ALAZARD P., CHAPERON H., 1982. Monographie génétique de *Pinus pinaster*. *Ann. For. Zagreb* 9-4, 125-250.
- DURYEA M.L., BROWN G.N. (eds.), 1984. Seedling physiology and reforestation success. Martinus Nijhoff. Dr W. Junk Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
- FRAYSSE J.Y., CREMIERE L., 1994. Production of *Pinus pinaster* container grown plants in France: the necessity of defining culture standards. IUFRO Sault- Ste-Marie, Ontario, Canada, September 11-15.
- FRAYSSE J.Y., CREMIERE L., 1998. Nursery factors influencing containerized *Pinus pinaster* seedlings' initial growth. *Silva Fenn.* 32(3), 261-270.
- GANDULLO J.M., SÁNCHEZ PALOMARES O., 1994. Estaciones ecológicas de los pinares españoles. Colección Técnica. Instituto para la Conservación de la Naturaleza, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid.

- GARCÍA-FAYOS P. (coord.), 2001. Bases ecológicas para la recolección, almacenamiento y germinación de semillas de especies de uso forestal de la Comunidad Valenciana. Banc de Llavors Forestals (Conselleria de Medi Ambient, Generalitat Valenciana), Valencia.
- GIL L., PÉREZ V., PALOMAR J., 1986. El injerto en los pinos. Hojas Divulgadores del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Núm. 20/86 HD. Madrid.
- GONZÁLEZ-OCHOA A.I., DE LAS HERAS J., TORRES P., SÁNCHEZ-GÓMEZ E., 2003. Mycorrhization of *Pinus halepensis* Mill. and *Pinus pinaster* Aiton seedlings in two commercial nurseries. Ann. For. Sci. 60, 43-48.
- GONZÁLEZ-MARTÍNEZ S.C., MARIETTE S., RIBEIRO M.M., BURBAN C., RAFFIN A., CHAMBEL M.R., RIBEIRO C.A.M., AGUIAR A., PLOMION C., ALÍA R., GIL L., VENDRAMIN G.G., KREMER A., 2004. Genetic resources in maritime pine (*Pinus pinaster* Aiton): molecular and quantitative measures of genetic variation and differentiation among maternal lineages. For. Ecol. Manage. 197, 103-115.
- GORDO J., MUTKE S., GIL L., 1997. Selección de masas y rodales selectos de *Pinus pinaster* Ait. y *Pinus pinea* L en Castilla y León. Cuad. Soc. Esp. Cienc. For. 5, 151-156.
- GRADIA A., 1989. Vivaistica Forestale. Edagricole, Bologna.
- INGESTAD T., LUND A.B., 1986. Theory and techniques for steady-state mineral nutrition and growth of plants. Scan. J. For. Res. 1, 439-453.
- ISTA (International Seed Testing Association), 2011. International rules for seed testing. Edition 2011. ISTA, Bassersdorf, Switzerland.
- KRASOWSKI M.J., 2003. Root system modifications by nursery culture reflect on postplanting growth and development of coniferous seedlings. For. Chron. 79(5), 882-891.
- LARIO F.J., OCAÑA L., RODRÍGUEZ J.R., GÓMEZ J.A., 2005. Calidad de forma del fuste de *Pinus pinaster* Aiton en clima atlántico. Modelos radiculares de brinzales producidos en vivero según el sistema de cultivo. Primer paso para la predicción de calidad mecánica y de forma. En: Actas del IV Congreso Forestal Español. [cd-rom]. (Sociedad Española de Ciencias Forestales, ed.). Zaragoza. Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- LAZCANO C., SAMPEDRO L., ZAS R., DOMINGUEZ J., 2008. Vermicompost in forest nursery: effects of different doses on the growth of pine seedlings (*Pinus pinaster*) and the role of plant genotype. Positivo University. Curitiba - Paraná - Brazil. August 25 - 29.
- LOURO V., PINTO G., 2011. Sementes, uma ponte entre o passado e o futuro da floresta. Ministério da Agricultura, Mar, Ambiente e Ordenamento do Território. CENASEF. pp. 31-38.
- MAJADA J., MARTÍNEZ-ALONSO C., FEITO I., KILDEMAN A., ARANDA I., ALÍA R., 2010. Mini-cuttings: an effective technique for the propagation of *Pinus pinaster* Ait. New For. 41(3), 399-412.
- MAÑAS P., CASTRO E., DE LAS HERAS J., 2009. Quality of maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.) seedlings using waste materials as nursery growing media. New For. 37(3), 295-311.
- MARCELLI A.R., 1989. Moderne tecnologie per la produzione vivaistica di specie forestali. SAF Istituto Sperimentale per la Pioppicoltura. Note Tecniche 7.
- MENZIES M.I., FAULDS T., DIBLEY M.J., 1992. Production of radiata pine cuttings for plantation forestry in New Zealand. Acta Hort. 319, 359-364.
- NAVARRO CERRILLO R.M., GÁLVEZ C., 2001. Manual para la identificación y reproducción de semillas de especies vegetales autóctonas de Andalucía. Tomo II. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, Córdoba. pp. 246-250.
- NAVARRO R.M., DEL CAMPO A.D., CORTINA J., 2006. Factores que afectan al éxito de una repoblación y su relación con la calidad de la planta. En: Calidad de planta forestal para la restauración en ambientes Mediterráneos. Estado actual de conocimientos. (Cortina J., Peñuelas J.L., Puértolas J., Vilagrosa A., Savé, R., coords.). Organismo Autónomo Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid. pp. 31-46.
- MIROV N.T., 1967. The Genus *Pinus*. New York, Ronald Press.

- NICOLÁS A., GANDULLO J.M., 1967. Ecología de los pinares españoles: *Pinus pinaster* Ait. IFIE, Madrid.
- NICOLÁS J.L., 2009. Situación del suministro de semillas (caso del *Pinus pinaster*). Herramientas disponibles: Materiales catalogados, grado de cobertura de las necesidades. III Jornadas de Transferencia de Tecnología INIA-TRAGSA. Maceda, Ourense.
- OCAÑA L., DOMINGUEZ S., CARRASCO, I., PEÑUELAS J.L., HERRERO N., 1997. Influencia del tamaño de la semilla y diferentes dosis de fertilización sobre el crecimiento y supervivencia en campo de cuatro especies forestales. En: Actas del III Congreso Forestal Español. Mesa 3. (Junta de Andalucía, ed.). Granada. pp. 461-466. Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- OCAÑA L., SANTOS M.I., GÓMEZ J.A., RENILLA I., CUANCA B., 2001. Comparación de siete modelos de contenedores y raíz desnuda en repoblaciones de *Pinus pinaster* en Galicia. En: Actas del III Congreso Forestal Español (Junta de Andalucía, ed.). Granada. Tomo II. pp. 736-741. Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- OCAÑA L., LARIO J., GÓMEZ J.A., RODRÍGUEZ J.R., 2004. La mejora de la estabilidad en las repoblaciones con *Pinus pinaster* Aiton. en el norte de España. Cuad. Soc. Esp. Cienc. For. 17, 211-215.
- OCAÑA L., CHAN J.L., ABOAL J., RODRÍGUEZ-NÚÑEZ L., 2009. Actuaciones en Mejora Genética Forestal de la Xunta de Galicia: Mejora de Materiales Forestales de Reproducción. En: Actas del 5 Congreso Forestal Español. [cd-rom]. (Sociedad Española de Ciencias Forestales, Junta de Castilla y León, eds.). Ávila. Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- ORIA DE RUEDA J.A., DÍEZ J., 2002. Guía de árboles y arbustos de Castilla y León. Ediciones Cálamo. Palencia.
- PALOMAR J., GARCÍA R., GIL L., 1993. El injerto en los pinos: una nueva variante. Montes 32, 27-31.
- PEÑUELAS J.L., OCAÑA L., 1996. Cultivo de plantas forestales en contenedor. Principios y fundamentos. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación - Ed. Mundi-Prensa.
- PEÑUELAS J.L., DOMÍNGUEZ S., HERRERO N., NICOLÁS J.L., FERNÁNDEZ R., SARRIA S., SENDRA P., COSTA J.C., 2002. Experiencias de aplicación de semillado directo para la restauración forestal. Manuales de Restauración Forestal, 1. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía. Sevilla.
- PERA J., PARLADÉ J., 2005. Inoculación controlada con hongos ectomicorrícicos en la producción de planta destinada a repoblaciones forestales: estado actual en España. Invest. Agr.: Sist. Recur. For. 14(3), 419-433.
- PIOTTO B., DI NOI A. (eds.), 2001. Propagazione per seme di alberi e arbusti della flora mediterranea. ANPA, Roma.
- PITA J.M., SANZ V., ESCUDERO A., 1998. Seed cryopreservation of seven Spanish native pine species. *Silvae Genet.* 47, 220-223.
- PRINCIPADO DE ASTURIAS, 2003. Producción del vivero forestal de la Mata (Grado, Asturias). Documento interno. Consejería de Medio Ambiente.
- RAMOS J.L., 1981. Repoblaciones. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. Madrid.
- RIBEIRO D., RIBEIRO H., LOURO V., 2001. Produção em viveiros florestais. Direção-Geral de Desenvolvimento Rural, Lisboa.
- RIKLY M., 1943. Das Pflanzenkleid der MittelmeerHinder. Vol I. Huber. Vern.
- RODRÍGUEZ R., MADRIGAL A., 2008. Selvicultura de *Pinus pinaster* Ait. subsp. *atlantica* H. de Vill. En: Compendio de Selvicultura aplicada en España (Serrada R., Montero G., Reque J.A., eds.). Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Agroalimentaria. Madrid. pp. 367-398.
- RODRÍGUEZ R., ÁLVAREZ J.G., CELA M., MANSILLA P., VEGA P., GONZÁLEZ M., RUÍZ P., VEGA G., 1997. Manual técnico de selvicultura del *Pino pinaster*. [en línea]. (Escola Politécnica Superior de Lugo, ed.), Lugo. Disponible en: <http://www.agrobyte.com/publicaciones/pino/indice.html> [5 Feb, 2010].
- RODRIGUEZ R., MAJADA J., BENITO J.L., BRAÑA M., 2007. Selvicultura del pino pinaster (*Pinus pinaster*). Manual básico de cuidados culturales para producir madera de calidad. Consejería Medio Rural y Pesca. Principado de Asturias.

- RUANO J.R., 2003. Viveros Forestales. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.
- SCOTT C.W., 1962. A summary of information on *Pinus pinaster*. For. Abstr. 23, 1-18.
- SERRADA R., 2000. Apuntes de Repoblaciones Forestales. Fundación Conde del Valle de Salazar. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Forestal. Madrid.
- SIERRA DE GRADO R., 1993. Mejora genética de *Pinus pinaster* Ait. La procedencia Sierra de Gredos. Estudio de la forma del fuste. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid
- TIMMER V.R., 1996. Exponential nutrient loading: a new fertilization technique to improve seedling performance on competitive sites. New For. 13, 275-295.
- TUTIN T.G., HEYWOOD V.H., BURGESS N.A., VALENTINE D.H., WALTERS S.M., WEBB D.A., 1964. Flora Europaea, vols 1-5. Cambridge University Press, Cambridge.
- VEGA J.A., FERNANDEZ C., PEREZ-GOROSTIAGA P., FONTURBEL T., 2008. The influence of fire severity, serotiny, and post-fire management on *Pinus pinaster* Ait. recruitment in three burnt areas in Galicia (NW Spain). For. Ecol. Manage. 25, 1596-1603.

Pinus pinea L.

Pino piñonero, pino albar (Castilla), pino real, pino de la tierra (Andalucía), pino doncel (Cuenca, Guadalajara, Aragón), pino vero (Valencia interior); *cat.*: pívé, pí ver (Mallorca).

Rafael M^a NAVARRO CERRILLO, Antonio SÁNCHEZ LANCHA, Manuel ARROYO SAUCES, Laura PLAZA ARREGUI, Eugenio MALLOFRET CARRERA, Miguel Ángel LARA GÓMEZ, Reyes ALEJANO MONGE

1. Descripción

1.1. Morfología

El pino piñonero es una especie del género *Pinus*, familia *Pinoideae*, subgénero *Diploxylon* y define la Sección *Pinea*, que se caracteriza por sus piñas de maduración trienal, piñones con ala articulada y testa dura. Se trata de un árbol de talla mediana, porte robusto y altura entre 25 y 30 m, aunque puede alcanzar mayor altura en los suelos de mejor calidad. Sistema radical potente, con un eje principal grueso, que profundiza muy rápidamente cuando la profundidad del suelo y la textura es adecuada, adaptado para acceder a capas profundas donde encontrar agua, aunque aborta pronto si el suelo presenta algún limitación al crecimiento. Raíces secundarias inclinadas, a veces muy superficiales, como consecuencia del cese del crecimiento de la raíz principal, lo que en conjunto dota a la especie de una gran capacidad de colonización del suelo (Ruiz de la Torre, 2006), habiéndose observado que puede ocupar como promedio una superficie 30 veces superior a la de la copa (Montero *et al.*, 2004). La forma del árbol, cuando no ha sido alterada por su aprovechamiento, es recta, con un tronco esbelto y cilíndrico, ramificación en la base en individuos juveniles, pero con una marcada poda natural en individuos adultos, en particular cuando crece en masas densas. El color de la corteza es muy característico, primero pardo-rojiza, escamosa, luego resquebrajada en teselas grises. Aunque puede alcanzar grandes diámetros, con ejemplares de más de 1 m, lo más frecuente, por el carácter artificial de su origen en la mayor parte de sus localizaciones actuales, es que presente diámetros medios. Copa globosa, que se ramifica a poca altura (4-5 m) en los árboles aislados y con formas aparasoladas en masas podadas. Las ramas, fuertes y abundantes, son verticiladas, lo que da lugar a la forma característica de su copa. Las ramillas son monocíclicas, gris-verdosas. Brotes lampiños, pasando del pardo al grisáceo verdoso. Yemas cilíndricas, apuntadas, no resinosas, recubiertas de escamas pardo claras, franjeadas de blanco, reflejas (Ruiz de la Torre, 2006).

Acículas agrupadas de dos en dos por medio de una pequeña vaina que rodea la base, de 10-15(20) cm de longitud y 1,5-2 mm de grosor, algo rígidas, arqueadas, de color verde, un poco azuladas, con una vida media entre 3 y 4 años. Bandas estomáticas poco patentes en el haz y en el envés. Yemas cilíndricas de color marrón claro, con escamas rodeadas de blanco (Amaral Franco, 1986; Ruiz de la Torre, 2006).

1.2. Biología reproductiva

El pino piñonero es una especie monoica, con presencia de flores de ambos sexos en el mismo individuo, pero agrupadas en inflorescencias unisexuales separadas. Los conos masculinos, en forma de espigas alargadas, aparecen en los ramillos del año, de 10-12 x 2-4 mm. Estambres de color amarillo vivo, con una laminita redondeada y dentada. Los conos femeninos ovoideos, aislados o en grupos pequeños en los brotes del año, de 20 mm de longitud, de color verdoso o rojizo (Ruiz de la Torre, 2006).

El periodo de floración se prolonga entre marzo y mayo, en las zonas más cálidas hasta junio. El ciclo reproductivo viene condicionado por la temperatura del lugar y el año; la antesis se inicia con la aparición de las yemas florales subterminales (Mutke *et al.*, 2001). Polinización anemófila, durando unas pocas semanas según las condiciones meteorológicas. El tipo de reproducción sexual más frecuente es la alogamia, aunque también es posible la autogamia. La maduración de las flores masculinas se produce antes que las femeninas. Esta circunstancia, unida al desfase floral entre individuos de una misma masa y en una misma copa, contribuye a la polinización cruzada entre individuos (Montero *et al.*, 2004). La polinización de las flores femeninas se produce entre febrero-marzo y el cuajado de los frutos se produce entre abril-mayo.

Estróbilos (piñas) de gran tamaño, de 8 a 15 cm de longitud y de 7 a 12 cm de anchura, de aovados a globosos, caducos, de brácteas gruesas con las apófisis de aspecto octogonal, convexas. La piña tiene apariencia de sentada, globosa, un poco asimétrica, verde al principio, luego de color pardo rojizo y lustrosa (Fig. 1) (Ruiz de la Torre, 2006). Semilla aovada oblonga de color pardo oscuro a negruzco de 15-20 x 7-11 mm, provista de ala muy estrecha, rudimentaria, caduca y con la testa leñosa (Fig. 2) (Amaral Franco, 1986; Ruiz de la Torre, 2006). Su peso medio se sitúa en torno a los 0,65 g (Catalán, 1994). Las características químicas de los piñones han sido estudiadas por varios autores, dada su importancia comercial (Carvalho, 1996; Nergiz y Donmez, 2004; Nasri *et al.*, 2005; Gómez-Ariza *et al.*, 2006; Nasri y Triki, 2007; Evaristo *et al.*, 2010).

La fructificación requiere tres años, lo que diferencia a esta especie de otros pinos, que requieren para la maduración del fruto dos años. La dehiscencia de las escamas y la caída de los piñones se producen en el otoño del tercer año o en la primavera del cuarto. Al abrirse la piña casi siempre se desprenden y caen las escamas inferiores. Si bien no presenta piñas serotinas, los piñotes pueden persistir varios años sobre el ramillo (Ruiz de la Torre, 2006). La edad mínima a la que comienza a producir semilla está condicionada por las características medioambientales y por el origen de los individuos, siendo muy prematura en las plantas injertadas. En estaciones de buena calidad puede comenzar a fructificar a los 15 ó 18 años, aunque hasta los 30 ó 40 no da cosechas regulares. Aunque fructifica todos los años, la especie presenta vecería (Gordo *et al.*, 2001; Castaño *et al.*, 2004; Calama y Montero, 2007; Calama *et al.*, 2008).

El periodo normal de dispersión de la semilla es entre octubre y enero. En principio, se realiza por gravedad (barócora), cayendo la mayor parte de la semilla debajo del progenitor, con escaso éxito reproductor por la falta de condiciones para el desarrollo del brinjal. Por el contrario, cuando intervienen dispersores secundarios la probabilidad de éxito aumenta. En la dispersión zoócora intervienen aves, principalmente especies



Figura 1. Piña de *Pinus pinea* (Foto: Red de Viveros de Andalucía).



Figura 2. Semillas de *Pinus pinea*.

como el piquituerto (*Loxia curvirostra*), así como algunos mamíferos como la ardilla (*Sciurus vulgaris*) o el ratón de campo (*Apodemus sylvaticus*). Las semillas, cuando actúan vectores de dispersión, suelen dispersarse en un rango de distancia del árbol bastante amplio, localizándose los “almacenes” bajo matorrales o en zonas donde la germinación puede contribuir a un patrón agregado de la lluvia de semillas, lo que limita de forma considerable los lugares posibles donde el establecimiento se produce con éxito (Lanner, 1998; Izahaki, 2000). Es importante considerar los daños que producen insectos perforadores de piña (principalmente *Dioryctria mendacella*) en la producción y calidad de las piñas, así como la amenaza que puede suponer la aparición en España de *Leptoglossus occidentales*, chinche que pica las piñas para alimentarse, lo que ocasiona el aborto de los piñones.

La germinación natural de los piñones es muy elevada. El crecimiento del brinzal suele ser muy rápido en las fases iniciales, en particular al comienzo de la primavera, con un rápido desarrollo de la raíz a la salida del invierno. La planta puede alcanzar alturas superiores a los 35 cm el primer año. Una vez se ha establecido la plántula, el crecimiento suele mantenerse muy activo durante los primeros años, aunque a veces tiende a adoptar portes muy ramificados que ralentizan el crecimiento, por lo que responde muy bien a las podas de formación.

Las especies mediterráneas del género *Pinus* presentan una gran proximidad genética, situándose el pino piñonero filogenéticamente en el grupo de *P. halepensis*, *P. pinaster* y *P. canariensis* (Montero *et al.*, 2004). En España se han realizado estudios con distintos marcadores en varias poblaciones, confirmando el bajo nivel de polimorfismo de la especie (Anzidei *et al.*, 2001; Gómez-Ariza *et al.*, 2002 y 2006; Alvarez *et al.*, 2004), propio del carácter alógamo de las coníferas, con una gran dispersión de polen, aunque en este caso también puede influir el alto grado de artificialidad en la distribución de la especie. Presenta además una menor diferenciación genética entre poblaciones que otras especies del género, siendo las poblaciones andaluzas las que tienen unos niveles más elevados (Jiménez *et al.*, 2001). Existe una cierta plasticidad en la respuesta entre poblaciones en caracteres relacionados con el crecimiento y la producción de fruto (Carneiro *et al.*, 2007).

1.3 Distribución y ecología

El pino piñonero es una especie endémica de la región mediterránea. Existen poblaciones naturales en Portugal, España, sur de Francia, Cerdeña y Sicilia, Italia, Albania, Croacia, Bosnia-Herzegovina, Grecia, Turquía, Siria, Líbano, Israel, Mar Negro, Egipto, Libia, Túnez, Argelia y Marruecos (Ruiz de la Torre, 2006). En la Península Ibérica, las mayores extensiones se encuentran en el sudoeste español, en las provincias de Huelva, Cádiz y Sevilla. En la Meseta Norte aparecen representaciones en Valladolid, Zamora, Ávila y Segovia (con una superficie en Castilla y León de 64.201 ha). Otras poblaciones se pueden encontrar en la Cordillera Central (provincias de Madrid, Ávila y Toledo), en la Mancha (provincias de Cuenca y Albacete) con una superficie en Castilla-La Mancha de 44.905 ha, en Cataluña (litoral de Girona, Barcelona y Tarragona) y en la franja mesomediterránea de Sierra Morena (Fig. 3). En España esta especie ocupa una superficie de 476.000 ha, de las cuales 380.227 ha se encuentran en Andalucía, siendo 215.769 ha de masas puras (Martínez *et al.*, 2004). La actividad repobladora con esta especie ha sido intensa al haberse repoblado más de 300.000 ha.

Entre los científicos existen opiniones diferentes a la hora de definir la naturalidad de la especie en la Península Ibérica. Font i Quer (1954) decía tener dudas sobre la espontaneidad de las masas que aparecen en los arenales costeros ya que estos se han plantado profusamente. Este autor afirmaba: “se hace muy difícil no considerar como autóctonos los de gran parte de la Baja Andalucía, desde Cádiz a Huelva”. En el caso de otros autores como Willkomm (1873), Ceballos (1960) y Quézel (1980), resulta clara la espontaneidad de las formaciones de pino piñonero en algunas áreas del interior (ambas mesetas, Sistemas Central e Ibérico, Sierra Morena), así como en la Baja Cataluña y en los arenales del sudoeste peninsular (Costa *et al.*, 1998). En este mismo sentido, González (1977) afirma que el cordón litoral de dunas del Bajo Guadalquivir es el área natural del pino piñonero, especie adaptada totalmente a este medio, concretamente a los corrales secos. Blanco *et al.* (1997) y Gil (1999) admiten como naturales los pinares sobre arenales costeros del sudoeste ibérico. Junto a estos autores surgen otros detractores de estas teorías como Rivas Martínez (1966). Este autor, refiriéndose a la vegetación psamófila de la costa gaditana, decía: “el hombre ha destruido la mayor parte de sus bosques naturales y en su lugar ha plantado con mucha frecuencia pinos”; esta teoría se ha consolidado en todas aquellas áreas donde aparece esta especie (Rivas Martínez *et al.*, 1980; Asensi y Díez Garretas, 1987). Sin embargo, numerosas investigaciones han confirmado la autoctonía del pino piñonero en sus áreas de distribución a partir de datos palinológicos, como los de Stevenson (1985) en el sudoeste español o Menéndez Amor y Florschütz (1964) en Málaga, y de datos históricos (Martínez *et al.*, 2003; Montero *et al.*, 2004).

Los pinares de pino piñonero están constituidos por masas densas de porte característico aparasolado. Se localiza en zonas basales o de media altitud, de 100 a 800(1.000) m, en un rango de precipitaciones muy amplio (entre (250) 400 y 1.000 mm), soportando largos periodos con humedad ambiente reducida (Montero *et al.*, 2004; Ruiz de la Torre, 2006). Se distribuye principalmente sobre los fitoclimas mediterráneos no infralícinos (IV), en particular en IV₂ y IV₄, apareciendo en menor medida en los IV₃ (Tabla 1). Desde el punto de vista bioclimático se adapta bien en los pisos termomediterráneo y mesomediterráneo,

no encontrándose en zonas donde la temperatura media del mes más frío baje por debajo de los 0 °C, aunque tolera las heladas (hasta -15 °C). Los rangos óptimos para la especie son los siguientes: temperatura media anual entre 11,7 y 18,1 °C; temperatura media de las mínimas del mes más frío entre -1,4-7,8 °C; temperatura media de las máximas del mes más cálido entre 28 y 36,9 °C; precipitación anual media entre 290 y 830 mm y precipitación estival media entre 15 y 90 mm (Anexo I). Presenta buena resistencia a los vientos, incluso a los costeros impregnados de sal.

Tabla 1. Requerimiento fitoclimáticos de *Pinus pinea*.

Variable fitoclimática	Subtipos fitoclimáticos IV ₂	Subtipos fitoclimáticos IV ₄
Precipitación anual total (mm)	451-1.209	503-1.214
Precipitación mensual estival mínima (mm)	0-13	0-32
Temperatura media anual (°C)	15,4-20,4	12,3-19,2
Temperatura media anual mas baja (°C)	9,5-14,4	3,7-9,4
Temperatura media de las mínimas en el mes de media mas baja (°C)	3,3-10,9	0,1-8,9
Temperatura mínima absoluta del periodo considerado (°C)	-11,8-4,0	-19,0-0,0
Periodo de helada segura (mes)	0	0
Periodo de helada probable (mes)	0-5	0-7
Temperatura media mensual mas alta (°C)	21,8-32,5	20,9-30,3
Temperatura media de las máximas en el mes de media mas alta (°C)	26,9-39,1	27,1-39,6
Temperatura máxima absoluta del periodo considerado (°C)	37,0-47,0	34,3-49,0
Media anual de la oscilación térmica diaria (°C)	6-16,2	5,5-16,2
Periodo de sequía (meses)	3-6,7	3-5,5
Intensidad de la sequía	0,17-0,87	0,12-0,66

Esta especie tiene preferencia por los suelos sueltos, arenosos y areno-limosos, profundos y frescos como los arenales marítimos y dunas fijas litorales o interiores, bancos de arenas aluviales y coluviones arenosos procedentes de la disgregación de rocas cristalinas (granitos, dolomías metamórficas). Aunque prefiere los suelos silíceos, puede vivir bien en los suelos calizos, si no son muy pesados y arcillosos (López, 1982; Gandullo y Sánchez Palomares, 1994). Rehúye o tolera mal las arcillas fuertes, margas y yesos. No coloniza nunca los saladares, aunque soporta cierta salinidad en las cercanías del mar pero sin lograr buenos crecimientos (Montero *et al.*, 2004). Las características edáficas y climáticas del hábitat del pino piñonero han sido definidas por Gandullo y Sánchez Palomares (1994) y revisadas por Montero *et al.* (2004).

En el sur peninsular dominan los pinares sobre arenales costeros en Huelva, Cádiz y Málaga. La espontaneidad de estas masas es aceptada actualmente aunque algunas son

fruto de repoblaciones antiguas (Hinojos, Almonte) o recientes (Mazagón, Matalascañas), con un elevado grado de naturalidad. Forman parte de los sistemas litorales donde son un elemento fundamental en la fijación de dunas móviles, en contacto con los alcornoques (*Quercus suber*) o en sustitución de éstos cuando han sido destruidos, llegando a mezclarse con el sabinar-enebral. Presentan un porte arbóreo denso con presencia de alcornoque intrazonal, con sotobosque arbustivo de sabina mora (*Juniperus phoenicea* subsp. *turbinata*), lentisco (*Pistacia lentiscus*), retama blanca (*Retama monosperma*), jaguarzo blanco (*Halimium halimifolium*, *H. commutatum*), cantueso (*Lavandula stoechas*), brecina (*Calluna vulgaris*) y jaguarzo prieto (*Cistus crispus*), entre otras especies. En los casos más evolucionados encontramos una estructura de mosaico con el alcornoque, en las zonas más estables y de nivel freático más elevado, entremezclado en *corrales* con sabinares-enebrales costeros, dando lugar a un ecosistema de enorme singularidad (Matalascañas y Doñana, en Huelva). En algunos casos, los pinares costeros pueden tener un porte arbustivo por la fuerte acción del viento, estableciéndose sobre arenas casi desnudas con presencia de matorral (*Retama monosperma*, *Helichrysum picardii*, *Osyris lanceolata*) y, ocasionalmente, sabinares-enebrales (*Juniperus oxycedrus* subsp. *macrocarpa*).

En la vertiente meridional de Sierra Morena, entre Aracena y Andújar, aparecen pinares sobre batolitos graníticos (ocasionalmente sobre esquistos), en forma de bosques aclarados que ocupan laderas abruptas. En estas localizaciones el pino piñonero forma mosaicos y masas mezcladas con alcornoque y encina (*Quercus ilex*), que ocupan llanuras y relieves suavemente ondulados, en una compleja estructura horizontal. La estructura de estas comunidades proporciona condiciones para la existencia de un cortejo más o menos variado en el que intervienen, entre otras especies, el espliego (*Lavandula latifolia*), el enebro de la miera, la jara (*Cistus salvifolius*) y el jaguarzo, junto a otras como *Cytisus baeticus*, *Genista hirsuta*, *G. umbellata*, *Ononis natrix*, *Phillyrea media*, *Ph. angustifolia*, *Teucrium fruticans*, etc.

En las Mesetas, aparecen los pinares continentales en Valladolid, Zamora, Ávila, Segovia, Albacete y Cuenca. Forman parte de los sistemas de arenales continentales y en suelos de mala calidad. Presentan un porte arbóreo denso, motivado por el aprovechamiento del piñón, y con presencia de pino negral (*Pinus pinaster*), con sotobosque arbustivo de retama (*Retama sphaerocarpa*), espliego, jara pringosa (*Cistus ladanifer*), codeso (*Adenocarpus complicatus*) y berceo (*Stipa gigantea*). En los casos más evolucionados forman una estructura de mosaico, con masas de pino negral y encinares. Las mejores representaciones de estas poblaciones son los pinares de la “Tierra de Pinares” en la cuenca del Duero, en las provincias de Valladolid y Segovia.

Las masas de repoblación más importantes se localizan en Andalucía occidental, con un alto grado de naturalización y una notoria funcionalidad, alcanzando en toda la Comunidad Autónoma una superficie de 191.374 ha. En la zona occidental destacan, además, las repoblaciones que comenzando al sur de la comarca del Andévalo se extienden hasta la franja andaluza más occidental y meridional de Sierra Morena. En la zona oriental de Sierra Morena destacan las repoblaciones de la Sierra de Andújar y las masas artificiales de pino piñonero de la provincia de Córdoba.

En otras comunidades autónomas hay importantes repoblaciones forestales en Castilla-León (Valladolid y Segovia principalmente) y, con carácter más limitado, en Castilla-La Mancha y todo el litoral mediterráneo español.

Es una especie heliófila, xerófila y relativamente termófila, que se adapta bien a terrenos descubiertos (Fernández y Tapias, 2005; Ruiz de la Torre, 2006). Sin embargo, durante los primeros años se desarrolla mejor bajo una débil cubierta protectora que a plena luz. El pino piñonero es una especie bien adaptada a condiciones de sequía, capaz de sobrevivir a largos periodos sin lluvia y tolerar altas radiaciones, incluso en suelos muy pobres.

Desde el punto de vista fisiológico, el pino piñonero tiene un buen ajuste estomático como respuesta a la reducción de la disponibilidad de agua (Oliveras *et al.*, 2003; Puértolas *et al.*, 2005). La estrategia de la especie en el uso de los recursos hídricos es más conservadora que en *Pinus halepensis*, manteniendo un consumo de agua estable a lo largo del periodo estival (Puértolas *et al.*, 2005).

Es una especie de crecimiento rápido y no muy longeva (200-250 años), teniendo la mayor parte de las masas en España una edad entre (80) 100-120 años (Montero *et al.*, 2004), aunque algunos autores mencionan individuos de hasta 500 años (Ruiz de la Torre, 2006).

La interacción del pino piñonero con otros organismos del componente biológico del suelo ha sido estudiada por varios autores. Se conoce su interacción con ectomicorrizas, habiéndose identificado ocho géneros (*Amanita*, *Hebeloma*, *Laccaria*, *Lactarius*, *Pisolithus*, *Rhizopogon*, *Scleroderma* y *Suillus*) en el norte de la Península Ibérica (Rincón *et al.*, 1999). Por otro lado, también se ha descrito el papel facilitador del pino piñonero favoreciendo la germinación y la supervivencia de varias especies leñosas (*Retama monosperma*, *Juniperus phoenicea* subsp. *turbinata*, *J. oxycedrus* subsp. *macrocarpa*, *Pistacia lentiscus*).

2. Material forestal de reproducción

2.1. Marco normativo. Identificación de los materiales de reproducción

El pino piñonero está incluido en las normativas europea y estatal (RD. 289/2003) relativas a la producción y comercialización de los materiales forestales de reproducción, lo que obliga a estos a cumplir una serie de requisitos respecto a sus características de calidad externa y a la acreditación de su identidad genética. Tiene establecidas 12 regiones de procedencia, 5 de ellas de área restringida (Prada *et al.*, 1997; Alía *et al.*, 2009) (Fig. 3, Tabla 2). A nivel nacional, en el trabajo de García del Barrio *et al.* (2001) se hacen recomendaciones sobre el uso de los materiales de reproducción de pino piñonero a partir de sus regiones de procedencia y de las regiones de utilización del material forestal de reproducción. En Andalucía, Rosúa *et al.* (2001) distinguen 2 regiones de procedencia: Litoral gaditano-onubense y Sierra Morena.

En lo que se refiere al Catálogo Nacional de Materiales de Base, en la actualidad hay declaradas fuentes semilleras en todas las regiones de procedencia, a excepción de la

de área restringida de la Sierra de Alcaraz y se han aprobado rodales selectos en varias CC.AA. que dan la posibilidad de obtener material seleccionado de las regiones Meseta norte, Valles del Tiétar y Alberche y Cataluña litoral. Así mismo, dentro de los programas de mejora de la especie hay establecidos bancos clonales en Andalucía, Castilla-La Mancha, Castilla-León y Madrid (Abellanas *et al.*, 1997; Iglesias, 1997; Mutke *et al.*, 2000, 2003, 2005 a y 2007; Castaño *et al.*, 2004). Como resultado de tales programas de mejora se han seleccionado una serie de clones grandes productores de piña, que se tiene previsto catalogar como material de base dentro de las categorías cualificada y controlada.

Existen trabajos que comparan la diferenciación ecotípica de materiales procedentes de algunos rodales selectos, habiéndose comprobado que ésta es muy escasa, lo que parece recomendar el manejo común (mezcla) de los lotes de semillas cosechados en diferentes rodales de la misma región de procedencia (Gordo *et al.*, 2007; Carrasquinho *et al.*, 2010). Existe un programa de conservación de recursos genéticos para esta especie en España (Añón *et al.*, 2001) y se han realizado estudios sobre su variabilidad tanto a nivel específico (González-Andrés *et al.*, 1999; Fady *et al.*, 2004; Gómez-Ariza *et al.*, 2006) como ecofisiológico (Sánchez-Gómez *et al.*, 2011).



Figura 3. Distribución de *Pinus pinea* y Regiones de Procedencia de sus materiales de reproducción. 1.- Meseta Norte. 2.- Valles del Tiétar y del Alberche. 3.- La Mancha. 4.- Depresión del Guadalquivir. 5.- Sierra Morena. 6.- Cataluña Litoral. 7.- Cataluña Interior. A.- Biar. B.- Sierra de Alcaraz. C.- Garrovillas. D.- Marbella. E.- Valverde de Leganés (Alía *et al.*, 2009).

Tabla 2. Descripción de las áreas con presencia de *Pinus pinea* por región de procedencia (RP: número de la región de procedencia; Pres: presencia de la especie en cada una de las regiones, estimada como el cociente del área de la especie en dicha región respecto del área total de la especie; A: número de meses de déficit hídrico (precipitación media mensual <2 temperatura media mensual); Osc: media anual de la oscilación térmica diaria; Hs: número de meses con helada segura (media mínimas <0 °C); Med: valor medio; Max: valor máximo; Min: valor mínimo; MaxMC: valor máximo del mes más cálido; MinMF: valor mínimo del mes más frío); Tipo de suelo: porcentaje del tipo de suelo según la cartografía Soil Map of the European Communities dentro de cada región de procedencia. La clasificación de suelos utilizada en dicha cartografía es la de FAO de 1974. Las abreviaturas se han actualizado a la clasificación FAO de 1989. Los tipos de suelos inexistentes en la nueva clasificación se han mantenido con los nombres antiguos, asignándoles nuevas abreviaturas (Rankers: RK, Xerosoles: XE). Sólo se incluyen aquellos suelos que superan el 10% en el conjunto del territorio estudiado).

RP	Pres (%)	Altitud (m)			Precipitación (mm)		A (meses)	Temperatura (°C)			Osc (°C)	Hs (meses)	Tipo de suelo (FAO)
		Med	Max	Min	Annual	Estival		Med	MaxMC	MinMF			
1	26,8	783	1068	631	440	67	3,2	11,8	30,6	-1,0	18,1	2,3	ARb(37) CMc(26) LVv(16) FLe(12)
2	6,9	771	1281	426	675	59	3,3	13,7	31,8	0,9	18,6	0,2	CMd(87)
3	9,1	742	1126	437	441	61	3,6	13,6	32,9	0,1	19,4	0,4	CMc(56) CMg(42)
4	16	52	461	1	604	20	4,7	17,8	33,3	5,9	14,9	0	ARl(62) LVk(14)
5	9,1	454	1123	15	733	36	3,8	16,3	35	3,1	17,9	0	CMe(65) CMd(29)
6	25	224	917	2	742	144	1,1	14,7	29,1	2,4	16	0	CMd(24) CMu(23) CMc(22) FLe(22)
7	4,2	588	974	233	746	174	0,2	12,3	28,3	-0,7	17,3	1,6	CMc(76) VRx(17)
A	1,8	789	1143	473	518	67	2,9	13,6	29,6	1,7	16,3	0	CMc(94)
B	0,2	890	1097	729	538	69	3,4	14,3	32	1,8	18,7	0	CMc(100)
C	0,9	372	440	274	553	37	4,2	16,5	36,4	2,6	19,4	0	CMd(74) LVv(15) LPd(11)
D	0,1	138	616	11	726	22	4,7	18,1	31,2	7,5	13,7	0	CMc(77) CMe(15)
E	0,1	231	250	210	516	34	4,4	16,5	34	4,1	17,3	0	PLe(71) LVk(29)

Esta especie está incluida en el listado de especies sujetas a la normativa del pasaporte fitosanitario. A su vez, le es aplicable las medidas preventivas contra el patógeno *Fusarium circinatum* recogidas en la normativa (RD. 637/2006, de 26 de mayo, y RD. 65/2010, de 29 de enero) por la que se establece el programa nacional de erradicación y control del citado hongo, que en el caso de las semillas supone la obligación de analizar los lotes a comercializar y los autorrecolectados por los viveristas, así como cumplir una serie de requisitos para la circulación del material de reproducción.

2.2. Técnicas de manejo y propagación

2.2.1. Semillas

La cosecha de las piñas se realiza tradicionalmente a partir de árboles procedentes de los aprovechamientos de piña, sin que en todos los casos se haya aplicado un criterio de selección de individuos superiores. En la actualidad, aunque se mantiene la cosecha directa de árboles en masas no clasificadas, la tendencia es al suministro de semilla de rodales semilleros y huertos semillero, aunque no siempre es posible disponer de semilla en cantidad y calidad suficiente (Catalán *et al.*, 1997). Se han elaborado modelos para estimar la producción de piña a partir de parámetros selvícolas (Calama *et al.*, 2008 y 2010), así como la importancia de los posibles cambios asociados a variaciones en las condiciones del clima (Mutke *et al.*, 2005 b). La recolecta se realiza con los conos cerrados, para evitar la pérdida de semilla, a lo largo del otoño, aunque la apertura de las piñas puede ser difícil. La determinación del grado de madurez no es sencilla, pero puede realizarse mediante la observación del fruto y del embrión, que cuando está maduro suele tener un color blanco-amarillento, o con métodos gravimétricos (Krugman y Jenkinson, 1974).

La extracción de la semilla comienza con el secado de los conos, que debe realizarse en el plazo de 2 a 60 días después de la cosecha, para evitar incrementos de temperatura en la piña, lo que conduce a un deterioro muy rápido de la semilla. El secado puede realizarse al sol, en tongadas de piñas no muy grandes, en zonas bien ventiladas, aunque también cabe hacerlo en hornos a 54 °C y una humedad relativa del 20%. Una vez se han abierto los conos, se extrae la semilla mediante cribado en agitadores. Posteriormente se procede a la limpieza por cribado y aventado. Se pueden separar las semillas vacías por flotación en agua o en mezclas de agua y etanol (Krugman y Jenkinson, 1974). En este caso y para evitar daños a las semillas, la inmersión debe ser corta y se hará un secado cuidadoso que elimine los restos de etanol en la semilla a almacenar. Cuando se utilice la flotación, las semillas válidas deben ser secadas hasta un contenido de humedad del 5-10% antes de su almacenaje. El rendimiento aproximado en peso de semilla limpia respecto al fruto es de un 7,5-18% (Tabla 3).

El piñón es una semilla ortodoxa, por lo que el método tradicional para su conservación es en ambiente frío (0 a 2 °C) y seco, con un contenido de agua inferior al 10%, lo que permite el almacenamiento prolongado, sin pérdidas importantes de la viabilidad (Krugman y Jenkinson, 1974). No es recomendable almacenajes muy dilatados en el tiempo, ya que los ácidos grasos de las semillas sufren alteraciones que comprometen su facultad germinativa. En un almacenamiento convencional se puede colocar la semilla en recipientes de cartón, con cierre, que se ubican en las cámaras de conservación. En la

conservación a medio o largo plazo se puede recurrir a técnicas de crioconservación, por lo que se debe precondicionar la semilla, reduciendo su humedad (~5%). En relación con tal sistema de conservación, Pita *et al.* (1998) encontraron que en el caso de esta especie, a diferencia de los otros pinos peninsulares, el mantenimiento en nitrógeno líquido (-196 °C) afecta negativamente a la germinación.

La semilla de pino piñonero también mostró un comportamiento particular en las experiencias llevadas a cabo por Muñoz *et al.* (2009) respecto al tratamiento de semillas infectadas con *Fusarium circinatum*. A diferencia de los otros pinos, ningún producto desinfectante resultó plenamente eficaz. Así, hubo varios (peróxido de hidrógeno, lejía, Tebuconazol y Clortalonil) que mostraron cierta eficacia, pero cuya aplicación no evita la persistencia de contaminaciones residuales.

La semilla de pino piñonero germina bien y con rapidez, sin necesidad de tratamiento previo alguno. Escudero *et al.* (2002) encontraron que la luz favorecía la germinación y que también la temperatura tenía un efecto significativo sobre la misma, obteniendo mejores resultados en el rango entre 15 y 20 °C que a temperaturas más altas, en régimen constante (25 °C) o en alternancia (15-25 °C).

En el caso de evaluaciones de lotes de acuerdo con las normas ISTA (2011), deben remojarse previamente los piñones durante 24 horas, haciéndose el ensayo de germinación sobre papel, a una temperatura de 20 °C y con una duración de al menos 28 días, plazo que la Forestry Commission reduce a 21 días. Asimismo, las citadas reglas establecen que,

Tabla 3. Datos característicos de lotes de semillas de *Pinus pinea*.

Rendimiento semilla/fruto		Pureza (%)	Facultad germinativa (%)	Nº semillas kg ⁻¹	Referencia
(kg hl ⁻¹)	(% en peso)				
14-18	20-25	95-98	85-90	1.200-1.500-2.400	Catalán (1991)
	20-22				Gradi (1989)
		100	70-90	1.500	Ribeiro <i>et al.</i> (2001)
				1.300-2.123	García-Fayos (2001)
		98	68	1.236	Navarro Cerrillo y Gálvez (2001)
			80-90	900-2.000 (1.200-1.300)	Piotto y Di Noi (2001)
	9-20-29		63-85,1-96,5	1.059-1.295-1.746	Louro y Pinto (2011)
	9,9-15,9	90-100	68-92	1.260-1.800	Banc de Llavors Forestals (Anexo II)
7,5-10,5	13-20	97-100	65-95	1.200-1.500-2.000	CNRGF <i>El Serranillo</i> (Anexo III)
8,1-8,8		92-100	86-98	1.300-1.900	Vivero Central JCyL (Anexo IV)

para la preparación del material para ensayo al tetrazolio (grupo de pinos de testa gruesa), se debe romper la cáscara mediante un corte longitudinal a través del endosperma, para exponer el embrión, y retirar la cubierta de la semilla.

Germinación epigea. Plántula de 5-6 cm, con hojas juveniles aciculares, verticiladas por diez-doce, largas, de color verde claro (Navarro Cerrillo y Gálvez, 2001).

2.2.2. Vegetativa

El pino piñonero se ha propagado vegetativamente por su interés como productor de piña (Castaño *et al.*, 2004). Aunque puede multiplicarse asexualmente mediante estaquilla, el método más utilizado es el injerto. Se han desarrollado técnicas de propagación *in vitro* para la especie a partir de embriones cigóticos inmaduros (Cortizo *et al.*, 2009).

Los injertos se han fomentado mucho con el objetivo de aumentar la producción, potenciando esta especie para su vocación como frutal (Catalán y Catalán, 1996; Butler *et al.*, 1997; Mutke y Díaz, 2001). Castaño *et al.* (2004), han realizado una amplia revisión de las técnicas de injerto utilizadas para la especie. El injerto permite obtener ejemplares adultos a partir de patrones jóvenes de 5-6 años, aprovechando que el injerto conserva la madurez sexual del árbol adulto (topófisis). La técnica de injerto homoblástico más frecuente para *P. pinea* es el de hendidura o de sustitución de la guía terminal (Cortizo *et al.*, 2009), sobre patrones de 5-6 años y 1,5 metros de altura. Los injertos son compatibles con *P. halepensis*. La época más adecuada para injertar en el sudoeste de España va desde principios de marzo hasta finales de abril. Se utilizan púas procedentes de los últimos verticilos de la parte más alta del árbol adulto, donde emergen las flores femeninas, con la planta en reposo y de buen estado vegetativo. El proceso de injerto es complejo y debe realizarlo personal especializado. Para una descripción más detallada puede consultarse el trabajo de Cortizo *et al.* (2009).

Recientemente se han realizado trabajos sobre la propagación *in vitro* de pino piñonero, aunque basados principalmente en la respuesta bioquímica (Cortizo *et al.*, 2009 y 2010), pero que podrían tener aplicaciones prácticas en la producción masiva de plantas procedentes de materiales selectos.

3. Producción de plantas

El pino piñonero se cultiva exclusivamente en contenedor, aunque es posible el cultivo de planta a raíz desnuda. Su producción se hace mediante siembra, si bien es factible, como se ha señalado, la propagación vegetativa a través del injerto. La fácil germinación y el desarrollo de este pino en vivero pueden llevar a pensar que su cultivo no presenta dificultad. Sin embargo, su propensión al crecimiento descompensado en altura (elevada esbeltez), el escaso desarrollo de raíces secundarias que formen un cepellón consistente y su susceptibilidad a las bajas temperaturas, hacen recomendable un control adecuado del cultivo. Un primer factor importante que debe tenerse en cuenta es la procedencia de la semilla, habiéndose encontrado en algunos ensayos variaciones en atributos morfológicos y fisiológicos al final del cultivo (Catalán *et al.*, 1997; Amaro *et al.*, 2000; Palacios y Navarro-Cerrillo, 2001).

Dada la buena germinación de la semilla, se hacen siembras directas al final del invierno, con semilla limpia y seleccionada (preferiblemente con mesa densimétrica), usando semillas de peso superior a 50 mg. La inmersión de la semilla en agua antes de su siembra permite la eliminación de las semillas vanas y abortadas. El número de semillas en cada alveolo oscilará entre 1 y 2(3), en función de la calidad de la semilla. La emergencia se produce durante las 3-4 semanas siguientes a la siembra, de forma muy regular, si la calidad de la semilla es adecuada. De inmediato se procederá a un deshermanado en aquellos alveolos donde se haya producido más de una nascencia. Los daños por heladas obligan a recortar el calendario de cultivo en las zonas susceptibles, aunque no debe retrasarse mucho la fecha de siembra para evitar daños por damping-off. Así, la planta suele sembrarse al tiempo que otros pinos (*P. pinaster*, *P. halepensis*) y cultivarse a 1 savia en unas 35 semanas.

El envase determina, en gran medida, la morfología final de la planta, por lo que debe escogerse teniendo en cuenta otras variables de cultivo que también afectan al brinjal (ciclo de cultivo, fertilización, sombreado parcial, manejo del riego, etc.). La planta tipo de pino piñonero para trabajos de restauración forestal se cultiva a una savia en envases forestales de (150)200-400 cm³ (Domínguez *et al.*, 1997, 2000 a y 2006; Cañellas *et al.*, 1999; Villar-Salvador *et al.*, 2001), con una densidad de cultivo entre 200 y 300 alveolos m⁻² (Fig. 4); siendo más recomendable un volumen superior a 300 cm³ (Villar-Salvador *et al.*, 2001 a; Domínguez *et al.*, 2006). Con alveolos de este volumen es posible realizar el cultivo a densidades menores, obteniéndose plantas con valores de la relación peso seco aéreo:peso seco radical más equilibrados (cultivo en Forest Pot 300, altura final: 20,9 cm; diámetro 3,50 mm; biomasa seca total 4,36 g, N: 10,5 mg·g⁻¹) (Domínguez *et al.*, 2006). El

tamaño final de la planta varía de 10-15 cm de altura y 3,7-4,7 mm de diámetro (Tabla 4). Los efectos del tipo de contenedor sobre la calidad de planta de pino piñonero son similares a los producidos para otros pinos, en tanto que el desarrollo de la planta, sobre todo de su masa radical, aumenta con el volumen del envase. Al ser una especie que puede utilizarse en trabajos especiales de repoblación, en particular plantaciones de producción como frutal injertado, también se ha recurrido al cultivo de planta de mayor tamaño en envases de gran volumen, tipo maceta (1.000 cm³).

Salvo durante la siembra (riesgo de depredación) y el comienzo de la fase de germinación, es desaconsejable el cultivo bajo sombra por el incremento de la relación parte aérea/parte radicular y los desequilibrios morfológicos inducidos. En caso de necesitar protección parcial, se recomienda el empleo de mallas blancas que no alteren la calidad de la luz y, por tanto, no favorezcan el ahilamiento. El cultivo puede realizarse en invernadero, aunque es muy poco frecuente.



Figura 4. Planta de una savia de *Pinus pinea* cultivada en alveolo de 300 cm³ (Foto: CNRGF El Serranillo).

Las características del sustrato utilizado influyen de igual modo que el contenedor en la planta tipo que se obtiene al final del cultivo en vivero. En esta especie es importante la porosidad del sustrato, que debe ser más bien alta para favorecer la fibrosidad del sistema radical (capacidad de aireación >10%; agua fácilmente disponible >32%). Los sustratos que han presentado mejor resultado en cuanto a la calidad de planta son los constituidos por turba rubia, turba de humus, fibra de coco o corteza de pino, como componente orgánico principal, y otro componente inorgánico como la vermiculita o la perlita. La formulación más usual es turba:perlita (3:1 en volumen), aunque se tiende a sustituir la turba progresivamente por fibra de coco. Otras formulaciones que se han recomendado para el pino piñonero han sido turba:corteza de pino (1:1 volumen), o turba:fibra de coco:perlita (6:3:1 volumen) en algunos viveros comerciales (Ruano *et al.*, 2001). Es importante cuidar que el pH final de la mezcla sea ligeramente ácido, dadas las exigencias de la especie. Valores alcalinos pueden dar lugar a problemas de disponibilidad de nutrientes, como hierro o fósforo, ya que es una especie muy sensible a las deficiencias nutricionales (Gallegos *et al.*, 2001).

Los programas de fertilización son necesarios, si bien el cultivo es menos exigente en nutrientes que otros pinos, cultivándose en algunos viveros con programa de fertilización deficitarios, pese a lo cual la planta adquiere desarrollos y morfologías aceptables. La fertilización con nitrógeno y el adecuado manejo de macro y micronutrientes contribuyen notablemente a la mejora de la calidad de la planta (Arduini *et al.*, 1995; Fernández, *et al.*, 2000 a). En general, se recomiendan niveles medios de fertilización, con relaciones equilibradas de N/P/K del tipo 120-50-100 mg l⁻¹ (Domínguez *et al.*, 2000 b) en crecimiento y 40-30-120 mg l⁻¹ en endurecimiento. Domínguez *et al.* (2006), en un ensayo comparado de contenedores utilizan fertirrigación con dosis por planta de 68 mg N, 50 mg de P y 40 mg de K durante la fase de crecimiento (cultivo en ForestPot 400, altura final: 21 cm; diámetro 3,83 mm; biomasa seca total 4 g, N: 10 mg·g⁻¹). Si el riego se produce con aguas duras, es necesario el aporte de quelatos de hierro y el control del pH del sustrato. Se ha demostrado que las plantas de pino piñonero más grandes y mejor nutridas son las que mejor desarrollo presentan en campo (Cañellas *et al.*, 1999; Villar-Salvador *et al.*, 2001 a y c). Gallegos *et al.* (2001) han descrito el efecto de las deficiencias nutritivas para esta especie.

Una alternativa a la fertirrigación es la incorporación de un fertilizante de liberación lenta como agregado en la formulación del sustrato, siendo muy frecuente el uso de un fertilizante tipo 18-11-10 (8-9 meses) con dosis de 2 g l⁻¹ sustrato, o de un fertilizante 14-8-15 (8-9 meses) con dosis de 2,5 g l⁻¹ de sustrato. En general, con estas dosis no se han observado problemas de crecimiento ni deficiencias nutricionales en cultivos a una savia. Una alternativa en cultivos de corta duración, es el uso de turbas fertilizadas, con abonado de base tipo 16-8-16, con un corrector de pH (2 kg m³ de dolomita, 5% Mg) y fertilización de mantenimiento de acuerdo con la duración del cultivo y a la planta tipo.

El riego, junto a la baja densidad de cultivo, puede convertirse en una herramienta eficaz para controlar el excesivo crecimiento de la parte aérea del brinzal, por lo que es conveniente que el sustrato aguante desecaciones de moderadas a altas sin tornarse hidrófobo (como ocurre con las turbas rubias). Se han realizado estudios sobre el efecto de diferentes regímenes de riego en la calidad de la planta (Fernández *et al.*, 2000 b). Los

riegos de preacondicionamiento hídrico al final del período vegetativo no se consideran recomendables (Villar-Salvador *et al.*, 2001 b), además de presentar dificultades operativas en viveros comerciales que impiden su uso.

La incorporación de ectomicorrizas mejora la calidad de planta y aumenta la supervivencia final de las repoblaciones, conociéndose algunos morfotipos procedentes de pinares naturales o repoblaciones (Rincón *et al.*, 1999 y 2001; Colón *et al.*, 2001; Probanza *et al.*, 2002; Lucas García *et al.*, 2004; Parladé *et al.*, 2007; Iovieno *et al.*, 2010). Rincón *et al.* (1997 y 2001) realizaron un ensayo de cultivo en vivero utilizando micorrización controlada de *Pinus pinea* con siete especies de hongos ectomicorrícicos (*Hebeloma crustuliniforme*, *Laccaria laccata*, *Melanogaster ambiguus*, *Rhizopogon luteolus*, *Rhizopogon roseolus*, *Scleroderma verrucosum* y *Pisolithus tinctorius*). De los hongos inoculados, *Hebeloma crustuliniforme* y *Rhizopogon* spp. mostraron la mayor capacidad infectiva, resultado análogo al obtenido en terrenos agrícolas por Parladé *et al.* (2004). Se ha propuesto la micorrización de *Pinus pinea* en vivero con especies comestibles, en particular con *Lactarius edulis* (Rincón *et al.*, 2001; Probanza *et al.*, 2002). También se ha estudiado el efecto combinado de hongos ectomicorrícicos (*Pisolithus tinctorius*) y bacterias del género *Bacillus* (*B. licheniformis* y *B. pumilus*), aunque el efecto no fue muy marcado (Probanza *et al.*, 2001). A pesar de los ensayos realizados, no es frecuente el uso de micorrización en viveros comerciales de *P. pinea*, dadas las dificultades operativas, así como la dificultad de compatibilizar ésta práctica con otros cuidados culturales, como el sustrato de cultivo (Rincón *et al.* 1997; González-Ochoa *et al.*, 2003), los riegos y la fertilización (Honrubia *et al.*, 1992 y 1997; Hormilla *et al.*, 1997; Rincón *et al.*, 1997; Parladé *et al.*, 2007). Sin embargo, la micorrización natural se produce con cierta facilidad en viveros que cultivan regularmente la especie, contribuyendo a mejorar la calidad de la planta.

En la Tabla 4 se recogen los requisitos morfológicos de calidad de los brinzales de pino piñonero (RD. 289/2003, de 7 de marzo).

Tabla 4. Número de savias y valores de atributos morfológicos establecidos por el R.D. 289/2003 para plantas de *Pinus pinea*.

Edad máxima (años)	Altura mínima (cm)	Altura máxima (cm)	Diámetro mínimo del cuello (mm)
1	10	30	3
2	15	40	4

Independientemente de estos criterios, existen trabajos en donde se han definido valores orientativos para los atributos morfológicos, fisiológicos y de respuesta de brinzales de pino piñonero de una savia (Tabla 5). En general, se considera que es una especie de crecimiento rápido en vivero, por lo que debe procurarse favorecer un crecimiento equilibrado que genere plantas compactas de buen valor comercial y evite la de tamaño inadecuado para los trabajos de repoblación (altura >35 cm). La distribución de la biomasa entre la parte aérea y la raíz se considera equilibrada para valores medios del cociente peso seco aéreo-peso seco radical de 1,5.

Tabla 5. Valores de atributos morfológicos y fisiológicos de brinzales de *Pinus pinea* de una savia. (Villar-Salvador *et al.*, 2001 a; Palacios y Navarro Cerrillo, 2001; Domínguez Lerena *et al.*, 2006; Navarro-Cerrillo *et al.*, 2006).

Atributos	Valores medios de referencia	Valores recomendados	Valores mínimos recomendados
Atributos morfológicos			
Altura (cm)	14,8±2,1	20-30	10-15
Diámetro del cuello de la raíz (mm)	3,2±0,9	3,5-4,5	2,5-3
Peso seco aéreo - PA (g)	2,2±0,8	3-4	2,5
Peso seco radical - PR (g)	1,2±0,6	1-2	1
Peso seco total (g)	3,3±0,8	3-4	3
PA/PR	2,2±0,15	2-2,5	2
Esbeltez (cm mm ⁻¹)	4,5±1,4	5-7	5
Atributos fisiológicos			
N foliar (mg g ⁻¹)	13,1±1,8	12-14	12
P foliar (mg g ⁻¹)	2,2±0,6	2-3	1
K foliar (mg g ⁻¹)	5,3±0,9	3-5	3
Ca foliar (mg g ⁻¹)	3,9±1,6	3-5	2
Mg foliar (mg g ⁻¹)	2,7±1,1	1,5-3	4

Es poco frecuente el uso de planta de gran tamaño o producida en envases de gran volumen, aunque es una especie que se presta bien a la técnica de escayolado, utilizándose frecuentemente en trasplantes de jardinería (Sánchez y Arroyo, 2003).

4. Uso en repoblaciones y restauraciones

Las repoblaciones con pino piñonero se han realizado desde hace siglos. Posiblemente los romanos favorecieron su extensión por toda la cuenca del Mediterráneo e, incluso, es probable que el consumo del piñón haya sido una práctica frecuente entre las poblaciones íberas. Más recientemente, las repoblaciones con esta especie han atravesado una serie de etapas (Montero *et al.*, 2004):

- Repoblaciones realizadas antes del siglo XIX, acerca de las cuales hay poca información y que debieron ocupar zonas de poca extensión, promovidas por particulares, señores feudales y en pocas ocasiones por la Administración. No se conocen las técnicas, pero casi con seguridad se trataba de siembras directas, a voleo, por líneas, golpes o puntos.
- Repoblaciones para fijación de dunas. Comienzan a principios del siglo XIX en Sanlúcar de Barrameda, Barbate y Rota y continúan con poca intensidad hasta principios del siglo XX, en que se intensificaron enormemente en todo el litoral mediterráneo y en Portugal. Estas repoblaciones se hacían siguiendo las técnicas empleadas en la fijación de dunas existentes en la época, entre las que cabe

destacar los métodos de Bremontier y el de Goury, con ligeras modificaciones para adaptarlos a las condiciones de cada lugar. Estas repoblaciones casi siempre se hacen por siembra, empleando abundante cantidad de semilla para lograr un rápido recubrimiento del suelo (Bermejo y Casado, 1926; Kith, 1946).

- Repoblaciones sobre arenas en zonas del interior peninsular. Aunque también fueron frecuentes en el pasado, se intensifican mucho a finales del siglo XIX y principios del XX. Sus objetivos eran la ocupación de zonas de matorral más o menos degradadas, la densificación de pinares muy aclarados y la repoblación de rasos. Se pretendía crear una cubierta arbórea densa y productora de madera, leña y piña. Generalmente se hacían por siembras a voleo o por fajas, pocas veces por líneas o puntos. Con estas prácticas se obtuvieron masas jóvenes con altas densidades, que fueron aclaradas paulatinamente, proporcionando abundante leña. Actualmente estas masas están consideradas pinares naturales o naturalizados, que están perfectamente integrados con el paisaje y la dinámica de la vegetación natural presente.
- Repoblaciones en Sierra Morena, que arrancan a principios del siglo XX o antes, pero que se intensificaron mucho a partir de 1941-1942 con la creación de Patrimonio Forestal Español (PFE). Las primeras se realizaban por siembra en fajas después de un desbroce o quema de matorral. Las densidades obtenidas fueron muy altas, lo que unido a la falta de clareos o claras ha dado lugar a pinares muy densos, con árboles muy delgados cuyas copas forman un tapiz continuo, que les confiere un aspecto de césped. En las últimas dos décadas se ha hecho un gran esfuerzo para adecuar el estado selvícola de estas masas, muchas de las cuales se están transformando en masas mixtas con presencia de alcornoque, encina, madroño, quejigo, etc.
- A partir de 1960-1965 se generalizan las plantaciones en terrazas y caballones, con densidades comprendidas entre 1.600 y 2.500 plantas ha⁻¹. El ancho y profundidad de las terrazas fue disminuyendo a partir de los años 80 (siglo XX), llegando a generalizarse el uso de las terrazas volcadas que modifican menos la pendiente del terreno y reducen notablemente sus efectos físico y visual, facilitando la integración de estas repoblaciones en el paisaje en menos tiempo. Los programas de clareos, claras y podas de ramas bajas, cuando se hacen, son adecuados y técnicamente correctos.
- En las plantaciones realizadas en los años 80 del siglo pasado se van rebajando paulatinamente las densidades (Montero y Candela, 1998). Si la forestación va dirigida a la producción de fruto las densidades suelen ser bajas, del orden de 400 pies ha⁻¹; densidades que a menudo no hacen necesarias las claras hasta edades muy avanzadas e incluso innecesarias por acción de la mortalidad natural. Actualmente, en Andalucía, las repoblaciones hechas por la administración se reducen casi exclusivamente a la sustitución de eucaliptares que han agotado su ciclo o a restauraciones después de incendio. En la mayor parte de los casos la plantación se realiza sobre las antiguas terrazas de eucalipto. Las densidades iniciales no suelen superar los 625 pies ha⁻¹. En estas condiciones, a menudo se han realizado forestaciones con piñonero mezclado con alcornoque a densidades

bajas, con el fin de producir fruto y corcho, a razón de ~200 pinos y ~100 alcornoques por ha.

- El programa de forestación de tierras agrarias ha promovido el uso de *P. pinea* como especie de forestación, empleando densidades en torno a los 500 pies ha⁻¹ (Navarro-Cerrillo *et al.*, 2001 c; Mutke y Díaz, 2001; Navarro-Cerrillo *et al.*, 2010). A nivel nacional se han forestado 18.500 ha, de las cuales 13.000 ha se sitúan en Castilla y León y algo más de 4.000 ha en Andalucía. En el resto de CC.AA. su uso en forestación en tierras agrarias es puntual o inexistente.

El carácter productor del pino piñonero, su buena adaptación a los trabajos de repoblación en varios tipos de terrenos y su importancia ecológica, hace de esta especie una de las de mayor potencial restaurador en la cuenca mediterránea. Su temperamento robusto y su rápido crecimiento, así como la capacidad de producción de fruto, le confiere un alto valor protector. Se ha recomendado frecuentemente su plantación con fines productor y protector (Montero *et al.*, 2004) y en repoblaciones forestales de protección e hidrológico-forestales (Ruiz de la Torre, 2006). Los trabajos de restauración con pino piñonero vienen condicionados, en gran medida, por la situación de partida, que puede ser desde terrenos con vegetación de matorral (principalmente jarales y monte blanco), hasta zonas parcialmente arboladas (áreas afectadas por incendios, eucaliptales, masas huecas, etc.). Se han propuesto numerosas alternativas para el uso de esta especie en trabajos de repoblación (Montero *et al.*, 2004), por lo que el pino piñonero puede ser una especie potencialmente interesante en las siguientes situaciones:

- Repoblaciones protectoras de carácter hidrológico-forestal, en cuencas con cubiertas de matorral de niveles bajos de madurez y escasa diversidad (*Cistus ladanifer*, principalmente). En esta situación se recomienda su uso con densidades elevadas y preparaciones de alta intensidad (subsolados y sus variantes), así como posibles obras de ingeniería ambiental (albarradas, fajinas vegetales, etc.). Especie útil en proyectos de oasisificación (Navarro-Hevia *et al.*, 2009).
- Diversificación de vegetación en masas forestales con baja madurez, favoreciendo los procesos de restauración de la vegetación y la densificación de cubiertas (repoblaciones de *P. halepensis*). Lo anterior es particularmente importante en las repoblaciones en zonas semiáridas, donde contribuye a formar mosaicos de vegetación que tienen una función crucial en la recuperación de su flora y fauna.
- Recuperación de especies singulares amenazadas de flora y de fauna (asociada a especies como *Quercus suber*, *Retama monosperma*, *J. phoenicea* subsp. *turbinata*, *J. oxycedrus* subsp. *macrocarpa* y *Pistacia lentiscus*). En conjunto, el uso de especies de matorral contribuye al aumento de nichos ecológicos en zonas mediterráneas (mayor diversidad de flora y fauna).
- Fijación de dunas, como elementos dinámicos de zonas litorales y del interior, que deban ser restauradas por razones paisajísticas o de conservación (García Salmerón, 1967; Oliveras *et al.*, 2003). Normalmente estas actuaciones incorporan técnicas de ingeniería ambiental.
- Trabajos de restauración de infraestructuras viales, es frecuente verla en medianas de carreteras, isletas de autovías o en labores de mejora paisajística de grandes

infraestructuras, en particular, en las autovías del sur y del Levante peninsular. También es muy frecuente en trabajos de restauración de canteras y graveras.

- Trabajos de restauración con fines de recreo y de mejora del paisaje, en particular en Espacios Naturales Protegidos, áreas de recreo, restauración de vías pecuarias, etc. El carácter mediterráneo de la especie y su belleza han favorecido su empleo en jardinería, a lo cual contribuye el hecho de adaptarse bien al trasplante de individuos de gran tamaño, siendo frecuente en parques y obras que requieren un establecimiento casi “inmediato” de la vegetación.
- Repoblaciones forestales con objetivo protector-productor, que permiten la obtención de masas de densidad media-alta de carácter multifuncional (Montero *et al.*, 2004). En este caso es recomendable utilizar material forestal de reproducción selecto y densidades superiores a 600 pies ha⁻¹, para optimizar la función protectora y productora mediante la selvicultura propia de la especie (Montero y Candela, 1998; Montero *et al.*, 2000 y 2004).
- Plantaciones intensivas de producción utilizando material genético seleccionado, preferiblemente con planta injertada. Se utiliza material injertado para evitar la fase juvenil sin producción de piña. El diseño de la plantación debe adecuarse para optimizar la capacidad productiva de la estación (Catalán, 1990; Prada *et al.*, 1997; Enríquez, 2000; Mutke *et al.*, 2000; Mutke y Diaz, 2001; Ovando *et al.*, 2010). El mantenimiento de la masa creada se aproxima más a un cultivo forestal que a una repoblación convencional, por lo que es necesario aplicar con regularidad prácticas de control de la competencia y de plagas y enfermedades, y podas de formación. Estos sistemas productivos podrían combinarse, por su baja densidad, con el aprovechamiento ganadero, en particular de ovino, aunque es una práctica poco utilizada actualmente (Palma *et al.*, 2007; Ovando *et al.*, 2010).
- Sistemas adhesados en zonas con restricciones para otras especies arbóreas (*Quercus*). Aunque carece de valor pastoral, puede utilizarse en terrenos agrícolas marginales, contribuyendo a mejorar su estado y reduciendo riesgos de degradación (Ansub, 2005 y 2006; Palma *et al.*, 2007; Calama *et al.*, 2007 b; Ovando *et al.*, 2010).

5. Planificación de la repoblación

El método de repoblación más frecuente para pino piñonero, tanto en plantaciones de producción como en restauraciones, es la plantación. No obstante, en muchos casos se ha recomendado la siembra debido a su buena adaptación, unido a que el objetivo de la repoblación recomienda y admite altas densidades (restauración de dunas). Los resultados de supervivencia no muestran una clara diferencia entre métodos de repoblación, por lo que no puede recomendarse un único método para la especie, sino, más bien, seleccionar el más adecuado a las condiciones particulares de la estación (Montero *et al.*, 2004).

La plantación se realiza de forma manual y la siembra se realiza por golpes, colocando entre 2 y 3 piñones por golpe, o a chorrillo en siembras lineales. En el caso de repoblaciones en el medio natural, donde las posibilidades de cuidados culturales son muy limitadas, la plantación o siembra debe hacerse en otoño, aunque puede ampliarse el periodo de

establecimiento, siempre que las condiciones lo aconsejan (zonas de media montaña con presencia de heladas). En caso contrario, hay que evitar retrasos (nunca después de febrero) que pueden comprometer la supervivencia de las plantaciones, en particular en suelos muy pedregosos o de escasa profundidad efectiva.

Las características de la planta tipo en cada repoblación vendrá determinada por el objetivo y las condiciones de establecimiento: puede utilizarse planta de una savia en contenedor forestal en repoblaciones genéricas (volumen alveolo 300 cm³, altura planta 20-30 cm) o planta de 2-3 savias (injertadas) en envase de gran volumen en repoblaciones específicas (volumen alveolo >1.000 cm³, altura planta >50 cm).

Entre los tratamientos de desbroce que pueden usarse cabe citar el desbroce mecanizado con desbrozadoras, bien de cadenas o de martillos, y como método de laboreo más extendido, por su economía y facilidad de aplicación, el pase de una grada de monte. Los tratamientos de desbroce a hecho sólo deben aplicarse en matorrales de muy baja diversidad (*Cistus ladanifer*). Es poco frecuente el desbroce puntual (manual o con motodesbrozadora), que permite un carácter más selectivo, no afectando a las especies que actúen como facilitadoras, en particular en trabajos de densificación y enriquecimiento.

Los procedimientos de preparación del suelo utilizados en el establecimiento del pino piñonero vienen condicionados por los objetivos de la restauración, por lo que lo más frecuente son las preparaciones mediante subsolado (simples o preferiblemente dobles) o los acaballados con desfonde en terrenos agrícolas, donde se justifican cuando el objetivo de la repoblación es productor. En trabajos de restauración en terrenos de vocación forestal, puede recurrirse a preparaciones puntuales mediante ahoyado, preferiblemente mecanizado (retroexcavadora de cadenas), haciendo hoyos de gran tamaño (cazo superior a 50 cm de longitud). Ocasionalmente puede recurrirse al ahoyado manual, aunque la supervivencia con preparaciones de baja intensidad es muy reducida.

La densidad de plantación propuesta para esta especie varía mucho según los autores, aunque por sus características ecológicas se adapta bien a un amplio rango de valores. Las densidades empleadas en repoblaciones de pino piñonero varían entre 400-1.200 (1.500) pies ha⁻¹ según el objetivo de la repoblación. En plantaciones mixtas, la densidad final de las especies utilizadas (pino piñonero-alcornoque), puede superar los 1.000 pies ha⁻¹. En repoblaciones protectoras se suelen utilizar densidades entre 1.200 y 1.500 pies ha⁻¹. La densidad óptima para la producción de piñón en masas adultas está entre 80 y 120 pies ha⁻¹ (Montero *et al.*, 2004); por lo que varios autores recomiendan para plantaciones de producción con planta injertada densidades iniciales más elevadas (~300-400 pies ha⁻¹) (Mutke *et al.*, 2000 y 2007 b), con el fin de poder seleccionar los árboles del porvenir con un criterio más adecuado. Una práctica muy recomendable, en este caso, sería el injerto de los pies, preferiblemente en vivero, o en su defecto en campo, con el fin de garantizar la buena calidad genética de los individuos. Los programas de mejora genética realizados con esta especie en España (Castaño *et al.*, 2004) y la selección de progenitores permiten disponer de material adecuado.

La respuesta funcional de los brinzales al establecimiento ha sido estudiada por varios autores (Amaro *et al.*, 2000; Puértolas *et al.*, 2005; Sánchez-Gómez *et al.*, 2009 y 2011;

Gordo *et al.*, 2009). En las plantaciones de pino piñonero no ha sido muy frecuente el uso de tubos invernadero, dado el temperamento heliófilo y xerófilo de la especie, aunque se ha estudiado el efecto de los tubos sobre el arraigo y el crecimiento de esta especie (Tabla 6) (Navarro Cerrillo *et al.*, 2001 a; Carreras y Sánchez, 2001; Oliet *et al.*, 2003). Los resultados obtenidos en estos trabajos y lo observado en campo, parecen indicar que en climas termomediterráneos y mesomediterráneos el uso de tubos no es necesario, siendo aparentemente más adecuado en climas de mayor xericidad (Carreras *et al.*, 2001).

Tabla 6. Valores de supervivencia y crecimiento de plantas de *Pinus pinea* en respuesta a distintos tipos de tubo invernadero empleados en climas termomediterráneo y mesomediterráneo.

	Navarro Cerrillo <i>et al.</i> , 2001 a			Carreras y Sánchez, 2001			
Condiciones del ensayo							
Localización	Sevilla Aznalcollar			Almería Vélez-Rubio			
Precipitación media anual o del año de ensayo (mm)	P ₁₉₉₇ = 534			P _a = 292 P ₁₉₉₈ = 241; P ₁₉₉₉ = 295			
Procedimiento de preparación	Subsolado			Subsolado			
Fecha de plantación	Noviembre de 1996 - Noviembre de 1998			Diciembre de 1997 - Febrero de 1998			
Modelo de tubo							
	Cartón plástico	Tubex	Control	Malla blanca	Tubex	Tubex con arena	Control
Supervivencia (%)	81,6	18,3	57,5	55	22	45	2
Altura al final del ensayo (cm)	36,7	47,2	30,4				
Diámetro al final del ensayo (mm)	5,1	5,4	8,0				

En las repoblaciones de pino piñonero en medios forestales no está justificado el uso del riego, aunque podría ser recomendable en circunstancias especiales (plantaciones intensivas), con dosis del orden de 50 litros por árbol en riegos preestivales (Mutzke *et al.*, 2007 a; Calama *et al.*, 2007 a). La fertilización tampoco es un cuidado cultural frecuente en repoblaciones de pino piñonero. Cañellas *et al.* (1999) no encontraron diferencias significativas en la supervivencia a los dos años de plantación al aplicar varios tratamientos de fertilización en campo, aunque sí en crecimiento en altura, dando mejores resultados el empleo del fertilizante de liberación controlada Agroblen (9-13-18+3MgO+Fe, 12-14 meses, con dosis de 15 g planta⁻¹), recomendando su uso en terrenos muy pobres o con abundante competencia herbácea. En otros trabajos tampoco se ha observado un efecto beneficioso de los fertilizantes sobre la supervivencia (Cañellas *et al.*, 2004), aunque sí sobre el crecimiento (Oliet *et al.*, 2003) (Tabla 7). Se han obtenido mejores resultados en crecimiento y supervivencia al aplicar enmiendas orgánicas (compost de residuos

sólidos urbanos + residuos vegetales) (Álvarez *et al.*, 2001; Larcheveque *et al.*, 2006). Esta ambigüedad, unida al incremento del coste que supondría la fertilización, hace que sea un cuidado cultural poco frecuente, siendo más importante utilizar una buena planta de vivero y un buen procedimiento de preparación del suelo. No obstante, la fertilización podría ser recomendable en plantaciones intensivas de pino piñonero, en particular si se utiliza planta injertada, con el fin de regularizar la producción (Calama *et al.*, 2007).

Tabla 7. Valores de atributos morfológicos de plantas de *Pinus pinea* tras su primer año en campo en función de diferentes tratamientos de fertilización en campo y sitios de ensayo (Oliet *et al.*, 2003).

Valores de referencia			
Condiciones del ensayo			
Localización	Aznaalcollar (Sevilla)		Almonte (Huelva)
Precipitación media anual y en los años de ensayo (mm)	P _a = 560 P ₁₉₉₇ = 834; P ₁₉₉₈ = 328		P _a = 610 P ₁₉₉₇ = 802 ; P ₁₉₉₈ = 367
Preparación del terreno	Subsolado doble		
Fecha de plantación	Noviembre de 1996		
Época de medición	Diciembre 1998		
Fertilizante			
	Osmocote (18-11-10)	Triple superfosfato (18-46-00)	Control
Altura (cm)	17,3	20,2	13,8
Díámetro del cuello de la raíz (mm)	6,3	7,0	5,5

En forestaciones en terrenos agrícolas, deben realizarse actuaciones para el control de la competencia durante los años posteriores a la plantación, siendo fundamentales para el éxito de la forestación (Cañellas *et al.*, 1999; Navarro Cerrillo *et al.*, 2010). El laboreo es el método más utilizado en forestación de explotaciones agrarias. Las desbrozadoras, los cultivadores o los escardadores pueden ser una alternativa técnica eficaz. El empleo de herbicidas en repoblaciones de piñonero ha mostrado diferencias significativas en la supervivencia para diferentes tipos y dosis de herbicidas (Cañellas *et al.*, 1999). Estos autores encontraron que la hexacinona ejerce un mejor control de la vegetación herbácea, aún con dosis bajas (250 g ha⁻¹), mientras que los crecimientos en altura mejoraron con el herbicida Velpar (dosis de 500 y 350 g ha⁻¹).

En el caso del pino piñonero es frecuente que deban hacerse podas en las plantaciones desde edades muy tempranas. Pueden ser de dos tipos: de formación del fuste para favorecer un crecimiento rápido en altura y de formación de la copa, cuyo objetivo pretende la promoción de la producción de piña (olivado) una vez que el árbol ha alcanzado la edad adecuada. Las podas de formación del fuste tienen su razón de ser por la tendencia que presenta la especie al desarrollo de una copa globosa, con muchas ramas basales, que retrasan el crecimiento en altura de las plantas jóvenes. Se recomienda realizar 2 ó 3 intervenciones, según el vigor y el desarrollo que presente el árbol (Fig. 5). En el caso de

plantaciones con densidades iniciales de 600 pies ha⁻¹ es necesario realizar podas de realce entre los 6-8 años. La segunda poda deberá realizarse antes de que transcurran 7-8 años desde la anterior, aunque dependerá del desarrollo medio de la masa. En este sentido, en las masas con densidad de 600 pies ha⁻¹ las copas comienzan a trabarse pronto y las ramas de los verticilos más bajos adquieren un gran diámetro, lo que puede producir heridas, que serán tanto mayores cuanto más se retrase la poda. En ocasiones no se pueden cortar todas las ramas del verticilo, porque las heridas rodean, casi completamente, el fuste, impidiendo el retorno de savia y produciéndose el anillamiento del árbol (Montero *et al.*, 2004). La intensidad de las intervenciones no debe ser elevada para evitar que afecte al crecimiento del árbol y produzca la emisión de numerosos chupones, por lo que se recomienda no podar más de un 1/3 de las ramas vivas (Montero *et al.*, 2004).



Figura 5. Repoblación de *Pinus pinea* en Punta Umbría, Huelva (Foto: R.M. Navarro Cerrillo).

Las plagas más destacadas que afectan a las repoblaciones de pino piñonero son: *Thaumetopoea pityocampa*, lepidóptero defoliador que causa problemas en masas de pinares, *Tomicus piniperda* (coleóptero, perforador), *Pissodes castaneus* (coleóptero, perforador), *Hylobius habietis* (coleóptero, perforador), *Retinia resinilla* (coleóptero, perforador), *Acantholyda hieroglyphica*, himenóptero defoliador que provoca daños principalmente en repoblaciones jóvenes. Las principales enfermedades que afectan a masas jóvenes de pino piñonero son *Lophodermium pinastri*, causando defoliación sobre ramas jóvenes, *Thyriopsis halepensis*, que provoca defoliación, principalmente en las masas de arenales costeros, y *Phellinus pini* que provoca la pudrición de troncos.

La regeneración natural de pino piñonero ha sido un aspecto muy estudiado, tanto en masas naturales como artificiales (Masetti y Mencuccini, 1991; Calama y Montero, 2007; Barbeito *et al.*, 2008; Manso *et al.*, 2009). En muchos casos, el manejo de la regeneración está encaminado a la persistencia y a la conservación de las masas y forma parte de las actividades previstas en la silvicultura de la especie (Montero *et al.*, 2008) o en la ordenación (Madrigal, 1994). En otros muchos casos, la regeneración natural se produce de forma no planificada, principalmente en pinares de repoblación, incluso colonizando formaciones de matorral o terrenos descubiertos (Arévalo *et al.*, 2005). Los procesos de facilitación en el subpiso de las masas de piñonero también pueden desempeñar un papel importante en el establecimiento de especies del género *Quercus* y otras especies acompañantes (*Juniperus* spp., *Pistacia lentiscus*, etc.). *Pinus pinea* es una especie poco adaptada al fuego, presentando, al igual que *P. nigra*, una escasa floración y la ausencia de piñas serótinas (Tapias *et al.*, 2001), por lo que no es factible la regeneración natural después de un incendio.

6. Bibliografía

- ALVAREZ J.B., TOLEDO M.J., ABELLANAS B., MARTÍN L.M., 2004. Use of megagametophyte storage proteins as markers of the genetic diversity in stone pine (*Pinus pinea* L.) in Andalucía, Spain. *Genet. Resour. Crop Evol.* 51, 621-627.
- ABELLANAS B., CUADROS S., NAVARRO-CERRILLO R., OLIET J., BASTIDA F., BUTLER I., 1997. Programa de mejora de pino piñonero (*Pinus pinea* L.) en Andalucía. *Cuad. Soc. Esp. Cienc. For.* 5, 57-66.
- AMARAL FRANCO J., 1986. *Pinus pinea* L. En: Flora iberica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares. Vol I. *Lycopodiaceae - Papaveraceae*. (Castroviejo S., Laínz M., López González G., Montserrat P., Muñoz Garmendia F., Paiva J., Villar L., eds.). Real Jardín Botánico, Madrid. pp. 173.
- AMARO J.A., PARDOS M., AGUNDEZ D., ALIA R., 2000. Comportamiento de procedencias de *Pinus pinea* en cámara climática durante el primer año de crecimiento. En: 1er Simposio del pino piñonero. Tomo II. Junta de Castilla y León, Valladolid. pp. 47-54.
- ANSUB, 2005. Conclusões e recomendações das I Jornadas do Pinheiro Manso da ANSUB. En: I Jornadas do Pinheiro Manso da ANSUB. Ed. ANSUB, Alcacer do Sal.
- ANSUB, 2006. Sistemas agro-florestais de uso múltiplo. A importância da gestão dos solos e do sobcoberto na vitalidade do sobreiro e do arvoredo em geral. O Pinheiro Manso. PDR 2007-2013. ANSUB. Alcácer do Sal.
- ANZIDEI M., FADY B., MADAGHIELE A., SAGNARD F., VENDRAMIN G., 2001. Near absence of chloroplast microsatellite variation in *Pinus pinea* L. due to human impact. *Tree Biotechnology in the new Millennium*. Pacific Northwest. USA.
- ARDUINI I., GODBOLD D.L., ONNIS A., 1995. Influence of copper on root growth and morphology of *Pinus pinea* L. and *Pinus pinaster* Ait. seedlings. *Tree Physiol.* 15, 411-415.
- AREVALO J., NARANJO-CIGALA A., SALAS PASCUAL M., 2005. Regeneration in a mixed stand of native *Pinus canariensis* and introduced *Pinus pinea* species. *Acta Oecol.* 28(2), 87-94.
- ASENSI A., DÍEZ GARRETAS B., 1987. Andalucía occidental. En: La vegetación de España. (Peinado Lorca M., Rivas Martínez S., eds.). Servicio de publicaciones de la Universidad de Alcalá de Henares, Alcalá de Henares. pp. 197-230.
- AUÑÓN F., NICOLÁS J., MARTÍN S., 2001. Conservación de recursos genéticos de *Pinus*: Banco de semillas de la DGCN. En: Actas del III Congreso Forestal Español. Mesa 3. (Junta de Andalucía, ed.). Granada. pp. 560-565. Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- BARBEITO I., PARDOS M., CALAMA R., CAÑELLAS I., 2008. Effect of stand structure on Stone pine (*Pinus pinea* L.) regeneration dynamics. *Forestry* 81, 617-629.

- BERMEJO M., CASADO L., 1926. Reseña de los trabajos de fijación y repoblación de las dunas del SO de España. Instituto Internacional de Agricultura, Congreso Internacional de Selvicultura. pp. 1-20.
- BLANCO E., CASADO M.A., COSTA M., ESCRIBANO R., GARCÍA-ANTÓN M., GÉNOVA M., GÓMEZ-MANZANEQUE A., GÓMEZ-MANZANEQUE F., MORENO J.C., MORLA C., REGATO P., SAINZ-OLLERO H., 1997. Los bosques ibéricos. Una interpretación geobotánica. Ed. Planeta, Barcelona. pp. 373-380.
- BUTLER I., ABELLANAS B., MONTEAGUDO F.J., BASTIDA F., LÓPEZ J., 1997. Primeros resultados de una parcela de ensayo de técnicas de cultivo agronómico de injertos de pino piñonero en la finca experimental El Cebollar (Moguer, Huelva). En: Actas del II Congreso Forestal Español, I Congreso Forestal Hispano Luso. Tomo III. (Puertas F., Rivas M., eds.). Pamplona. pp. 99-104. Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- CALAMA R., MONTERO G., 2007. Cone and seed production from stone pine (*Pinus pinea* L.) stands in Central Range (Spain). Eur. J. For. Res. 126, 23-35.
- CALAMA R., MADRIGAL G., CANDELA J.A., MONTERO G., 2007 a. Effects of fertilization on the production of an edible forest fruit: stone pine (*Pinus pinea* L.) nuts in south-west Andalusia. Invest. Agr.:Sist. Recur. For. 16(3), 241-252.
- CALAMA R., SANCHEZ-GONZALEZ M., MONTERO G., 2007 b. Management oriented growth models for multifunctional Mediterranean forests: The case of the Stone pine (*Pinus pinea* L.). Scientific tools and research needs for multifunctional Mediterranean. For. Ecol. Manage. (56), 57-69.
- CALAMA R., GORDO F.J., MUTKE S., MONTERO G., 2008. An empirical ecological-type model for predicting stone pine (*Pinus pinea* L.) cone production in the Northern Plateau (Spain). For. Ecol. Manage. 255 (3-4), 660-673.
- CALAMA R., MUTKE S., TOME J., GORDO F.J., MONTERO G., TOME M., 2010. Modelling spatial and temporal variability in a zero-inflated variable: The case of stone pine (*Pinus pinea* L.) cone production. Ecol. Model. 222(3), 606-618.
- CAÑELLAS I., FINAT L., BACHILLER A., MONTERO G., 1999. Comportamiento de planta de *Pinus pinea* en vivero y campo: ensayos de técnicas de cultivo de planta, fertilización y aplicación de herbicidas. Invest. Agr.: Sist. Recur. For. 8(2), 335-359.
- CAÑELLAS I., BACHILLER A., DEL RÍO M., 2004. Efectos de la fertilización orgánica y mineral en el arraigo y desarrollo de especies mediterráneas durante los primeros años de la plantación. Cuad. Soc. Esp. Cienc. For. 17, 139-144.
- CARNEIRO A., HALL D'ALPUIM M., VACAS DE CARVALHO M.A., PESSOA J., CARRASQUINHO I., 2007. Manual ilustrado de enxertia do Pinheiro Manso. Estação Florestal Nacional.
- CARRASQUINHO I., FREIRE J., RODRIGUES A., TOME M., 2010. Selection of *Pinus pinea* L. plus tree candidates for cone production. Ann. For.Sci. 67(8), 814.
- CARRERAS C., SÁNCHEZ J., 2001. Resultados de repoblación con especies de matorral en Vélez-Rubio (Almería). En: Actas del III Congreso Forestal Español. Mesa 3. (Junta de Andalucía, ed.). Granada. pp. 626-631. Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- CASTAÑO J., ESTIRADO M., ABELLANAS B., BUTLER I., COSANO I., LUENGO J., GARCÍA J., CANDELA J., 2004. El injerto de pino piñonero. Manuales de Restauración Forestal, 9. Consejería de Medio Ambiente, Sevilla.
- CATALÁN G., 1990. Plantaciones de *Pinus pinea* en zonas calizas para producción precoz de piñón. Ecología 4, 105-120.
- CATALÁN G., 1991. Semillas de árboles y arbustos forestales. Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza. Ministerio Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid. pp. 275-294.
- CATALÁN G., CATALÁN G., 1996. Plantaciones mixtas de lavandín e injerto de pino piñonero en tierras agrícolas marginales. ITEA 17, 406-412.

- CATALÁN G., DIETL B., 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. En: Actas del II Congreso Forestal Español, I Congreso Forestal Hispano Luso. Tomo III. (Puertas F., Rivas M., eds.). Pamplona. pp. 141-145. Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- CEBALLOS L., 1960. Repoblación forestal en España en los últimos veinte años (1940-1960). Estudios Geográficos XXI(82), 497-507.
- COLON J.J., GUTIÉRREZ F.J., RUIZ M., PROBENZA A., 2001. Incremento de parámetros biométricos y de la actividad biológica rizosférica de *Pinus pinea* mediante la utilización de bacterias promotoras del crecimiento y ectomicorrizas. En: Actas del III Congreso Forestal Español. Mesa 3. (Junta de Andalucía, ed.). Granada. pp. 380-385. Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- CONTRERAS ARRIBAS E., PRADES LOPEZ C., MARTIN DE ALMAGRO R., 2009. Análisis del ciclo de producción de piña de *Pinus pinea* L. en la comarca de Villaviciosa de Córdoba y de la influencia de los factores climáticos en la variación interanual. En: Actas del 5 Congreso Forestal Español. [cd-rom]. (Sociedad Española de Ciencias Forestales, Junta de Castilla y León, eds.). Ávila. Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- CORTIZO M., CUESTA C., CENTENO M., RODRIGUEZ A., FERNANDEZ B., ORDAS R., 2009. Benzyladenine metabolism and temporal competence of *Pinus pinea* cotyledons to form buds *in vitro*. J. Plant Physiol. 166(10), 1069-1076.
- CORTIZO M., ALVAREZ J.M., RODRIGUEZ A., FERNANDEZ B., ORDAS R., 2010. Cloning and characterization of a type-A response regulator differentially expressed during adventitious shoot formation in *Pinus pinea* L. J. Plant Physiol. 167(12), 1023-1026.
- DOMÍNGUEZ S., HERRERO N., CARRASCO I., OCAÑA L., PEÑUELAS J.L., 1997. Ensayo de diferentes tipos de contendedores para *Quercus ilex*, *Pinus pinaster*, *Pinus pinea*: resultados en vivero. En: Actas del II Congreso Forestal Español, I Congreso Forestal Hispano Luso. Tomo III. (Puertas F., Rivas M., eds.). Pamplona. pp. 189-194. Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- DOMÍNGUEZ S., CARRASCO I., HERRERO N., OCAÑA L., NICOLÁS J.L., PEÑUELAS J.L., 2000 a. Las características de los contendedores influyen en la supervivencia y crecimiento de las plantas de *Pinus pinea* en campo. En: 1^{er} Simposio del Pino piñonero. Tomo II. Junta de Castilla y León, Valladolid. pp. 203-209.
- DOMÍNGUEZ S., OLIET J., RUIZ P., CARRASCO I., PEÑUELAS J.L., SERRADA R., 2000 b. Influencia de la relación N-P-K en el desarrollo en vivero y campo de plantas de *Pinus pinea*. En: 1^{er} Simposio del Pino piñonero. Tomo II. Junta de Castilla y León, Valladolid. pp. 195-202.
- DOMINGUEZ-LERENA S., HERRERO SIERRA N., CARRASCO MANZANO I., OCANA BUENO L., PENUELAS J., MEXAL J., 2006. Container characteristics influence *Pinus pinea* seedling development in the nursery and field. For. Ecol. Manage. 221(1-3), 63-71.
- ENRIQUEZ V.P., 2000. El pino piñonero, árbol frutal. En: 1^{er} Simposio del Pino piñonero. Junta de Castilla y León, Valladolid.
- ESCUADERO A., PÉREZ-GARCÍA F., LUZURLAGA A.L., 2002. Effects of light, temperature and population variability on the germination of seven Spanish pines. Seed Sci. Res. 12, 261-271.
- EVARISTO I., BATISTA D., CORREIA I., CORREIA P., COSTA R., 2010. Chemical profiling of Portuguese *Pinus pinea* L. nuts. J. Sci. Food Agric. 90(6), 1041-1049.
- FADY B., FINESCHI S., VENDRAMIN G.G., 2004. EUFORGEN Technical Guidelines for genetic conservation and use for Italian stone pine (*Pinus pinea*). IPIGRI.
- FERNÁNDEZ M., TAPIAS R., 2005. Influencia de la intensidad luminosa sobre la tasa fotosintética de los pinos españoles. Cuad. Soc. Esp. Cienc. For. 20, 73-78.
- FERNÁNDEZ M., PUERTOLAS J., ALONSO J., RODRÍGUEZ M., GIL L., PARDOS J.A., 2000 a. Efecto de la fertilización durante el periodo de endurecimiento sobre las plantas de *Pinus pinea* L. producidas en contenedor. En: 1^{er} Simposio del Pino piñonero. Tomo II. Junta de Castilla y León, Valladolid. pp. 183-190.

- FERNÁNDEZ M., MARTÍN D., MASEDO F., PARDOS J.A., 2000 b. Efecto del régimen de riego sobre la conductancia hidráulica en tallo hipocotilo de *Pinus pinea* L. En: 1^{er} Simposio del Pino piñonero. Tomo II. Junta de Castilla y León, Valladolid. pp. 177-181.
- FORESTRY COMMISSION, 2010. Draft guidance for seed testing at Forestry Commission approved forest tree seed testing facilities. Disponible en: [http://www.forestry.gov.uk/pdf/STC-Appendix_1.pdf/\\$FILE/STC-Appendix_1.pdf](http://www.forestry.gov.uk/pdf/STC-Appendix_1.pdf/$FILE/STC-Appendix_1.pdf) [5 Jul, 2010]
- FONT i QUER P., 1954. La vegetación. En: Geografía de España y Portugal (Terán M., ed.). Vol III. Barcelona.
- GALLEGOS V., NAVARRO CERRILLO R.M., ALCÁNTARA E., 2001. Deficiencias nutritivas en plantas de una savia de tres especies del genero *Pinus* spp., en cultivo hidropónico. Invest. Agr.: Sist. Recur. For. 10(1), 43-58.
- GANDULLO J.M., SÁNCHEZ-PALOMARES O., 1994. Estaciones ecológicas de los pinares españoles. Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza. Ministerio Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid.
- GARCÍA DEL BARRIO J.M., DE MIGUEL J., ALÍA R., IGLESIAS S., 2001. Regiones de identificación y utilización de material forestal de reproducción. Dirección General de Conservación de la Naturaleza. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.
- GARCIA SALMERÓN J.L., 1967. Erosión eólica. Ministerio de Agricultura. Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias, Madrid.
- GARCÍA-FAYOS P. (coord.), 2001. Bases ecológicas para la recolección, almacenamiento y germinación de semillas de especies de uso forestal de la Comunidad Valenciana. Banc de Llavors Forestals, Conselleria de Medi Ambient, Generalitat Valenciana, Valencia. pp. 31.
- GIL L., 1999. La transformación histórica del paisaje: la permanencia y extinción local del pino piñonero. En: Los montes y su historia. Una perspectiva económica, política y social. (Marín P., Domingo J., Calzado A., eds.). Universidad de Huelva y Empresa Nacional de Celulosa, Huelva. pp. 151-185.
- GOMEZ A., AGUIRIANO E., BUENO M.A., ALIA R., 2002. Microsatélites de cloroplastos de *Pinus pinea*. Invest. Agr.: Sist. Recur. For. 11(1), 145-154.
- GOMEZ-ARIZA J.L., ARIAS-BORREGO A., GARCIA-BARRERA T., 2006. Multielemental fractionation in pine nuts (*Pinus pinea*) from different geographic origins by size-exclusion chromatography with UV and inductively coupled plasma mass spectrometry detection. J. Chromatogr. 1121(2), 191-199.
- GONZÁLEZ F., 1977. Síntesis de los ecosistemas del Bajo Guadalquivir. Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza. Ministerio Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid.
- GONZÁLEZ-ANDRÉS F., PITA J.M., ORTIZ J.M., 1999. Identification of Iberian and Canarian species of the genus *Pinus* with four isoenzyme systems. Biochem. Syst. Ecol. (3), 235-242.
- GONZÁLEZ-OCHOA A.I., DE LAS HERAS J., TORRES P., SÁNCHEZ-GÓMEZ E., 2003. Mycorrhization of *Pinus halepensis* Mill. and *Pinus pinaster* Aiton seedlings in two comercial nurseries. Ann. For. Sci. 60, 43-48.
- GORDO J., MUTKE S., GIL L., 2001. Modelo individual de producción de piñón de *Pinus pinea* L. como criterio de selección fenotípica. En: Actas del III Congreso Forestal Español. Mesa 3. (Junta de Andalucía, ed.). Granada. pp. 172-177. Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- GORDO J., MUTKE S., GIL L., 2007. Ausencia de diferenciación ecotípica entre rodales selectos de pino piñonero en la cuenca del Duero. Invest. Agr.: Sist. Recur. For. 16(3), 253-261.
- GORDO F.J., ÁLVAREZ D., MUTKE S., GIL L., 2009. Selección y uso de materiales de base en el pino piñonero Variabilidad fenotípica en respuesta al estrés hídrico en una especie forestal genéticamente homogénea: *Pinus pinea* L. En: Actas del 5 Congreso Forestal Español. [cd-rom]. (Sociedad Española de Ciencias Forestales, Junta de Castilla y León, eds.). Ávila. Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- GRADIA., 1989. Raccolta di seniforestali e possibilità di meccanizzazione. Nelrispettodellasicurizzadeglioperai. Economia montana Linea ecológica 21 (2), 15-18.

- HONRUBIA M., TORRES P., DÍAZ G., CANO A., 1992. Manual para micorrizar plantas en viveros forestales. Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza. Ministerio Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid.
- HONRUBIA M., CARRILLO C., PEÑUELAS J.L., DOMÍNGUEZ-LERENA S., VILLAR-SALVADOR P., OCAÑA L., 1997. Influencia de la fertirrigación en la micorrización controlada de *Pinus halepensis* en vivero. En: Actas del II Congreso Forestal Español, I Congreso Forestal Hispano Luso. Mesa 3. (Puertas F., Rivas M., eds.). Pamplona. pp. 307-312. Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- HORMILLA S., PEÑA J.I., DUÑABEITIA M.K., 1997. Influencia de la ectomicorrización en la respuesta de plantas de *Quercus robur* L. a la deficiencia nutricional. En: Actas del II Congreso Forestal Español, I Congreso Forestal Hispano Luso. Mesa 3. (Puertas F., Rivas M., eds.). Pamplona. pp. 313-318. Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- IGLESIAS S., 1997. Programa de Mejora Genética de *Pinus pinea*. Cuad. Soc. Esp. Cienc. For. 5, 217-224.
- IOVIENO P., ALFANI A., BAATH E., 2010. Soil microbial community structure and biomass as affected by *Pinus pinea* plantation in two Mediterranean areas. Appl. Soil Ecol. 45(1), 56-63.
- ISTA (International Seed Testing Association), 2011. International rules for seed testing. Edition 2011. ISTA, Bassersdorf, Switzerland.
- IZHAKI I., 2000. Passerine bird communities in Mediterranean pine forests. En: Ecology, Biogeography and Management of *Pinus halepensis* and *P. brutia* forest ecosystems in the Mediterranean Basin (Ne'eman G., Trabaud L., eds.). Leiden, Backhuys Publishers. pp. 237-250.
- JIMENEZ P., AGÚNDEZ D., ALBA N., GONZÁLEZ-MARTÍNEZ S.C., GÓMEZ A., COGOLLUDO M., COLLADA C., IGLESIAS S., ALÍA R., GIL L., 2001. Diversidad genética en especies forestales en la Península Ibérica. En: Actas del III Congreso Forestal Español (Junta de Andalucía, ed.). Granada. Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- KITH TASSARA M., 1946. El problema de las dunas del suroeste de España. Montes 11, 414-419.
- KRUGMAN S.L., JENKISON J.L., 1974. *Pinus* L. En: Seeds of woody plants in the United States. (Schopmeyer C.S., ed.). United States Department of Agriculture, Forest Service, Agriculture Handbook 450, Washington. pp. 598-638.
- LANNER R.M., 1998. Seed dispersal in *Pinus*. En: Ecology and biogeography of *Pinus* (Richardson D.M., ed.). Cambridge, University Press. pp. 251-280.
- LARCHEVEQUE M., BALLINI C., KORBOULEWSKY N., MONTES N., 2006. The use of compost in afforestation of Mediterranean areas: effects on soil properties and young tree seedlings. Sci. Total Environ. 369 (1-3), 220-230.
- LÓPEZ GONZÁLEZ G., 1982. La guía INCAFO de los árboles y arbustos de la Península Ibérica. Ed. INCAFO. Madrid.
- LOURO V., PINTO G., 2011. Sementes, uma ponte entre o passado e o futuro da floresta. Ministério da Agricultura, Mar, Ambiente e Ordenamento do Território. CENASEF. pp. 31-38.
- LUCAS GARCIA J., DOMENECH J., SANTAMARIA C., CAMACHO M., DAZA A., GUTIERREZ MANERO F.J., 2004. Growth of forest plants (pine and holm-oak) inoculated with rhizobacteria: relationship with microbial community structure and biological activity of its rhizosphere. Environ. Exp. Bot. 52(3), 239-251.
- MADRIGAL A., 1994. Ordenación de montes arbolados. Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza. Ministerio Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid.
- MANSO GONZÁLEZ R., CALAMA SAINZ R., GARRIGA GARCÍA E., PARDOS MÍNGUEZ M., 2009. Modelización de la dispersión primaria en *Pinus pinea* L.: una primera aproximación. En: Actas del 5 Congreso Forestal Español. [cd-rom]. (Sociedad Española de Ciencias Forestales, Junta de Castilla y León, eds.). Ávila. Disponible en: <http://congresoforestal.es>

- MARTÍNEZ F., MONTERO G., RUIZ PEINADO R., CAÑELLAS I., CANDELA J.A., 2004. Geobotánica e historia de los pinares. En: El pino piñonero (*Pinus pinea* L.) en Andalucía. Ecología, Distribución y Selvicultura. (Borrero G., ed.). Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía.
- MARTÍNEZ MONTES E., ALEJANO MONGE R., VILLALÓN TORRES D., 2003. Los pinares de pino piñonero en el Sur peninsular. Papel en la dinámica natural en base a la arqueología prehistórica y protohistórica. Nuevas interpretaciones. Cuad. Soc. Esp. Cienc. For. 16, 121-126.
- MASETTI, C. MENCUCCINI, M., 1991. Régénération naturelle du pin pignon (*Pinus pinea* L.) dans la Pineta Granducale di Alberese (Parco Naturale della Maremma, Toscana, Italie). Ecol. Mediterranea. 17, 103-118.
- MENEDEZ AMOR J., FLORSCHÜTZ F., 1964. Resultados del análisis paleobotánico de una localidad en las cercanías de Huelva (Andalucía). Estudios Geológicos 3-4, 183-187.
- MONTERO G., CANDELA J.A., 1998. Manual de claras para repoblaciones de *Pinus pinea* L. EGMASA-Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía, Sevilla.
- MONTERO G., RUIZ-PEINADO R., CANDELA J.A., CANELLAS I., GUTIÉRREZ M., PAVÓN J., ALONSO A., RÍO M.D., BACHILLER A., CALAMA R., 2004. El pino piñonero (*Pinus pinea* L.) en Andalucía. Ecología, Distribución y Selvicultura. (Borrero G., ed.). Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía.
- MONTERO G., CALAMA R., RUIZ-PEINADO R., 2008. Selvicultura de *Pinus pinea* L. En: Compendio de Selvicultura aplicada en España (Serrada R., Montero G., Reque J.A., eds.). Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Agroalimentaria. Madrid. pp.431-470.
- MUÑOZ C., CUERVO E., AMPUDIA M., GASTÓN A., PEÑUELAS J.L., IGLESIAS S., HERRERO N., 2009. Control químico de *Fusarium circinatum* Nirenberg & O'Donnell en semillas del género *Pinus*. En: Actas del 5 Congreso Forestal Español. [cd-rom]. (Sociedad Española de Ciencias Forestales, Junta de Castilla y León, eds.). Ávila. Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- MUTKE S., DÍAZ L., 2001. Plantaciones injertadas de *Pinus pinea*. Posible impacto de los programas de forestación de tierras agrarias. En: Actas del III Congreso Forestal Español. Mesa 3. (Junta de Andalucía, ed.). Granada. pp. 186-193. Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- MUTKE S., DÍAZ L., GORDO A., 2000. Análisis comparativo de la rentabilidad comercial privada de plantaciones de *Pinus pinea* L. en tierras agrarias de la provincia de Valladolid. Invest. Agr.: Sist. Recur. For.9 (2), 269-303.
- MUTKE S., GORDO F.J., GIL L., 2001. Fenología de *Pinus pinea* L. en un banco clonal (Valladolid). Invest. Agr.: Sist. Recur. For. 12(1), 149-157.
- MUTKE S., SADA B., IGLESIAS S., GIL L., 2003. Evaluación de la producción individual de piña en un banco clonal de pino piñonero (*Pinus pinea* L.) en Madrid. Invest. Agr.: Sist. Recur. For. 12(1), 149-157.
- MUTKE S., GORDO J., GIL L., 2005 a. Cone yield characterization of a stone pine (*Pinus pinea* L.) clone bank. Silvae Genet. 54(4-5), 189-197.
- MUTKE S., GORDO F.J., GIL L., 2005 b. Variability of Mediterranean Stone pine cone production: Yield loss as response to climate change. Agric. For. Meteorol. 132(3-4), 263-272.
- MUTKE S., CALAMA R., GORDO J., GIL L., 2007 a. El uso del pino piñonero como especie frutal en sistemas agroforestales de secano. Cuad. Soc. Esp. Cienc. For. 22, 137-142.
- MUTKE S., IGLESIAS S., GIL L., 2007 b. Selección de clones de pino piñonero sobresalientes en la producción de piña. Invest. Agr.: Sist. Recur. For.16(1), 39-51.
- MUTKE S., CALAMA R., GORDO J., ÁLVAREZ D., GIL L., 2007 c. Stone pine orchards for nut production: which, where, how? FAO.
- NASRI N., TRIKI S., 2007. Les proteines de reserve du pin pignon (*Pinus pinea* L.). C. R. Biol. 330 (5), 402-409.
- NASRI N., KHALDIA., FADY B., TRIKI S., 2005. Fatty acids from seeds of *Pinus pinea* L.: Composition and population profiling. Phytochemistry 66 (14), 1729-1735.

- NAVARRO CERRILLO R.M., GÁLVEZ C., 2001. Manual para la identificación y reproducción de semillas de especies vegetales autóctonas de Andalucía. Tomo II. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, Córdoba. pp. 251-254.
- NAVARRO CERRILLO R.M., OLIET J., CONTRERAS O., 2001 a. El uso de tubos protectores con cuatro especies forestales en Andalucía occidental: Supervivencia y crecimiento. En: Actas del III Congreso Forestal Español. Mesa 3. (Junta de Andalucía, ed.). Granada. pp. 916-922. Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- NAVARRO CERRILLO R.M., OLIET J., CONTRERAS O., 2001 b. El uso de tubos protectores con cuatro especies forestales en Andalucía occidental: estudio microclimático. En: Actas del III Congreso Forestal Español. Mesa 3. (Junta de Andalucía, ed.). Granada. pp. 839-845. Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- NAVARRO CERRILLO R.M., CARRASCO P., AMORES R., PALACIOS G., 2001 c. Seguimiento de trabajos de forestación de tierras agrarias en Andalucía: El caso de Huelva. En: Actas del III Congreso Forestal Español. Mesa 3. (Junta de Andalucía, ed.). Granada. pp. 811-816. Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- NAVARRO CERRILLO R.M., VILLAR P., DEL CAMPO GARCÍA A., 2006. Morfología y establecimiento de los plantones. En: Calidad de planta forestal para la restauración en ambientes mediterráneos. Estado actual de conocimientos. (Cortina J., Peñuelas J.L., Puértolas J., Savé R., Vilagrosa A., coords.). Organismo Autónomo Parques Nacionales, Ministerio de Medio Ambiente, Madrid. pp.67-88.
- NAVARRO CERRILLO R.M., ZAPATER P., SÁNCHEZ LANCHA A., ARROYO SAUCE M., DEL CAMPO A.D., 2009. Comparación de sustratos para el cultivo de pino piñonero (*Pinus pinea* L.) y encina (*Quercus ilex* L.) en la Red de Viveros de Andalucía. En: Actas del 5 Congreso Forestal Español. [cd-rom]. (Sociedad Española de Ciencias Forestales, Junta de Castilla y León, eds.). Ávila. Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- NAVARRO CERRILLO R.M., PEMÁN J., DEL CAMPO A., MORENO J., LARA M.A., DÍAZ HERNÁNDEZ J.L., POUSA F., PIÑÓN F., 2010. Manual de especies para la forestación de tierras agrarias de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca. Sevilla. pp. 241.276.
- NAVARRO HEVIA J., MARTINEZ DE AZAGRA A., MONGIL J., 2009. Hidrología de conservación de aguas. Universidad de Valladolid.
- NERGIZ C., DONMEZ I., 2004. Chemical composition and nutritive value of *Pinus pinea* L. seeds. Food Chem. 86(3), 365-368.
- OLIET J., NAVARRO CERRILLO R.M., CONTRERAS O., 2003. Evaluación de la aplicación de tubos y mejoradores en repoblaciones forestales. Junta de Andalucía, Córdoba.
- OLIVERAS I., MARTÍNEZ-VILALTA J., JIMÉNEZ-ORTIZ T., LLEDÓ M.J., ESCARRÉ A., PIÑOL J., 2003. Hydraulic properties of *Pinus halepensis*, *Pinus pinea* and *Tetraclinis articulata* in a dune ecosystem of Eastern Spain. Plant Ecol. 169, 131-141.
- OVANDO P., CAMPOS P., CALAMA R., MONTERO G., 2010. Landowner net benefit from Stone pine (*Pinus pinea* L.) afforestation of dry-land cereal fields in Valladolid, Spain. J. For. Econ. 16(2), 83-100.
- PALACIOS G., NAVARRO CERRILLO R.M., 2001. Caracterización de la calidad de planta en vivero de siete procedencias de pino piñonero (*Pinus pinea* L.). En: Actas del III Congreso Forestal Español. Mesa 3. (Junta de Andalucía, ed.). Granada. pp. 854-860. Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- PALMA J., GRAVES A., BUNCE R., BURGESS P., DE FILIPPI R., KEESMAN K., VAN KEULEN K., LIAGRE F., MAYUS M., MORENO G., REISNER Y., HERZOG F., 2007. Modelling environmental benefits of silvoarable agroforestry in Europe. Agric. Ecosyst. Environ. 119(3-4), 320-334.
- PARDOS M., PUÉRTOLAS J., MADRIGAL G., GARRIGA E., BLAS S.D., CALAMA R., 2010. Seasonal changes in the physiological activity of regeneration under a natural light gradient in a *Pinus pinea* regular stand. For. Syst. 19(3), 367-380.
- PARLADÉ J., COHEN M., DOLTRA J., LUQUE J., PERA J., 2001. Continuous measurement of stem-diameter growth response of *Pinus pinea* seedlings mycorrhizal with *Rhizopogon roseolus* and submitted to two water regimes. Mycorrhiza 11, 129-136.
- PARLADÉ J., LUQUE J., PERA J., RINCÓN A.M., 2004. Field performance of *Pinus pinea* and *P. halepensis* seedlings inoculated with *Rhizopogon* spp. and outplanted in formerly arable land. Ann. For. Sci. 61, 507-514.

- PARLADÉ J., HORTAL S., PERA J., GALIPIENSO L., 2007. Quantitative detection of *Lactarius deliciosus* extraradical soil mycelium by real-time PCR and its application in the study of fungal persistence and interspecific competition. *J. Biotechnol.* 128(1), 14-23.
- PIOTTO B., DI NOI A. (eds.), 2001. Propagazione per seme di alberi e arbusti della flora mediterranea. ANPA, Roma.
- PITA J.M., SANZ V., ESCUDERO A., 1998. Seed cryopreservation of seven Spanish native pine species. *Silvae Genet.* 47, 220-223.
- PRADA M.A., GORDO F.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 Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- PROBANZA A., MATEOS J.L., GARCÍA J.A.L., RAMOS B., DE FELIPE M.R., MANERO F.J.G., 2001. Effects of inoculation with PGPR *Bacillus* and *Pisolithus tinctorius* on *Pinus pinea* L. growth, bacterial rhizosphere colonization, and mycorrhizal infection. *Microb. Ecol.* 41,140-148.
- PROBANZA A., LUCAS GARCIA J.A., RUIZ PALOMINO M., RAMOS B., GUTIERREZ MANERO F., 2002. *Pinus pinea* L. seedling growth and bacterial rhizosphere structure after inoculation with PGPR *Bacillus* (*B. licheniformis* CECT 5106 and *B. pumilus* CECT 5105). *Appl. Soil Ecol.* 20 (2), 75-84.
- PUÉRTOLAS J., SIERRA R., GIL L., PARDOS J.A., 2005. Comportamiento fisiológico en una plantación de *Pinus halepensis* y *Pinus pinea* en un antiguo terreno agrícola. En: Actas del IV Congreso Forestal Español. [cd-rom]. (Sociedad Española de Ciencias Forestales, ed.). Zaragoza. Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- QUÉZEL P., 1980. Biogéographie et écologie des conifères sur le pourtour méditerranéen. En: Actualités d'Ecologie Forestière (Pesson P., ed.). Paris, Gauthier-Villars. pp. 205-255.
- RIBEIRO D., RIBEIRO H., LOURO V., 2001. Produção em viveiros florestais. Direcção-Geral de Desenvolvimento Rural, Lisboa.
- RINCÓN A., ÁLVAREZ I.F., PARLADÉ J., PERA J., 1997. Micorrización controlada de *Pinus pinea* en vivero. En: Actas del II Congreso Forestal Español, I Congreso Forestal Hispano Luso. Tomo III. (Puertas F., Rivas M., eds.). Pamplona. pp. 545-550. Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- RINCÓN A., ÁLVAREZ I.F., PERA J., 1999. Ectomycorrhizal fungi of *Pinus pinea* L. in northern Spain. *Mycorrhiza* 8, 271-276.
- RINCÓN A., ÁLVAREZ I.F., PERA J., 2001. Inoculation of containerized *Pinus pinea* L. seedlings with seven ectomycorrhizal fungi. *Mycorrhiza* 11, 265-271.
- RIVAS MARTÍNEZ S., 1966. Esquema de la vegetación psammófila de las costas gaditanas. Volumen homenaje al Profesor Albareda, Facultad de Farmacia de Barcelona. pp. 149-159.
- RIVAS MARTÍNEZ S., COSTA M., CASTROVIEJO S., VALDÉS E., 1980. Vegetación de Doñana (Huelva, España). *Lazaroa* 2, 5-190.
- ROSÚA J.L., LÓPEZ DE HIERRO L., MARTÍN J.C., SERRANO F., SÁNCHEZ A., 2001. Procedencias de las especies vegetales autóctonas de Andalucía utilizadas en restauración de la cubierta vegetal. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, Sevilla.
- RUANO R., LÓPEZ E., MARTÍNEZ A., VILLAPLANA R., FOS M., SANCHÍS E., 2001. Sustratos alternativos al empleo de la turba en el cultivo de brinzales de pino. En: Actas del III Congreso Forestal Español. Mesa 3. (Junta de Andalucía, ed.). Granada. pp. 441-448. Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- RUIZ DE LA TORRE J., 2006. Flora Mayor. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Dirección General para la Biodiversidad, Madrid. pp. 204-212.
- SÁNCHEZ-GÓMEZ D., CANO F.J., CERVERA M.T., ARANDA I., 2009. Variabilidad fenotípica en respuesta al estrés hídrico en una especie forestal genéticamente homogénea: *Pinus pinea* L. En: Actas del 5 Congreso Forestal Español. [cd-rom]. (Sociedad Española de Ciencias Forestales, Junta de Castilla y León, eds.). Ávila. Disponible en: <http://congresoforestal.es>

- SANCHEZ-GOMEZ D., VELASCO-CONDE T., CANO-MARTIN F., GUEVARA M., CERVERA M., ARANDA I., 2011. Inter-clonal variation in functional traits in response to drought for a genetically homogeneous Mediterranean conifer. *Environ. Exp. Bot.* 70(2-3), 104-109.
- SAVÉ R., PERY M., MARFA O., SERRANO L., 1995. The effect of a hydrophilic polymer on plant water status and survival of trasplanted pine seedling. *Hort. Technol.* 5(2), 141-143.
- STEVENSON A.C., 1985. Studies in the vegetational history of SW Spain. II Palinological investigations at La Laguna de las Madres, SW Spain. *J. Biogeogr.* 12, 293-314.
- TAPIAS R., GIL L., FUENTES-UTRILLA P., PARDOS J.A., 2001. Canopy seed banks in Mediterranean pines of southeastern Spain: a comparison between *Pinus halepensis* Mill., *P. pinaster* Ait., *P. nigra* Arn. and *P. pinea* L. *J. Ecol.* 89, 629-638.
- VILLAR-SALVADOR P., PEÑUELAS J.L., CARRASCO I., 2001 a. Plantas grandes y mejor nutridas de *Pinus pinea* L. tienen mejor desarrollo en campo. En: 1^{er} Simposio del pino piñonero. Junta de Castilla y León, Valladolid. pp. 219-227.
- VILLAR-SALVADOR P., PEÑUELAS J.L., CARRASCO I., 2001 b. Influencia del endurecimiento por estrés hídrico y la fertilización en algunos parámetros funcionales relacionados con la calidad de la planta en *Pinus pinea* L. En: 1^{er} Simposio del pino piñonero. Junta de Castilla y León, Valladolid. pp. 211-218.
- VILLAR-SALVADOR P., GARRACHÓN S., DOMÍNGUEZ S., PEÑUELAS J.L., SERRADA R., OCAÑA L., 2001 c. Desarrollo en campo, arquitectura radical y estado hídrico seis años después de la plantación de brinzales de *Pinus pinea* cultivados en diferentes tipos de contenedor. En: Actas del III Congreso Forestal Español. Mesa 3. (Junta de Andalucía, ed.). Granada. pp. 791-796. Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- WILLKOMM H.M., LANGE J., 1870. *Prodromus Florae Hispanicae seu Synopsis metódica omnium plantarum in Hispania: sponte nacentium vel frequentius cultarum quae innotuerunt*. Vol. 1. Schweizerbart Verlag. Stuttgart.

Pinus radiata D. Don

Pino insigne, pino radiata, pino de Monterrey; *cat.*: pi insigne, pi radiata; *gall.*: piñeiro insigne, piñeiro americano; *eusk.*: intsinis pinu.

Francisco José LARIO LEZA

1. Descripción

1.1. Morfología

El pino insigne es un árbol que en España puede sobrepasar los 30 m, alcanzando 50 m en otros países. Su porte es regular, piramidal en la juventud, finamente ensanchado y globoso o truncado. Su sistema radical es somero, habitualmente de poco desarrollo con relación a su parte aérea. Su tronco es recto, con ritidoma pardo-rojizo grueso, prematuramente agrietado, rugoso, al final pardo-oscuro (Ceballos y Ruiz de la Torre, 1979). Las acículas se envainan de tres en tres, excepto en la estirpe de la isla de Guadalupe que lo hace en fascículos de a dos (Ceballos y Ruiz de la Torre, 1979). Sus hojas adultas, desarrollan de 10 a 15 cm de longitud, son perennes y duran de 3 a 4 años. Son verdes, brillantes, delgadas y flexibles (Burns y Honkala, 1990). Las yemas son ovoideo-agudas, con escamas rojizas, poco resinosas (Ceballos y Ruiz de la Torre, 1979).

1.2. Biología reproductiva

La especie es monoica. Las flores masculinas se producen en abundancia, en las ramas laterales, mientras que las flores femeninas se diferencian en todas las partes del árbol. El árbol es multinodal y los estróbilos se encuentran en una posición secundaria. Las flores masculinas son muy abundantes y apretadas, pardo-amarillentas con viso rosado. El polen tiene un grueso de 55 micras. Los conos floríferos femeninos son purpúreos-violáceos. En EE.UU. el pino radiata florece entre abril y junio y, según Philip y Laacke (1990), al final del invierno y principios de la primavera. Sin embargo, en el noroeste de España lo hace entre enero y marzo (Codesido *et al.*, 2005), aunque lo más frecuente es que se inicie la floración en febrero (Catalán, 1991). La producción de estróbilos femeninos fértiles se produce por primera vez entre los 5 y los 10 años, pero no se consiguen cosechas de semillas sustanciales hasta los 15 ó 20 años, y esta floración depende en gran medida de las condiciones de luz, humedad del sustrato y fertilización y de las condiciones climáticas de la estación. Los conos maduran en el otoño del segundo año tras la fecundación y se abren hacia el final del invierno y principio de la primavera.

Los estróbilos son oval-cónicos (Fig. 1), de 7 a 15 x 6 a 9 cm y de color pardo claro (Philip y Laacke, 1990). El color de las piñas maduras va del marrón lustroso al marrón claro y la longitud de 8 a 18 cm. Las piñas, muy compactas y pesadas, están verticiladas por 3-5 ó apareadas, subsentadas, muy asimétricas, serótinas y persistentes, según la descripción que hacen Ceballos y Ruiz de la Torre (1979). Las apófisis inferiores del lado externo son muy protuberantes, casi planas en la cara interna (Ceballos y Ruiz de la Torre, 1979). Las

piñas contienen entre 120 y 200 semillas. Los piñones son elipsoides, negruzcos y con motas (Fig. 2), de 20-35 mg de peso unitario y de 5-8 mm de longitud, con ala estrecha, 3-4 veces más larga que la semilla.



Figura 1. Piñas de *Pinus radiata*
(Foto: J.I. García Viñas).



Figura 2. Semillas de *Pinus radiata*.

En Norteamérica, los conos maduran en otoño del segundo año y la mayoría se abren y diseminan durante los primeros calores del final del invierno y el comienzo de la primavera. La mayor producción de semillas se da en árboles de 15 a 20 años de edad. (Philip y Laacke, 1990). En la España atlántica, según Catalán (1991), la época de maduración de las semillas corresponde al otoño, diseminando en la primavera del año siguiente. Esta especie no es vecera. Los conos permanecen unidos al árbol durante años y se abren y cierran varias veces en función de la temperatura y la humedad. Normalmente, en las zonas originarias, como las temperaturas son frías y el ambiente es húmedo, las piñas están cerradas la mayor parte del tiempo, atrapando temporalmente a parte de las semillas; de esta manera retienen la diseminación hasta más de un verano (Philip y Laacke, 1990). El fuego, de la misma manera que en *Pinus pinaster*, favorece las diseminaciones abundantes.

1.3. Distribución y ecología

El pino radiata es un pino originario de la costa pacífica de Norteamérica. Lobby (1997) y Brown (1998, 1990 y 1999), citados ambos por Michel-Rodríguez (2003), encontraron que se diferencian tres variedades con cinco orígenes: var. *radiata*, en Año Nuevo, Monterrey y Cambria; var. *binata*, en la isla de Guadalupe; y var. *cedrosensis*, en la isla de Cedros. Burns y Honkala (1990), precisan que los pinares autóctonos de radiata se encuentran en cuatro zonas diferenciadas de la zona central costera de California: San Mateo, Santa Cruz, Monterrey y San Luis Obispo. También están documentadas plantaciones fuertemente relacionadas con las originales en la zona noreste de la isla de Guadalupe y en la zona norte y central de la isla de Cedros, ambas pertenecientes a México. El rango latitudinal de su distribución natural abarca 209 km.

El pino de Monterrey es el árbol más ampliamente utilizado en plantación en el mundo. Su rápido crecimiento y sus cualidades tecnológicas han hecho que sea la especie introducida más importante en Australia, Nueva Zelanda y España, y la mayor especie

en plantaciones de Argentina, Chile, Uruguay, Kenia y Sudáfrica. MacKelvey (1991), citado por Michel-Rodríguez (2003), destaca la labor repobladora en Nueva Zelanda, iniciada por Thomas William Adams, y en Australia, por Walter Gill. En España esa labor precursora la realizó Mario Adán de Yarza, que, al igual que los casos anteriores, tuvo lugar a principios del siglo XX.

Philip y Laacke (1990) recogen la ecología de la especie. En su zona de origen el pino insigne está fuertemente influenciado por su proximidad al Océano Pacífico, con alta humedad ambiental, bajas temperaturas y nieblas en verano. Las temperaturas medias son suaves, aunque las extremas oscilan entre $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $41\text{ }^{\circ}\text{C}$. Las temperaturas medias de los meses más fríos oscilan entre $9\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $11\text{ }^{\circ}\text{C}$, y de los meses cálidos entre $16\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $18\text{ }^{\circ}\text{C}$. El periodo vegetativo comprende de febrero a junio. Estos pinares disfrutan de 300 días libres de helada al año. La precipitación anual oscila entre 380 y 890 mm anuales y varía entre años, cayendo de 300 a 510 mm entre los meses de diciembre y marzo y con menos de 50 mm al mes en los restantes. No recibe lluvias normalmente entre julio y agosto, pero sí existe precipitación horizontal: las copas de los árboles colectan humedad de las nubes que se mueven hacia la masa continental. Esta precipitación horizontal puede recoger hasta 15 mm por semana en las cotas más altas de la península de Monterrey. El clima en la distribución insular del pino insigne es marcadamente mediterráneo y las masas de pino se encuentran restringidas a las sierras con precipitación horizontal y a las laderas de barlovento y, ocasionalmente, en los valles profundos.

Según Ceballos y Ruiz de la Torre (1979), el pino de Monterrey es termófilo y propio de un clima axérico o submediterráneo, con mínimo pluviométrico en verano, pero con humedad de ambiente elevada en todo tiempo y con escasas heladas, nunca tardías. En casi toda su área española de introducción, la precipitación media anual está comprendida entre 1.000 y 2.000 mm, con mínimo en las costas de A Coruña y Lugo, donde baja hasta poco más de 900 mm. Las lluvias de verano están comprendidas entre 250 y 400 mm, excepto en el norte de A Coruña, con 150 a 200 mm. Las temperaturas medias de enero son superiores a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, casi siempre por encima de $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ y las de agosto están se sitúan entre $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. El período vegetativo es largo, de marzo a octubre, permitiéndole completar los dos ciclos anuales de crecimiento de sus ramillos. A consecuencia de sus exigencias térmicas, en el norte de España sus plantaciones no deben sobrepasar los 500 m de altitud, especialmente si se trata de umbrías. En la parte septentrional de la Península Ibérica se ha introducido en los antiguos dominios de robles y hayas, sustituyendo muchas veces al castaño o a los matorrales derivados de todas esas especies. Su temperamento en España es de media luz. Por otro lado, Sánchez y Rodríguez (2008) establecen una clasificación de las masas españolas por las condiciones ecológicas donde vegetan. Así, se diferencian las masas cantábricas, que incluyen las masas del norte peninsular sobre fitoclimas de bosques nemorolauroides oceánicos de planicaducifolia obligada VI(V), siendo el clima más benigno en el occidente, ya que está menos afectado por corrientes de masas de aire continentales. En Galicia, el pino insigne puede alcanzar los 1.000 m de altitud y en el País Vasco y Navarra de 600 a 800 m, ya que la temperatura media mensual y la temperatura media de las mínimas marcan el carácter productivo de las estaciones. Por otro lado, la mayoría de masas se asientan sobre suelos fuertemente ácidos ($\text{pH} < 5$), con complejo catiónico muy insaturado y cierta dificultad de mineralización de la materia orgánica. Las masas mesoeútrofas son menos abundantes que las anteriores, con pH

igual a 6, mayor saturación de bases en el complejo de cambio y menor porcentaje de nitrógeno total. El régimen de humedad del suelo es údico. Otro tipo de masas del norte peninsular se han establecido sobre ambientes mediterráneos de transición, fitoclima nemoromediterráneo de planicaducifolia obligada marcescente VI(IV₂). Han sido creadas recientemente sobre cultivos abandonados y matorrales de degradación de rebollares. Se encuentran a una altitud media superior a las cantábricas, en zonas con precipitación media de 700 a 900 mm y sobre suelos de escasa pendiente, soportando una sequía estival de entre 2 y 3 meses, con precipitación durante el verano reducida, aunque superior a 15 mm. El régimen de humedad del suelo es xérico. Pueden incluirse en este grupo las masas de El Bierzo y algunas orensanas. Existen otras masas de menor importancia en el área sublitoral septentrional catalán (fitoclima VI(IV)₄ de planiperennifolios), en la vertiente sur de la Serranía de Ronda (fitoclima IV₄, de bosques ilicinos exclusivos menos secos) y en Canarias sobre clima de tipo mediterráneo de inviernos tibios (IV₁₂ de bosques planiperennifolios esclerófilos subtropicales).

El hábitat del pino insigne se diferencia claramente del resto de los pinos ibéricos, exceptuando *P. pinaster* variedad *atlántica*, que puede mostrar tendencia a invadirlo (Gandullo y Sánchez Palomares, 1994), por la preferencia de este último por los suelos muy permeables, texturas arenosas o franco-arenosas y sequía estival de mayor duración, como puede pasar en la fachada gallega atlántica. Sánchez y Rodríguez (2008) concluyen que la fertilidad del suelo adquiere poca importancia cuando la disponibilidad de agua está asegurada, tanto climáticamente como por la capacidad de retención en el suelo.

Según el Segundo Inventario Forestal Nacional (IFN2) realizado entre 1986 y 1996, la superficie arbolada en España con esta especie era de 287.771 ha. Por CC.AA., sus masas más extensas abarcan 162.837 ha en el País Vasco, 71.883 ha en Galicia, 16.880 en Cantabria y 16.527 en Asturias. Actualmente, estas cifras podrían haberse incrementado. Así, Sánchez *et al.* (2003) estiman una superficie arbolada con más del 20% de cuba cubierta de 89.991 ha en Galicia, y Fernández *et al.* (2001) ofrecen unos valores de superficie de pino radiata de 13.000 a 15.000 ha en la comarca leonesa de El Bierzo.

2. Materiales forestales de reproducción

2.1. Marco normativo. Identificación de los materiales de reproducción

Pinus radiata está incluido en las normativas europea y española (RD. 289/2003) que hacen referencia a la comercialización de los materiales forestales de reproducción. La delimitación de las regiones de procedencia de *P. radiata* en España (Fig. 3), se ha establecido, por su condición de especie alóctona, por el método divisivo (García del Barrio *et al.*, 2001), en contraste con lo seguido con los pinos autóctonos, que cuentan con sus respectivas regiones específicas, establecidas por el método aglomerativo. En total se distinguen 26 regiones de procedencia (Tabla 1), de las cuales, en 20 no supera el 1% en cuanto a su representación territorial dentro de la distribución regional de la especie.

Actualmente existen en España 63 unidades de admisión para *P. radiata* en el Catálogo Nacional de Materiales de Base, correspondientes a las diferentes categorías admitidas, concentradas todas en la cornisa cantábrica y Galicia. Se han dado de alta 18 fuentes semilleras y 9 rodales selectos, que permiten la producción de materiales de las categorías



Figura 3. Distribución de *Pinus radiata* y Regiones de Procedencia de sus materiales de reproducción (Alía *et al.*, 2009).

identificada y seleccionada, respectivamente. Esta especie, dado el carácter productivo de sus plantaciones, tiene unidades de admisión en las categorías más altas del citado catálogo (Tabla 2). Destacan las del tipo progenitores de familia por ser un formato de gestión de los más avanzados en el mundo forestal. No obstante, todas estas plantaciones de producción de materiales de reproducción son seminales y, aún, no se ha registrado en España ninguna unidad de admisión clonal.

En Australia y Nueva Zelanda han sido las asociaciones de productores de semilla y planta los que han generado, con el impulso de los centros de investigación, una certificación de la calidad genética de pino radiata, adaptado a las solicitudes de un mercado forestal también importante, en el que los grandes productores de madera gestionan selvícilmente sus propios montes. No existe un control oficial sobre las recolecciones, es decir, en el momento de la recogida no hay ningún representante de la administración para certificar el lote recogido, y, por tanto, no hay cadena de custodia oficial, aunque sí la hay comercial. Es la empresa recolectora la que registra la información de la localización de la masa o población de recogida y la proporciona al cliente. Las autoridades forestales de estos países advierten que la mínima información que una empresa recolectora debería ofrecer a un cliente sobre un lote de semilla es la localización exacta de la recogida con coordenadas geográficas, la altitud, el número de árboles cosechados y el año de cosecha. En relación con los materiales genéticamente mejorados, hacia 1985, los

viveros y productores de planta de pino radiata de estos países comenzaron a seleccionar semilla de los mejores parentales de los huertos semilleros existentes para incrementar la calidad genética y producir lotes para usos especiales. En 1987, ante la necesidad de definir claramente los niveles de selección y mejora de los materiales, el *Forest Research Institute* de Nueva Zelanda, según informa en su revista de ese año (*Forest Research Institute*, 1987), establece el Sistema de Certificación de Semilla SCS (*Seed Certification System*). Este sistema crea una escala de calidad basada en el crecimiento y la forma y utiliza una combinación de parámetros estimados a partir de los ensayos genéticos. Los lotes evaluados bajo este sistema se identifican con las siglas *GF* seguidas de un número que indica el nivel de mejora sobre el carácter indicado; a mayor número mayor ganancia genética. Posteriormente, se fueron realizando selecciones para otros caracteres (crecimiento, rectitud, ramificación, resistencia a *Dothiostroma* spp., densidad media de la madera e incidencia en la desviación de fibra), lo que obligó a ampliar el sistema de clasificación, desarrollándose el sistema *GFPlus*. A la clasificación del nivel de mejora de un lote comercial le sigue un número identificativo del lote comercial y el año de cosechado. Cada número de identificación del lote se registra en el Registro Nacional de Semilla, asociado a los códigos de los parentales correspondientes de ese lote o a los números de serie clonal. En Nueva Zelanda y Australia, según Powell *et al.* (2004), la *Southern Tree Breeding Association Incorporated* (STBA) desarrolló en 1983 un programa de mejora para la especie, fruto de la unificación de diversos programas independientes. Posteriormente, se revisó y se implementaron cambios basados en cuatro grandes áreas: objetivos de mejora económicos, gestión de los datos e información, evaluación genética adaptada y evaluación de la calidad de la madera. Hasta la fecha, la ganancia obtenida en el programa de mejora del STBA en el parámetro volumen respecto del lote comercial no seleccionado alcanza el 32 % (Powell *et al.*, 2004). Sin embargo, la productividad de los montes depende tanto del material genético utilizado como de las condiciones ecológicas del sitio y de la selvicultura utilizada, como reflejan los resultados del trabajo de Carson *et al.* (1999). Cabe destacar que se han conseguido resultados alentadores en la posibilidad de mejora genética para el carácter resistencia a *Fusarium circinatum*. Matheson *et al.* (2006), encontraron heredabilidades moderadas y altas (0,34 y 0,78) de la intensidad de la lesión en plantas artificialmente inoculadas de Nueva Zelanda, Australia y Chile. Así mismo, con anterioridad, se había mejorado la resistencia a *Dothiostroma [Mycosphaerella] pini* en Nueva Zelanda, con dos técnicas de mejora: el aumento de la frecuencia alélica de genes deseables para este carácter por cruzamientos controlados y la selección recurrente para una serie de mecanismos de defensa. Además, paralelamente, en estos programas de mejora se avanzó en la gestión de las plantaciones de suministro de material de reproducción para poder transferir al mercado las obtenciones vegetales de los programas referidos.

En España se han encontrado referencias a dos programas de mejora de pino radiata. Por un lado está el programa del País Vasco, que se inicia en 1983 con la selección fenotípica de genotipos, teniendo en cuenta criterios de crecimiento y forma, fundamentalmente (Arregui *et al.*, 1999). En esta iniciativa se han obtenido heredabilidades de altura de fuste de 0,15 a los 7 años, mejorables en algunos casos pero comparables en la mayoría con los resultados encontrados por otros autores como Dean *et al.* (1983) y Matheson y Raymond (1984) en Australia y por Burdon *et al.* (1983) y Carson (1986) en Nueva

Tabla 1. Descripción de las áreas con presencia de *Pinus radiata* por región de procedencia (RP: número de la región de procedencia; Pres: presencia de la especie en cada una de las regiones, estimada como el cociente del área de la especie en dicha región respecto del área total de la especie; A: número de meses de déficit hídrico (precipitación media mensual <2 temperatura media mensual); Osc: media anual de la oscilación térmica diaria; Hs: número de meses con helada segura (media mínimas <0 °C); Med: valor medio; Max: valor máximo; Min: valor mínimo; MaxMC: valor máximo del mes más cálido; MinMF: valor mínimo del mes más frío); Tipo de suelo: porcentaje del tipo de suelo según la cartografía Soil Map of the European Communities dentro de cada región de procedencia. La clasificación de suelos utilizada en dicha cartografía es la de FAO de 1974. Las abreviaturas se han actualizado a la clasificación FAO de 1989. Los tipos de suelos inexistentes en la nueva clasificación se han mantenido con los nombres antiguos, asignándoles nuevas abreviaturas (Rankers: RK, Xerosoles: XE). Sólo se incluyen aquellos suelos que superan el 10% en el conjunto del territorio estudiado).

RP	Pres (%)	Altitud (m)			Precipitación (mm)		A (meses)	Temperatura (°C)			Osc (°C)	Hs (meses)	Tipo de suelo (FAO)
		Med	Max	Min	Annual	Estival		Med	MaxMC	MinMF			
1	15,8	337	1045	4	1613	147	0,4	12,6	24,4	3,6	10,7	0	Cmu(60) RK(39)
2	23,4	564	1167	119	1191	129	0,8	11,5	25,4	1,4	13,1	0,1	Cmu(64) RK(33)
3	20	390	1126	1	1357	183	0	11,9	22,4	3,1	10,6	0	RK(38) Cmu(35) CMc(11)
4	6,7	643	1427	34	1258	158	0,4	11,4	25	1,1	13,1	0,3	Cmu(47) RK(40)
5	0,6	787	1172	385	903	96	2	11,3	27,4	-0,2	15,8	1	Cmu(67) RK(28)
6	24,1	326	1056	4	1542	235	0	12,6	24,3	3,2	12,1	0	CMc(49) Cmu(34) LVx(16)
7	4,3	561	1255	115	1216	174	0,1	11,4	24,4	1,6	13,1	0	CMc(63) Cmu(34)
8	0,7	537	1048	112	891	193	0,2	12,9	27,9	0	16,1	0,7	Cmu(93)
10	0,9	199	924	18	764	146	1,1	15,1	29,5	2,5	15,9	0	CMd(36) Cmu(32) FLe(20)
14	0,1	664	929	395	550	116	2	11,7	27,2	0,7	15,7	0,1	CMc(63) CMg(37)
16	0,1	910	1025	812	630	113	1,6	10,8	27,3	-0,4	16	1,3	CMc(77) Cmu(15)
17	0,3	875	1083	633	587	73	2,7	11,1	28,9	-1,0	16,7	2,3	CMg(57) FLe(20)
18	0,2	690	1051	395	1054	75	2,5	13,5	31,6	1	17,5	0,3	LPd(61) Cmu(39)
30	0	633	683	587	803	51	3,2	14,2	31,3	2,8	17,7	0	CMd(100)
35	0,1	769	809	724	573	46	3,9	14,7	34,3	1,4	19,8	0	CMe(89) CMc(11)
36	0	1779	1923	1671	544	63	2,8	10,1	27,2	-2,1	16,9	3,1	CMe(100)

RP	Pres (%)	Altitud (m)			Precipitación (mm)		A (meses)	Temperatura (°C)			Osc (°C)	Hs (meses)	Tipo de suelo (FAO) (%)
		Med	Max	Min	Anual	Estival		Med	MaxMC	MinMF			
39	0	1766	1766	1766	530	64	2,8	10,1	27,1	-1,7	17,6	2,8	CMe(100)
41	0,1	648	785	500	606	39	4	15,3	35,4	1,6	19,3	0	CMe(100)
42	0,7	624	1142	166	983	30	3,8	15,6	30,5	5	15,4	0	CMe(100)
43	0,1	437	661	187	1165	39	3,4	16,2	31,5	5,1	15,4	0	Cmu(89) CMe(11)
45	0,1	521	728	396	774	37	3,6	15,7	35,2	2,6	18	0	CMId(58) CMu(42)
51	0,2	1101	1350	623	379	5	6,2	14,9	24,3	8		0	
52	0,1	921	1673	394	448	6	6,1	16,1	25,2	9,4		0	
53	0,2	818	1379	277	409	6	6,2	16,5	25,7	9,6		0	
54	0,7	1129	1968	332	517	10	5,1	14,2	24,1	6,9		0	
55	0,5	1209	1938	272	356	6	6,2	14,4	24,3	7		0	

Zelanda, todos citados en Arregui *et al.* (1999). Es, a partir de estos trabajos, cuando se definen las correlaciones genéticas de caracteres de interés y se crean sublíneas de mejora, como es el caso de la susceptibilidad a *Diplodia pinea* cuyos resultados detectaron una correlación genética negativa de grado moderado-alto entre los rasgos de crecimiento y de susceptibilidad al hongo, indicando que un mayor desarrollo implica una menor presencia del hongo en la planta. Los objetivos actuales de esta Comunidad Autónoma para los planes de mejora genética de la especie residen en ampliar la base genética de las poblaciones ya seleccionadas, la introducción de nuevos genotipos propios y de otros países, identificar, seleccionar y multiplicar individuos y progenies resistentes a las principales enfermedades fúngicas presentes o potencialmente presentes, reevaluar el material genético seleccionado y producido hasta la fecha con criterios de susceptibilidad a enfermedades, fenología y capacidad reproductiva sexual y asexual y la calidad de su madera. Asimismo, se plantea desarrollar procedimientos de evaluación temprana de la ganancia genética basados en ensayos de alta densidad, descomposición de caracteres complejos, inoculaciones controladas y marcadores moleculares y genómica forestal (Gobierno Vasco, 2007).

Tabla 2. Material de base de los tipos huertos semilleros y progenitores de familia incluidos en el catálogo español (consulta de marzo de 2012)

Categoría del MFR	Unidades de admisión registradas
Huertos Semilleros	
Cualificada	1
Controlada	4
Progenitores de Familia	
Cualificada	27
Controlada	4

Por otro lado, está el programa de mejora genética iniciado en Galicia, en 1992, con la selección fenotípica en rodales localizados en la propia Comunidad Autónoma. Este programa fue impulsado por la Xunta de Galicia y dirigido, en gran medida, por el Centro de Investigaciones Forestales de Lourizán. En el marco de este programa de mejora se implantó un huerto semillero clonal de polinización abierta y 3 ensayos de progenies. El material de base correspondiente aún no se ha incluido en el Catálogo Nacional de Materiales de Base. Además, ejecutado por Tragsa (Ocaña *et al.*, 2009) e impulsado también por la Xunta de Galicia en 2007, se ha realizado una nueva selección fenotípica de individuos, a partir de caracteres de crecimiento y forma, en masas de origen conocido situadas en esta Comunidad Autónoma y se han multiplicado por injerto, siendo implantadas en próximas fechas.

Se trata de una especie a la que le es aplicable la normativa correspondiente al pasaporte fitosanitario y de forma muy particular las medidas preventivas contra el patógeno *Fusarium circinatum* recogidas en los RD. 637/2006, de 26 de mayo, y RD. 65/2010, de 29 de enero, por los que se establece el programa nacional de erradicación y control del citado hongo, que en el caso de las semillas supone la obligación de analizar todos

los lotes, así como cumplir una serie de requisitos para la circulación del material de reproducción. A su vez, obliga a una inspección regular de las masas del género, cobrando especial importancia la de los materiales de base de la especie.

2.2. Técnicas de manejo y propagación

2.2.1. Semillas

En España en el caso de fuentes semilleras y rodales selectos, la cosecha de piña se hace coincidir, habitualmente, con el apeo de los árboles. En otros casos se utilizan plataformas elevadoras y, raramente, se emplean escaladores para la recogida comercial. La recolección en España se hace entre octubre y mayo y el rendimiento puede ser de unos 70 a 80 kg de piña por jornal, con un rendimiento medio por árbol de 1 kg de piña (Alía *et al.*, 2009).

La extracción suele hacerse en sequero de calor artificial, a una temperatura que oscila entre 50 y 55 °C. Son habituales también, las operaciones de desalado, aventado y cribado. Las semillas de pino radiata son ortodoxas y pueden conservarse a corto plazo, 1 ó 2 años, en recipientes herméticos o abiertos en ambiente seco, temperatura de 2 a 10 °C y contenido de humedad de los piñones del 7 al 10 %. La conservación a medio plazo, 3 a 10 años, se realiza en recipientes herméticos, entre 0 y 4 °C, y con el 5-6 % de contenido hídrico.

Tabla 3. Datos característicos de lotes de semillas de *Pinus radiata*.

Rendimiento semilla/fruto		Pureza (%)	Facultad germinativa (%)	Nº semillas kg ⁻¹	Referencia
(kg hl ⁻¹)	(% en peso)				
	0,5-1,8	98	80	30.000	Gradi (1989)
0,85	2	95-98		28.600-35.200-40.500	Catalán (1991)
			80-90	23.000-29.500-40.000	Piotto (1992)
	1-2		75-84-92	22.237-30.795-56.300	Louro y Pinto (2011)
		95-99	60-90	27.000-30.500-35.000	CNRGF <i>El Serranillo</i> (Anexo III)
(0,6)		98-100	(70-86)	27.000-31.000	Vivero Central JCyL (Anexo IV)

La semilla de pino insigne no necesita ser tratamientos previos para su germinación, pero ésta mejora utilizando técnicas de estratificación fría y húmeda entre 7 y 20 días (Burns y Honkala, 1990). Según Alía *et al.*, 2009, el tratamiento pregerminativo es opcional y puede consistir en poner los piñones a remojo en agua a temperatura ambiente entre 2 y 3 días, o en una estratificación en frío de menos de 30 días de duración. Su aplicación es más oportuna cuando se trata de lotes de semillas de años anteriores, que llevan más tiempo almacenados. El procedimiento establecido por la ISTA (2011) para la evaluación de la viabilidad de lotes de semillas de pino canario es la germinación en arena a 20 °C

durante al menos 28 días. La germinación es epigea. Las plántulas presentan de cinco a nueve cotiledones, a los que suceden acículas juveniles (Burns y Honkala, 1990).

2.2.2. Vegetativa

Aunque en otros países se lleva produciendo pino radiata por propagación vegetativa desde hace décadas (Thulin y Faulds, 1968; Forest Research Institute, 1989), en España las primeras referencias a este tipo de multiplicación son relativamente recientes (Rodríguez y Vega, 1993). Actualmente, se sigue trabajando en la puesta a punto del sistema completo a escala comercial, desde la producción de estaquillas hasta su cultivo (Sánchez *et al.*, 2008). Los principales tipos de propágulos utilizados en la multiplicación vegetativa de pino radiata son macroestaquillas para cultivo *in vivo*, procedentes de plantas madre jóvenes (Fig. 4), normalmente de menos de 4 años. Las macroestaquillas son fracciones de tallos con hojas y un meristemo apical de 5 a 7 cm de longitud en estado, generalmente, semilignificado. El cultivo de macroestaquillas se hace en vivero. Las macroestaquillas se utilizan industrialmente en los viveros de los países del Pacífico austral. Menzies *et al.* (2001), describen cómo se instala un campo de pies donante. La semilla se siembra en primavera temprana en eras con un espaciamiento a marco real de 50 cm. A mediados del verano las plántulas se descabezan para provocar la generación de ramas, a partir de las cuales se obtendrán las estaquillas. Éstas, a su vez, pueden establecerse en eras similares, para la producción de estaquillas la próxima campaña. En los siguientes años, se realizarán podas al final de la primavera, que en algunos casos son mecanizadas, con desbrozadoras de martillo, para estimular la formación de ramas laterales adventicias. La altura de poda es de 10 a 30 cm. La cosecha de brotes se hace manualmente, acción que supone una nueva poda.



Figura 4. Seto de plantas madre de *Pinus radiata* procedente de progenitores de familia para multiplicación vegetativa (Foto: M. Pascual).

El éxito del proceso de establecimiento de las estaquillas varía en función de las características morfológicas y fisiológicas de las mismas. La iniciación de primordios de raíz requiere energía, que en el caso de macroestaquillas vendría dada por el contenido de carbohidratos. Como la concentración de hidratos de carbono en la planta madre disminuye basitropicamente, las secciones intermedias producirían menos raíces que las apicales, (Sánchez *et al.*, 2008). Este autor trabajó con estaquillas de 5 cm de longitud, obtenidas de varetas de 20 cm, y cuya base tenía una media de 4 mm de diámetro. Rodríguez y Vega (1993) emplearon estaquillas de 12 a 15 cm de longitud y encontraron que las estaquillas laterales procedentes de rebrotes tras el descabezado enraizan mejor que las obtenidas de las ramas principales de la plántula inicial. Menzies *et al.* (2001) recomiendan estaquillas de 7 a 10 cm de longitud y los mayores diámetros posibles, al menos de 3 mm en la base, para evitar roturas o dobleces al introducir el material en el sustrato. El mayor diámetro está asociado a la lignificación de las estaquillas, lo que puede favorecer la resistencia a las pudriciones.

Rodríguez y Vega (1993) determinan la dosis óptima para la aplicación de hormona enraizante AIB (ácido indolbutírico) en el 1 %. Sin embargo, Menzies *et al.* (2001) no consideran necesaria la aplicación de hormonas de enraizamiento. A pesar de que los protocolos de enraizamiento de estaquillas de *P. radiata* consideran que es necesario un control ambiental del invernadero y un sistema de nebulización y camas calientes, Sánchez *et al.* (2008) consiguieron enraizamientos entre el 85,4 y el 97,5% en dos viveros del País Vasco que no disponían de dicha infraestructura. Estos buenos resultados fueron fruto de un manejo cuidadoso y un control exhaustivo del riego, dirigido a mantener las condiciones ambientales lo más adecuadas posibles durante toda la fase de producción.

Para cultivo *in vitro* de pino radiata los propágulos iniciales fundamentalmente usados son embriones cigóticos completos o sus cotiledones individualizados. Desde estos explantos se generan brotes epicotiledonares y adventicios, respectivamente, que, una vez elongados, se fraccionan para obtener más explantos y más brotes elongados, denominados microestaquillas *in vitro*. Los brotes epicotiledonares pueden generarse también desde brotes germinados *in vivo*, pero los riesgos de contaminación por hongos son mayores. Inicialmente la embriogénesis somática se consideró la técnica más importante para la amplificación clonal, ya que los embriones pueden crioconservarse fácilmente y tiene el potencial de producir millones de plantas rápidamente. Con esta técnica se conseguía menor captura genética y los costes de producción en laboratorio eran mayores. Después de una escasa implantación inicial (Hargreaves y Menzies, 2007), las nuevas líneas de trabajo de desarrollo tecnológico se han centrado en ellas. Otra metodología, aún en estudio, es la de regeneración de plántulas desde callos de proliferación generados de tejidos embrionarios (Schestibratov *et al.*, 2003). El enraizamiento de los propágulos se hace *ex vitro*, aunque la aplicación del tratamiento hormonal se haga *in vitro* y la transferencia a condiciones exteriores se hace en invernaderos en condiciones semicontroladas, siendo la progresión en la disminución de la humedad ambiental el parámetro más importante que se tiene que gestionar.

Finalmente, hoy día existen empresas basadas en métodos biotecnológicos como Cellfor®Inc. que producen propágulos de pino radiata de genotipos mejorados a gran escala, internacionalizando su clientela a todos los países del Pacífico austral. Así

mismo, desarrollan programas de mejora comerciales propios y colaboran con programas de mejora de pino radiata de socios o clientes. Este tipo de empresas suele utilizar un sistema de producción encadenando distintas técnicas de manejo genético: polinizaciones controladas para la obtención de semillas mejoradas, organogénesis o microestaquillado *in vitro* para la amplificación de las progenies. Normalmente, los propágulos conforman los campos de pies madre de estaquilla para amplificar la producción y disminuir los costes por unidad de planta final.

3. Producción de plantas

La producción de pino insigne en España desde semilla se efectuaba inicialmente a raíz desnuda; a dos savias en Galicia y a una savia en el País Vasco. La planta empleada inicialmente en el País Vasco y Navarra fue, por lo general, de mayor tamaño que la de Galicia, aún siendo de menor edad. En los cultivos iniciales a raíz desnuda de planta de dos savias en el interior de Galicia, al final de la primera savia, se podaba la raíz principal, consiguiendo una planta no excesivamente esbelta con una raíz ramificada pero no compacta, generalmente desequilibrada respecto de la parte aérea (Sánchez y Rodríguez, 2008). Los suelos de texturas pesadas y de buenas calidades de estación, más frecuentes en el oriente de la cornisa cantábrica, favorecían esta tendencia. Esta producción se generalizó con la aceptación del estándar neozelandés de producción, en el que la siembra se hace a 12,5 cm entre hileras y a 5-6 cm entre plantas, donde aún actualmente se produce el pino insigne a raíz desnuda. En el cultivo a raíz desnuda se requiere la aplicación de repicados cada 3 semanas a partir del verano y hasta el invierno, podando lateralmente cada seis semanas (Sánchez y Rodríguez, 2008). En España, la producción de pino insigne cambió recientemente al uso de envases (Sánchez y Rodríguez, 2008).

En el cultivo en contenedor (Fig. 5) los sustratos utilizados se formulan a base de turba (fertilizada o no) o fibra de coco mezclada con bajas proporciones de un componente inerte, generalmente perlita. Las plántulas suelen presentar sistemas radicales pivotantes y ligeramente menos densos que en otras coníferas, como *Pinus pinaster* (Menzies *et al.*, 2001). En algunos viveros españoles, el sustrato utilizado habitualmente es turba rubia y vermiculita 80:20 en volumen, envase de 200 cm³ de paredes plásticas opacas y base abierta para permitir el autorrepicado radical. El empleo de envases más pequeños en el cultivo de coníferas de crecimiento rápido ha conducido a la aparición de problemas de reviramiento y, en algunos casos, de inestabilidad tras varios años vegetando en la repoblación. Con volúmenes grandes de alvéolo este problema se ve minimizado, siempre que la planta sea de una savia. Otra posible solución es la utilización de envases de paredes abiertas que permitan el repicado lateral de las raíces y la posibilidad, por tanto, de utilizar volúmenes más pequeños, de hasta 110 cm³, como en algunos viveros franceses. Ortega *et al.* (2001) encuentran que los contenedores de paredes abiertas minimizan los enrollamientos, empaquetamientos y desviaciones de las raíces y son más susceptibles a presentar peores crecimientos y biomasa debidos a la excesiva evaporación desde el sustrato. Estos autores proponen un envase rejillado de 200 cm³ denominado Planfor, teniendo en cuenta que, en un cultivo comercial, el déficit hídrico se puede corregir con mayor frecuencia de la irrigación.

Para el cultivo de macroestaquilla en envase, Rodríguez y Vega (1993) determinan que el sustrato con incorporación de corteza en mayor proporción (7 partes de corteza y 3 de turba) mejora el número medio de raíces formadas. Sánchez *et al.* (2008) encuentran enraizamientos mayores al 90% en estaquillas establecidas en envases de malla textil, donde la evaporación es muy superior a la de los envases plásticos de paredes opacas, a pesar de utilizar sustratos con gran capacidad de retención de agua, como es la turba. La regulación del contenido del agua del sustrato, tanto por su textura como por la intensidad de la evaporación permitida por el envase, parece apuntar a que la aireación en el sustrato debe ser alta y la disponibilidad de agua debe ser constante, pero baja. El volumen del envase utilizado en algunos viveros de Nueva Zelanda es de 110 cm³ y de paredes plásticas abiertas, aunque en España se han ensayado envases de 140 cm³ (Rodríguez y Vega, 1993) y 240 cm³ de paredes plásticas opacas, y de 200 cm³ con paredes de malla textil (Sánchez *et al.*, 2008).



Figura 5. Planta de una savia de *Pinus radiata* procedente de semilla (Foto: CNRGF El Serranillo).

Para el cultivo a raíz desnuda en eras (Fig. 6), las estaquillas se establecen inmediatamente tras su cosecha, en mitad del invierno, y, en condiciones ambientales cálidas y calurosas, se aplica un riego después del establecimiento. El material se recupera después de 4 semanas y comienza a crecer en la primavera, antes del inicio del enraizamiento, que tiene lugar al comienzo del verano (Menzies *et al.*, 2001). Hacia la mitad del verano se llevan a cabo los trabajos de acondicionamiento para el despacho del cultivo a raíz desnuda. Se realizan repicados laterales y profundos de raíz, normalmente con aperos adaptados, tirados por tractor agrícola. Las estaquillas están listas para la plantación en el invierno siguiente al del establecimiento. Para la producción de planta con propágulos procedentes de microestaquillas de cultivo *in vitro*, epicotiledonares o adventicias de cotiledones, según Hargreaves y Menzies (2007), el enraizamiento se inicia con la preparación para la iniciación radical. Se hace un corte en la base de la estaquilla para eliminar cualquier resto de callo dejando de 2 a 3 cm, se le aplica un tratamiento hormonal en base a auxinas durante 12-14 días según Greshoff y Doy, modificado por Sommer *et al.* (1975) y Horgan y Holland (1989), citados en Hargreaves y Menzies, (2007), y consistente en 2 % de sacarosa, 0,5 mg de ácido de naftalenacético por litro y 1 mg de ácido indolbutírico por litro. Tras el proceso de hormonado, los brotes se transfieren individualmente a bandejas de cultivo con un sustrato de mezcla turba/perlita/arena en proporción 1:1:1 y se mantienen en un ambiente de alta humedad ambiental (90 % de humedad relativa) durante 1 a 2 semanas, con una combinación de cubiertas plásticas aireadas y aplicando manualmente vapor de agua, en forma de niebla, dos veces al día. Las condiciones ambientales de luz y temperatura son las mismas que para la multiplicación de propágulos. Tras 1 ó 2 semanas más, los brotes son endurecidos usando la misma mezcla que para el establecimiento, con

la adición de Osmocote en dosis de 5 g l⁻¹ sustrato. Se usan bandejas de plástico rígido, del tipo Hiko V90 ó Lannen 63F, si las plantas van a ser trasplantas a un cultivo por eras, o de volúmenes superiores, como Hiko V150, si se cultivarán como plantas en envase. Las plantas se transfieren a un invernadero y después de 8 semanas se ubican en una zona de sombreo hasta que se planten en la era, a 15 x 15 cm. Según la época y el sitio donde las plantas se establecen en el campo, éstas pueden llevar tratamientos de estaquillas en era para mejorar la masa radical antes de la plantación. El enraizamiento de los propágulos adventicios suele retrasarse 1 ó 2 semanas respecto de los brotes epicotiledonares y, por tanto, se hace en el ambiente de establecimiento. La transferencia a contenedores se efectúa después de que se tenga al menos 1 cm de longitud de raíz. Si las plántulas van a ser cultivadas en todo momento en contenedor, éstas se producen como plantas normales de semilla o de macroestaquilla, con riegos, aplicación de fertilizantes, fungicidas y pesticidas según se requiera. Si las plantas se cultivan inicialmente en contenedores más pequeños para su posterior trasplante a eras, éste se realiza al final de la primavera o comienzo del verano, una vez que las raíces hayan ocupado todo el cepellón. La altura de esta planta estará entre 30 y 40 cm y se realizan repicados de la raíz principal siempre que se encuentre en estos valores antes del despacho.

La esbeltez en los cultivos se puede controlar mediante la densidad de los mismos. En el caso de planta en contenedor vendrá configurado por el diseño de la bandeja de cultivo y en el de planta a raíz desnuda mediante la regulación de la sembradora en líneas, siendo la separación entre filas de 12,5 cm (Menzies *et al.*, 2001). La densidad de cultivo utilizada actualmente en bandejas forestales es de 272 a 577 alveolos m⁻².



Figura 6. Producción de *Pinus radiata* por macro estaquilla *in vivo* a raíz desnuda en la compañía Kaingaroa Timberlands, en Rotorua, Nueva Zelanda (Foto: F. Lario).

En condiciones de cultivo de brinzales en vivero el único problema que se presenta es la excesiva velocidad de crecimiento, con el riesgo de tener un formato demasiado alto para la repoblación. Así, en Norteamérica, puede alcanzar 41 cm para plantaciones entre abril y enero (Burns y Honkala, 1990).

En cuanto a la fertilización del cultivo de plántulas procedentes de semilla de pino radiata, Ortega *et al.* (2005) concluyeron que en la fase de crecimiento la mayor aplicación de N por planta provoca un aumento del crecimiento de la misma al final del cultivo, perdurando su efecto en campo. Estos autores no observaron las mismas reacciones con el incremento del aporte nitrogenado en la fase de endurecimiento. La máxima aplicación de N por planta que ensayaron fue de 92,58 mg planta⁻¹, no encontrando ningún efecto adverso, por lo que el nivel óptimo en el que se maximiza el desarrollo de la planta, antes de la intoxicación, podría ser más alto.

En cultivos clonales, según Menzies y Klomp, citado en Hargreaves y Menzies (2007), los propágulos generados clonalmente de pies maduros, de más de cuatro años de edad, tienen un crecimiento inicial menor que los generados de plantas más viejas.

Al comienzo de la producción de pino radiata a raíz desnuda en Galicia y País Vasco, el formato de planta buscado era grande y lo más robusto posible (Sánchez y Rodríguez, 2008). Los niveles recomendados de fertilización pueden variar en función de la época de siembra, la latitud del vivero y los estadios de crecimiento. En climas donde no se produce apenas parada vegetativa la reducción de la aplicación de N tiene una fuerte influencia. Los valores morfológicos de referencia para planta a raíz desnuda de pino radiata en Nueva Zelanda que aseguran su calidad, son un diámetro de al menos 5 mm en el cuello de la planta y una altura de entre 20 y 40 cm (Tabla 4). Para plantas cultivadas en contenedor estos valores son más pequeños: entre 3 y 5 mm de diámetro en el cuello y de 15 a 25 cm de altura. Se mantendría para ambos casos una esbeltez de entre 40 y 50 (Menzies *et al.*, 2001).

Ingestad y Kahr (1985), citados en Oliet *et al.* (2006), proponen valores de concentración foliar de nitrógeno muy parecidos para todas las especies del género *Pinus*, entre 19 y 22 mg g⁻¹. Knight (1978), citado por Menzies *et al.* (2001), postula que la concentración foliar en plántulas a raíz desnuda de pino radiata debe ser superior a 14-16 mg g⁻¹. Ortega *et al.* (2005) comprueban que concentraciones de N en hoja superiores a 20 mg g⁻¹, junto con un preacondicionamiento de restricción del riego a condiciones de potencial hídrico en sustrato de $\psi_s = -0,045$ MPa, propician un comportamiento en campo que optimiza la supervivencia, para estándares de fertilización de cultivo en envase de 200 cm³ y densidad de 280 plantas m⁻². Mena-Petite *et al.* (1997) demuestran que el almacenamiento en frío de plantas de pino radiata durante más de una semana deteriora su calidad en un 80%, en el caso de raíz desnuda, y en un 20%, en el caso de planta con cepellón.

En España no se han establecido atributos cualitativos específicos para *P. radiata*, y se aplican los definidos como de calidad cabal y comercial en el Anexo VII del RD. 289/2003.

En cuanto a costes de producción, en general, la producción de plantas a partir de estaquilla en cama es más cara que la de brinzales por semilla, debido a los costes de mantener

Tabla 4. Valores de atributos morfológicos y fisiológicos de plantas de *Pinus radiata* en viveros de Nueva Zelanda (Menzies, 1988; Knight, 1978, citados en Menzies *et al.*, 2001)

Atributo	Valores de referencia	Observaciones para conseguir la especificación
Atributos morfológicos		
Altura (cm)	20-40	elegir cuidadosamente el momento de la siembra o aplicar podas de raíz o de tallo
Diámetro del cuello de la raíz (mm)	>5 mm	valores altos de espaciamiento-bajos de densidad, y aplicación homogénea de riegos, fertilizaciones y tratamientos
Esbeltez (cm mm ⁻¹)	40-60	valores altos de espaciamiento-bajos de densidad, y aplicación homogénea de riegos, fertilizaciones y tratamientos
Atributos fisiológicos		
Estado nutricional mínimo de la parte aérea (por unidad de planta)		
N	1,4-1,6%	aplicación ajustada de la fertilización
P	0,12-0,14%	
K	aprox. 0,35%	
Mg	0,06-0,08%	
Ca	aprox. 0,10%	
S	aprox. 0,12%	
B	aprox. 8 ppm	
Cu	2-3 ppm	
Fe	25-40 ppm	
Mn	5-14 ppm	
Zn	5-10 ppm	
Atributos de respuesta		
Tolerancia a las heladas ⁽¹⁾	-12 °C en invierno -6 °C en verano	utilizar planta cultivada en condiciones climáticas de frío, de interior o de montaña
Potencial hídrico	<-0,5 MPa	riego adecuado antes y durante el levantamiento, manejo cuidadoso, mantenimiento en humedad y oscuridad hasta plantación
PRR ⁽²⁾	4-5 sobre una escala visual del 0 al 5	espaciamiento ancho, acondicionamiento estándar y levantamiento de la planta a mano

⁽¹⁾ Ensayo artificial en cámaras de congelación

⁽²⁾ PRR: potencial de regeneración radical; evaluación efectuada antes y después del cultivo en cámara durante 28 días a 20 °C.

las camas, de recolección de las estaquillas y de su establecimiento. Actualmente, sin embargo, el alto coste de semillas proveniente de polinización controlada hace que la producción a partir de estaquilla sea, en este caso, más barata que la producción de brinzales. En este contexto, el precio de las semillas tendría que reducirse un 30% para que fuera más barata la planta derivada de semillas que la de estaquillas (Menzies *et al.*, 1992).

Según Gómez Fernández (2006), los principales problemas sanitarios que deben superarse o evitarse en el cultivo en vivero son comunes a los de otras coníferas, como *Fusarium oxysporum* e incluso de frondosas, como *Pythium* spp., *Phytophthora cinnamomi*, *Rhizoctonia* spp., *Botrytis cinerea*, *Phoma* spp., *Armillaria* spp., *Dothistroma septospora* (*Microsphaerella pini*) y plagas como *Bradysia* spp., *Tipula paludosa* y *Tetranychus urticae*. Además, especialmente en pino radiata, su cultivo en vivero está amenazado por una enfermedad fúngica muy peligrosas y de rápida propagación, *Fusarium circinatum*, del que la semilla es un importante y rápido vector. Muñoz *et al.* (2009) realizaron la primera cita oficial de la enfermedad en España y han señalado un método de desinfección de semillas. Encontraron que una inmersión de las mismas durante 10 minutos en peróxido de hidrógeno al 30 % o en Clortalonil al 72 % p/v podían desinfectar casi al 100 por cien las semillas de pino radiata, sin afectar negativamente a su germinación.

4. Uso en repoblaciones y restauraciones

Aunque las primeras introducciones en España fueron ejemplares de jardinería, no es hasta finales del siglo XIX que se generaliza su uso en los programas de reforestación de tierras degradadas en España. Los primeros individuos descritos datan de 1857 en un jardín de Lekeitio (Vizcaya), de 1870 en El Escorial (Madrid) y de 1903 en Redondela y Baiona (Pontevedra) (Michel-Rodríguez, 2003).

Las primeras repoblaciones con pino radiata fueron escasamente reglamentadas. Confirmada la rentabilidad maderera de la especie, los promotores contaron con el papel facilitador de la Administración. El propio mercado de la madera, deficitario en oferta, propició el interés por la especie. Las crisis de actividad en el monte estuvieron unidas a períodos críticos del mercado, mientras que otras circunstancias, como la helada de 1956, las amenazas de quema en 1978 o los incendios de 1989, apenas afectaron a la continuidad de las operaciones de repoblación y aprovechamiento.

La producción y la rentabilidad económica justificaron la expansión de la especie Michel-Rodríguez (2003). El crecimiento es francamente rápido. Hasta los 20 años da metidas anuales de 2 m, con aumento volumétrico de 20 y hasta 25 m³ ha⁻¹ año⁻¹, siendo las cifras más frecuentes 13 a 15 m³ ha⁻¹ año⁻¹. En Sudáfrica, Nueva Zelanda y Australia da 20 a 25 m³ ha⁻¹ año⁻¹ en la época de mayor desarrollo y en Chile 17 a 29 m³ ha⁻¹ año⁻¹. En California no supera los 15 m³ ha⁻¹ año⁻¹ (Ceballos y Ruiz de la Torre, 1979). En el País Vasco, Michel-Rodríguez (2003) da valores de producción de madera de 9,41 m³ ha⁻¹ año⁻¹.

En cuanto a la actividad viverística, en años de alta producción se llega a más de 9 millones de plantas en viveros de Galicia, siendo la segunda especie más empleada en esta región,

entre 7,5 y 8 millones en el País Vasco y 1,85 millones en Asturias (Álvarez, 2004).

Sobre el origen de la semilla empleada, Álvarez (2004) concluye que la mayor parte de la planta de *P. radiata* procede de recolecciones de semillas efectuadas en Galicia, especialmente en las regiones “Litoral Astur-Cántabro” y “Montañas y mesetas interiores de Galicia”, aunque también se sigue empleando semilla neozelandesa, en un porcentaje próximo al 20% para las dos campañas en las que se cuenta con esta información. Actualmente también se importa de Nueva Zelanda semilla genéticamente mejorada, resistente a la banda roja, aunque su comercialización, de momento, es prácticamente anecdótica. Puede ser asimismo destacable el hecho de que las procedencias neozelandesas sean las únicas que se cultivan en los viveros castellano-leoneses (Asociación de Viveros Forestales de Castilla-León (2003), citado en Álvarez, (2004)). Parece ser que las repoblaciones efectuadas en el País Vasco corresponden originalmente a la procedencia “Año Nuevo” (Aragonés *et al.*, 1997), proveniente de una de las seis reducidas zonas del área natural de la especie en el oeste de Norteamérica. Es posible que esta fuera, también, una procedencia empleada en Galicia, ya que el comienzo de las repoblaciones se realizó más tarde que en el País Vasco (Michel, 1988, citado en Álvarez, 2004).

5. Planificación de la repoblación

Los trabajos previos a la repoblación siguen los criterios generales: un desbroce previo a hecho en terrenos de poca pendiente y por fajas en el resto. Estos tratamientos de desbroce pueden ser mecanizados, con desbrozadora de cadenas o martillos, o mediante desbroce químico o decapado en zonas empradizadas. Sin embargo, la preparación del terreno debe ser lo suficientemente económica como para que no se comprometa la rentabilidad de la repoblación. Sánchez y Rodríguez (2008) afirman que la mejor preparación del terreno, y la más aplicable a la mayoría de zonas, es el desbroce y trituración de la vegetación accesoria combinado con subsolado lineal. El momento de subsolar más adecuado es en tiempo seco, unos meses antes de la repoblación. La profundidad de preparación óptima se estima en 60 cm. El manejo de los restos de corta de la plantación preexistente tiene repercusión importante en la gestión de nutrientes que contienen, a través de la descomposición y mineralización de los mismos y de la materia orgánica del suelo, modificando la capacidad productiva del sitio. Un tratamiento de trituración de restos de corta, casi siempre simultáneo con el desbroce de la vegetación acompañante, permitirá prevenir parcialmente el desarrollo de la vegetación adventicia competidora, aumentar la disponibilidad de agua para las jóvenes plantas, ya que se disminuye la evaporación, e inmovilizar la actividad microbiana del nitrógeno, permitiendo una liberación más gradual de los nutrientes (Pérez Batallón *et al.* (2001), citados en Sánchez y Rodríguez (2008).

En el caso de ser necesario el almacenamiento de la planta sin riego, Mena-Petite *et al.* (1997) determinaron que las condiciones idóneas que permitirían soportar periodos de sequía tras la reimplantación, serían una temperatura de 4 °C y con cepellón frente a raíz desnuda y por un período de almacenamiento que podría oscilar entre 1 y 8 días.

No existe una única selvicultura aplicable en función de la producción principal que se quiere obtener. Para la producción de madera para trituración, que ha sido el esquema

tradicionalmente más empleado, las densidades de plantación son elevadas, de 2.000 a 2.500 pies ha⁻¹. Cuando la producción final pretende ser madera para aserrío, las densidades iniciales varían de 1.100 a 1.600 pies ha⁻¹, con espaciamentos de 3x3 a 3x2 m. Se realizan podas, una poda baja y una poda alta, y las claras se postergan bastante, hasta los 15 ó 20 años. En la Figura 7 se observa una plantación donde se ha hecho una primera clara. Por último, y en un esquema selvícola muy intenso, se puede repoblar a 800 o 1.000 pies ha⁻¹ con podas tempranas y repetidas, con pocas claras y muy fuertes. Si no se hace clara, la plantación es de 400 pies ha⁻¹, con material genéticamente mejorado y con unos cuidados culturales intensivos, en los que se incluye la fertilización. Con bajas



Figura 7. Plantación de *Pinus radiata* en Pino-Cospeido (Galicia) (Foto: B. Omil).

densidades este tipo de monte suele combinarse con la utilización del sotobosque para pastoreo de ganadería.

Los cuidados culturales practicables en los primeros años tras la repoblación son, como es lógico, los de control de la competencia del matorral accesorio, con segundos desbroces, a los 2 ó 3 años, y fertilización. Según Fernández *et al.* (2004), a los 8 meses de fertilización en campo, la concentración óptima de N en acícula rondaría el 1,33% y la de P el 0,196%, habiéndose registrado descensos del crecimiento con valores superiores. Zas (2001) encontró que en las plantaciones juveniles estudiadas en el marco de la comunidad gallega, la concentración en N foliar era ligeramente superior (1,69%) y en P era, sin

embargo, ligeramente inferior (0,11%). Este autor encuentra que las parcelas con mayor contenido foliar en P y Ca presentan mejor supervivencia, pero considera finalmente que las concentraciones foliares de P y K son críticas en Galicia y también que las plantas tienen un nivel de nutrición proporcional para todos los nutrientes. Por lo tanto, y dado el carácter industrial de esta especie, puede ser recomendable la comprobación de la nutrición de los suelos en que se encuentra y la corrección de carencias. Este tipo de correcciones están tomando, como forma novedosa de aplicación, la utilización de cenizas procedentes de residuos industriales de madera, de lodos, etc.

6. Bibliografía

- ALÍA R., GARCÍA DEL BARRIO J.M., IGLESIAS S., MANCHA J.A., DE MIGUEL J., NICOLÁS J.L., PÉREZ MARTÍN F., SÁNCHEZ RON D., 2009. Regiones de procedencia de especies forestales en España. Organismo Autónomo Parques Nacionales, Madrid. pp. 191-194.
- ÁLVAREZ P., 2004. Viveros forestales y uso de planta en repoblación en Galicia. Departamento de Producción Vegetal. Lugo, Universidad de Santiago de Compostela.
- ARAGONÉS A., BARRENA I., ESPINEL S., HERRÁN A., RITTER E., 1997. Origin of Basque populations of radiata pine inferred from RAPD data. *Ann. Sci. For.* 54,697-703.
- ARREGUI A., ESPINEL S., ARAGONÉS A., SIERRA R., 1999. Estimación de parámetros genéticos en un ensayo de progenies de *Pinus radiata* D. Don en el País Vasco. *Invest. Agr.: Sist. Recur. For.* 8(1), 119-128.
- BILIR H., KANG K., LINDGREN S., 2003. Fertility variation and effective number in the seed production areas of *Pinus radiata* and *Pinus pinaster*. *Silvae Genet.* 52(2), 75-77.
- BURNS, R.M., HONKALA B.H., 1990. *Silvics of North America*, Vol. 1, Conifers. Washington DC: U.S.D.A. Forest Service Agriculture Handbook 654. Disponible en: http://www.na.fs.fed.us/pubs/silvics_manual/table_of_contents.shtm [1, Jun, 2011].
- CARSON S.D., KIMBERLEY M.O., HAYES J.D., CARSON M.J., 1999. The effect of silviculture on genetic gain in growth of *P. radiata* at one-third rotation. *Can. J. For. Res.* 29,1979-1984.
- CATALÁN G., 1991. Semillas de árboles y arbustos forestales. Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid. pp. 275-294.
- CEBALLOS L., RUIZ DE LA TORRE J., 1979. Árboles y arbustos. Fundación del Conde del Valle de Salazar. Madrid.
- CODESIDO V., MERLO E., 2007. Inducción floral mediante aplicación de GA4/7 y fertilización mineral en el huerto semillero de *Pinus radiata* D. Don de Sergude (Galicia). *Invest. Agr.: Sist. Recur. For.* 16(3), 262-266.
- CODESIDO V., MERLO E., FERNÁNDEZ-LÓPEZ J., 2005. Variation in reproductive phenology in a *Pinus radiata* D. Don seed orchard in northern Spain. *Silvae Genet.* 54 (4-5), 145-256
- FERNÁNDEZ A.A., GONZÁLEZ J.M., RAMÍREZ J., 2001 El pino radiata en la comarca de El Bierzo: situación actual y propuestas de gestión. En: *Actas del III Congreso Forestal Español*. Mesa 3. (Junta de Andalucía, ed.). Granada. pp. 766-771. Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- FERNÁNDEZ N., LUPI A.M., PATHAUER P., FERRERE P., 2004. Respuesta del *Pinus radiata* Don. a la fertilización inicial con N y P en Tandil (Buenos Aires). En: *Actas del XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo - Paraná, Entre Ríos*. Editor AACCS.
- FOREST RESEARCH INSTITUTE, 1987. Which radiata pine seed should you use? What's new in forest research. Private Bag, Rotorua, New Zealand. n° 157.
- FOREST RESEARCH INSTITUTE, 1989. Growing radiata pine from juvenile cuttings. What's new in forest research. Private Bag, Rotorua, New Zealand. n° 176.

- FOREST RESEARCH INSTITUTE, 1990. You choose the parents. What's new in forest research. Private Bag, Rotorua, New Zealand. n° 182.
- GANDULLO J.M., SÁNCHEZ PALOMARES O., 1994. Estaciones ecológicas de los pinares españoles. Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza. Ministerio Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid.
- GARCÍA DEL BARRIO J.M., DE MIGUEL J., ALÍA R., IGLESIAS S., 2001. Regiones de identificación y utilización de material forestal de reproducción. Dirección General de Conservación de la Naturaleza. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.
- GOBIERNO VASCO, 2007. Plan de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación Forestal del Gobierno Vasco 2007-2030. [en línea]. Disponible en: http://www.nasdap.ejgv.euskadi.net/r507393/es/contenidos/informacion/3509/es_2610/es_12781.html [7 Jul 2010]
- GÓMEZ FERNÁNDEZ J.A., 2006. Enfermedades y plagas más importantes de los viveros forestales. Jornadas sobre enfermedades forestales. Universidad de Plasencia. Cáceres.
- GRADI A., 1989. Vivaistica Forestale. Edagricole, Bologna.
- HARGREAVES C., MENZIES M., 2007. Chapter 6 Organogenesis and cryopreservation of juvenile radiata pine. in Protocols for micropropagation of woody trees and fruits 51-65 Springer, The Netherlands.
- INGESTAD T., KAHR M., 1985. Nutrition and growth of coniferous seedlings at varied relative addition rate. *Physiol. Plantarum* 65, 109-116.
- ISTA (International Seed Testing Association), 2011. International rules for seed testing. Edition 2011. ISTA, Bassersdorf, Switzerland.
- LOURO V., PINTO G., 2011. Sementes, uma ponte entre o passado e o futuro da floresta. Ministério da Agricultura, Mar, Ambiente e Ordenamento do Território. CENASEF. pp. 31-38.
- MATHESON A.C., DEVEY M. E., GORDON T. L., WERNER W., VOGLER D.R., BALOCCHI C., CARSON M.J., 2006. Heritability of Response to Inoculation by Pine Pitch Canker of Seedlings of Radiata Pine. *Aust. For.* 69(2), 101-106.
- MENA-PETITE A., LACUESTA M., DUÑABEITIA M.K., GONZÁLEZ-MORO C., MUÑOZ-RUEDA A., 1997. Efectos de las condiciones de almacenamiento en las relaciones hídricas de plántulas de *Pinus radiata* reimplantadas en condiciones normales y en sequía. En: Actas del II Congreso Forestal Español, I Congreso Forestal Hispano Luso. Mesa 3. (Puertas F., Rivas M., eds.). Pamplona. pp. 407-412. Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- MENZIES M.I., FAULDS T., DIBLEY M.J., 1992. Production of radiata pine cuttings for plantation forestry in New Zealand. *ISHS Acta Hort.* 319, 359-364.
- MENZIES M.I., HOLDEN D.G., KLOMP B.K., 2001. Recent trends in nursery practice in New Zealand. *New For.* 22, 3-17.
- MICHEL-RODRÍGUEZ M., 2003. El pino radiata (*Pinus radiata* D. Don) en la historia forestal de la Comunidad Autónoma del País Vasco : análisis de un proceso de forestalismo intensivo. Tesis (Doctoral), E.T.S.I. Montes (UPM).
- MUÑOZ C., CUERVO E., AMPUDIA M., GASTÓN A., PEÑUELAS J.L., IGLESIAS S., HERRERO N., 2009. Control químico de *Fusarium circinatum* Nirenberg & O'Donnell en semillas del género *Pinus*. En: Actas del 5 Congreso Forestal Español. [cd-rom]. (Sociedad Española de Ciencias Forestales, Junta de Castilla y León, eds.). Ávila. Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- OCAÑA L., CHAN J.L., ABOAL J., RODRÍGUEZ-NÚÑEZ L., 2009 Actuaciones en mejora genética forestal de la Xunta de Galicia: Mejora de materiales forestales de reproducción. En: Actas del 5 Congreso Forestal Español. [cd-rom]. (Sociedad Española de Ciencias Forestales, Junta de Castilla y León, eds.). Ávila. Disponible en: <http://congresoforestal.es>

- OLIET J.A., VALDECANTOS A., PUÉRTOLAS J., TRUBAT R., 2006. Influencia del estado nutricional y el contenido de carbohidratos en el establecimiento de las plantaciones. En: Calidad de planta forestal para la restauración en ambientes mediterráneos degradados. Estado actual de conocimientos. (Cortina J., Peñuelas J.L., Puértolas J., Savé J., Vilagrosa A., coords.). Organismo Autónomo Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid. pp. 89-117.
- ORTEGA U., RODRÍGUEZ N., GONZÁLEZ-MURUA C., MAJADA J., AZPITARTE I., TXARTERINA K., DUÑABEITIA M.K., 2001. Estudio de la calidad de planta de *Pinus radiata* en envase. En: Actas del III Congreso Forestal Español (Junta de Andalucía, ed.). Granada. pp. 354-359. Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- ORTEGA U., MAJADA J., SÁNCHEZ-ZABALA N., RODRÍGUEZ ITURRIZAR K., TXARTERINA J., AZPITARTE M., DUÑABEITIA M.K., 2005. Efecto de la fertilización y endurecimiento en vivero en el establecimiento de plantaciones de *Pinus radiata* D. Don. En: Actas del IV Congreso Forestal Español. Mesa 3. (Sociedad Española de Ciencias Forestales, ed.). Zaragoza. [cd-rom]. Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- OWENS J.N., MOLDER M., 1984. The reproductive cycle of lodgepole pine. Province of British Columbia, Ministry of Forests, Inf. Serv. Br., Victoria.
- PHILIP M.D., LAACKE R.J., 1990. Monterey Pine in Silvics of North America: 1. Conifers; 2. Hardwoods. Agriculture Handbook 654. Washington, DC.
- PHILIPPE G., BALDET P., HÉOIS B., GINISTRY C., 2006. Reproduction sexuée des conifères et production de semences en vergers à graines. Synthèses. CEMAGREF, Paris
- PIOTTO B., 1992. Semi di alberi e arbusti in Italia: come e quando seminarli. Società Agricola e Forestale (Grupo ENCC), Roma.
- POWELL M.B., MCRAE T.A., WU H.X., DUTKOWSKI G.W., PILBEAM D.J., 2004. Breeding strategy for *Pinus radiata* in Australia. En: IUFRO Joint Conference of Division 2 Forest Genetics and Tree Breeding in the Age of Genomics: Progress and Future Charleston, South Carolina, USA.
- RODRÍGUEZ A., VEGA G., 1993. Técnica para la reproducción masiva mediante estaquillas juveniles de coníferas *Pinus pinaster* y *Pinus radiata*. En: Actas del I Congreso Forestal Español. Tomo II. (Silva-Pando F.J., ed.). Pontevedra. pp.289-293. Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- SÁNCHEZ F., RODRÍGUEZ R.J., 2008. Selvicultura de *Pinus radiata* D. Don. En: Compendio de Selvicultura aplicada en España (Serrada R., Montero G., Reque J.A., eds.). Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Agroalimentaria. Madrid. pp. 471-502.
- SÁNCHEZ F., RODRÍGUEZ R., ROJO A., ÁLVAREZ J.G., LÓPEZ C., GORGOSO J., CASTEDO F., 2003. Crecimiento y tablas de producción de *Pinus radiata* D. Don en Galicia. Invest. Agr.: Sist. Recur. For. 12(2), 65-83.
- SÁNCHEZ J., ORTEGA U., MAJADA J., TXARTERINA K., DUÑABEITIA M., 2008. Optimización de la propagación vegetativa por estaquillado de genotipos de interés comercial de *Pinus radiata*. Cuad. Soc. Esp. Cienc. For. 28, 201-205. □
- SCHESTIBRATOV K.A., MIKHAILOV R.V., DOLGOV S.V., 2003. Plantlet regeneration from subculturable nodular callus of *Pinus radiata*. Plant Cell Tiss. Organ Cult. 72, 139-146.
- THULIN I.J., FAULDS T., 1968. The use of cuttings in the breeding and afforestation of *Pinus radiata* New Zeal. J. For. 13(1), 66-77.
- ZAS R., 2001. Estudio nutricional de las repoblaciones de *Pinus radiata* D. Don y *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco en tierras agrarias en Galicia Departamento de Silvopascicultura. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. Universidad Politécnica de Madrid.

Pinus sylvestris L.

Pino de Valsáin, pino real, pino royano, pino royo, pino rojal, pino albar, pino serrano, pino blancal, pino silvestre, pino común; *cat.*: pi roig, pi rojal, pi femella, pi blanc; *eusk.*: pinu gorria, ler gorria; *gall.*: pino bravo

Juan Luis PEÑUELAS RUBIRA, Juan Luis NICOLÁS PERAGÓN, Luis Fernando BENITO MATÍAS

1. Descripción

1.1. Morfología

Árbol perenne de hasta 40 m de altura, de copa cónica, en ejemplares jóvenes, y aovada, redondeada, aplanada o irregular en los adultos más longevos. Tronco grueso, derecho, cilíndrico o retorcido por la acción del viento, profundamente hendido, pardo-rojizo; en la parte superior con ritidoma delgado, de anaranjado pálido a rojizo, que se separa en placas papiráceas. Ramificación escasa, que acaba limitándose con la edad al tercio superior. Ramillas rojizo-amarillentas. Acículas cortas, de 3 a 7 cm, en fascículos de dos, con una vaina basal que las agrupa, de 3 a 4 años de duración, rígidas, punzantes y de un color verde grisáceo azulado. De esta especie se han reconocido más de 150 variantes cuyo tratamiento taxonómico dista mucho de estar bien establecido. Posee un sistema radical potente, con una raíz principal que en suelos bien desarrollados es larga con muchas secundarias oblicuas que le permiten sustentarse en zonas muy venteadas (López González, 1982; Amaral Franco, 1986; Ruiz de la Torre, 2006; Alía *et al.*, 2009).

1.2. Biología reproductiva

El pino silvestre es una especie monoica, con los órganos sexuales, masculinos y femeninos, en estructuras separadas. Florece en primavera, de mayo a junio. La floración es frecuente; la femenina empieza alrededor de los 15 años de edad en árboles aislados (en injertos, a los 6-8 años) o de los 25 a 30 años en rodales densos; la masculina, abundante, tiene lugar algunos años después. Los amentos masculinos se agrupan en la base de las ramas más jóvenes, son aovados o cilíndricos, de color amarillo azafrán o rojizos, de 6-8 mm de longitud, con escamas polínicas con lámina apical corta y redondeada, dentada irregularmente. La producción de polen resulta abundantísima y su dispersión es por el viento. Los conos floríferos femeninos son solitarios o, más frecuentemente, apareados, ovoideo-alargados, de 5-6 mm de longitud, rojizos y erectos sobre un pedúnculo corto y grueso, que es reabsorbido parcialmente tras la polinización.

Las piñas son cortamente pedunculadas o casi sentadas (Fig. 1), aovado-cónicas, 3-6 × 2-3,5 cm, verdes, pasando a pardo amarillento mate al madurar y abrirse, y con escamas de apófisis poco aplanadas o salientes, a veces muy salientes o revueltas en gancho hacia la base en las situadas en el lado opuesto al ramillo. El piñón es pequeño, pardo oscuro o grisáceo, de 4-5 mm de longitud, con un ala de 12-17 mm de longitud (Fig. 2).

Las fructificaciones abundantes suelen ser periódicas (2-5 años). La maduración de los piñones se produce entre septiembre y octubre del segundo año, diseminando los piñones por el viento en la primavera del tercer año, con los primeros calores, pudiendo volver a cerrarse las piñas después (López González, 1982; Amaral Franco, 1986; Ruiz de la Torre, 2006; González y Prada, 2010).



Figura 1. Piña de *Pinus sylvestris* en estado de maduración (Foto: J.I. García Viñas).



Figura 2. Semillas de *Pinus sylvestris*.

Se ha comprobado en ambiente controlado que las semillas de pino silvestre presentan elevados porcentajes de germinación, independientemente de las condiciones de luz y temperatura, lo que sugiere una estrategia oportunista al respecto.

1.3. Distribución y ecología

Es el pino que posee una mayor área natural a nivel mundial, ocupando una extensa superficie de Europa y Asia. En España se encuentra en el Pirineo y en las Cordilleras Ibérica y Central, siendo su límite meridional Sierra Nevada, donde su presencia es puntual. En la actualidad existen masas artificiales de origen desconocido procedentes de repoblaciones en la mayor parte de las áreas montañosas.

Es indiferente a la naturaleza del sustrato, desde calizas y yesos, pasando por areniscas, hasta terrenos silíceos graníticos primarios. Alcanza los mejores desarrollos en suelos algo húmedos, arenosos. Se encuentra entre los 700 y 1.800 m de altitud, en zonas con un rango pluviométrico de 700 y 1.400 mm anuales. Es sensible a sequías estivales largas (período de sequía inferior al mes y medio, excepto en sus localizaciones más meridionales). Está adaptado a las bajas temperaturas (medias anuales entre 4 y 12 °C y período de helada segura entre 1 y 6 meses). Más detalle sobre condiciones fisiográficas, climáticas y edáficas se pueden consultar en Gandullo y Sánchez Palomares (1994).

Se asocia con frecuencia en el piso oromediterráneo o subalpino a *Cytisus balansae* y *Juniperus communis* (montañas silíceas) o a *Juniperus sabina* (montañas calizas). Busca umbrías y exposiciones norteñas, excepto en Pirineos, dónde crece en solanas, siendo la especie arbórea que delimita la formación de bosques en su límite superior, sólo superada en las mayores altitudes por *P. uncinata*, especie con la que comparte ciertas características genéticas y con la que se híbrida con facilidad, tanto en los Pirineos como

en el Sistema Ibérico (López González, 1982; Amaral Franco, 1986; Blanco *et al.*, 1997; Ruiz de la Torre, 2006; Alía *et al.*, 2009).

2. Materiales forestales de reproducción

2.1. Marco normativo. Identificación de los materiales de reproducción

Pinus sylvestris está incluido en la normativa europea y estatal relativa a la producción y comercialización de los materiales forestales de reproducción, siendo una de las primeras especies de las que se establecieron regiones de procedencia en España (Catalán *et al.*, 1991; Alía *et al.*, 2009). Dada la importancia de la especie y el grado de conocimiento que se tiene sobre ella, sus regiones de procedencia han sido establecidas por el método aglomerativo, atendiendo en su delimitación a criterios relativos a distribución de la especie, variación genética, diferenciación geográfica y variación ecológica. Actualmente, y tras una reciente revisión, hay fijadas diecinueve regiones de procedencia (Fig. 3). Hay que destacar que algunas de ellas presentan características similares, respondiendo su separación a motivos geográficos. Cabe distinguir cuatro grupos de regiones de procedencia:

- Regiones con fuerte continentalidad: Sistema Ibérico septentrional, Sierra de Ayllón, Sierra de Guadarrama, Sierra de Gredos, Montes Universales, Sierra de Gúdar y Sierras Penibéticas.
- Regiones en climas de alta montaña fríos y muy húmedos: Pirineo navarro, Pirineo montano húmedo aragonés y Alto Carrión.
- Regiones en climas atemperados: Alto Ebro, Prepirineo montano seco, Prepirineo catalán, Sierra de Javalambre, Sierras de Tortosa y Beceite y Montañas de Prades.
- Regiones de procedencia climáticamente marginales: Alto valle del Porma y Arenales de la Meseta norte.

Teniendo siempre en cuenta que, a falta de ensayos con resultados contrastados, la procedencia local es la más conveniente, desde el punto de vista de su uso no todas presentan el mismo interés, unas por la calidad de sus masas y otras por lo reducido de su extensión. Atendiendo a la utilización de la especie dentro de su propia área natural y a su empleo en aquellas zonas fuera de ésta más susceptibles para ello, cabe considerar como procedencias de amplio uso las siguientes: Prepirineo montano seco, Pirineo montano húmedo aragonés, Pirineo montano húmedo catalán, Sistema Ibérico septentrional, Sierra de Guadarrama, Montes Universales y Sierra de Gúdar.

Respecto a los materiales de base catalogados se considera que, con la salvedad de su ausencia en las regiones Pirineo montano húmedo catalán y Montaña de Prades, el número de ellos es adecuado a las necesidades que plantea el uso de la especie según regiones de procedencia. Es de destacar la presencia de rodales selectos localizados en Galicia, fuera del área natural de la especie, de origen conocido (Sierra de Guadarrama) y que, en principio, constituyen una fuente de suministro de idoneidad contrastada para zonas del noroeste peninsular de potencial empleo de la especie. En tal sentido, sería deseable el reconocimiento como material de base de otras poblaciones no autóctonas,

de origen conocido o no, situados en zonas de posible expansión de la especie, cuya adaptación esté suficientemente garantizada y sean de la mejor calidad posible. A su vez, están catalogados tres huertos semilleros situados en Puente de la Reina de Jaca (Huesca), La Granja de San Ildefonso (Segovia) y Soria, correspondientes a la categoría cualificada y cuyos integrantes se corresponden con árboles plus localizados, respectivamente, en masas de las regiones de procedencia Pirineo montano húmedo aragonés, Sierra de Guadarrama y Sistema Ibérico septentrional. Para la selección, tanto de los rodales como de los genotipos de los huertos semilleros, se han considerado criterios específicos relativos a la producción de madera (forma y pauta de crecimiento, producción y calidad de la madera).

Algo a tener muy presente con esta especie es la protección de las regiones de procedencia marginales, que constituyen reductos de gran valor ecológico y que en algunos casos, como las poblaciones de Sierra Nevada y Baza, están necesitadas de una protección frente al peligro de introgresión genética proveniente de las extensas repoblaciones cercanas.



Figura 3. Distribución de *Pinus sylvestris* y Regiones de Procedencia de sus materiales de reproducción. 1.- Alto Valle del Porma. 2.- Alto Ebro. 3.- Prepirineo Navarro. 4.- Prepirineo Montano Seco. 5.- Pirineo Montano Húmedo Aragonés. 6.- Pirineo Montano Húmedo Catalán. 7.- Prepirineo Catalán. 8.- Sistema Ibérico Septentrional. 9.- Sierra de Ayllon. 10.- Sierra de Guadarrama. 11.- Sierra de Gredos. 12.- Montes Universales. 13.- Sierra de Javalambre. 14.- Sierra de Gúdar. 15.- Sierras de Tortosa y Beceite. 16.- Montañas de Prades. 17.- Sierras Penibéticas. 18.- Alto Carrión. 19.- Arenales de la Meseta Norte (Alía *et al.*, 2009).

En cuanto a legislación de sanidad vegetal, *P. sylvestris* es una especie sujeta a la normativa correspondiente sobre pasaporte fitosanitario y, a su vez, a las medidas preventivas contra el patógeno *Fusarium circinatum* (RD. 637/2006, de 26 de mayo, y RD. 65/2010, de 29 de enero), por los que se establece el programa nacional de erradicación y control del citado hongo. Estas normas establecen la obligación de inspeccionar regularmente las masas del género, siendo relevante el control de las diferentes unidades de admisión y, en el caso de las semillas, la de analizar los lotes a comercializar y los autorrecolectados por los viveristas, así como cumplir una serie de requisitos para la circulación del material de reproducción.

2.2. Técnicas de manejo y propagación

2.2.1. Semillas

La época adecuada para las recolecciones empieza en el otoño del año siguiente a la polinización y termina con la llegada de las bajas temperaturas propias de las zonas de distribución de la especie, lugares donde los inviernos suelen ser fríos, pero soleados y secos, circunstancias ambas que inciden en la apertura de las piñas y caída de los piñones. Las piñas de *P. sylvestris* se recolectan a mano, desde el suelo o con la ayuda de escaleras o máquinas elevadoras en los huertos semilleros y, generalmente, mediante escalada al árbol en las masas naturales. El alto coste de este último tipo de recolección está motivando que se tienda a recoger las piñas aprovechando las cortas programadas en las fuentes semilleras y rodales establecidos, siempre y cuando tengan lugar entre la maduración y la diseminación. La recogida de la piña es fácil, pues se desprende fácilmente por simple torsión, rompiéndose el pedúnculo. Dado que ésta, una vez abierta y vacía, no se vuelve totalmente a cerrar por efecto de la humedad y que su caída se produce a lo largo del año vegetativo, no cabe la posibilidad de recolectar piñas vacías. Esta especie no presenta piñas serotinas. El peso de 1 hl de piña se sitúa en el intervalo 38-46 kg.

La piña recolectada debe ser transportada, lo más rápido posible, al lugar de almacenaje provisional de la instalación donde se llevará a cabo su procesado. En caso de no ser esto posible debe disponerse un almacenamiento temporal sobre el terreno. Es vital que la piña permanezca ensacada el menor tiempo, pues normalmente la climatología en la época de recogida suele ser fría y la humedad existente en la piña se mantiene y se acrecienta en el saco, provocando la aparición de hongos saprofitos y parásitos que terminan por afectar a la germinación de las semillas. Mientras estén ensacados se ha de garantizar la ventilación de la dependencia, favorecer la aireación entre los envases y evitar, a toda costa, los apilamientos excesivos.

Una vez llegada la piña al lugar de procesado, se debe proceder a su presecado, para lo cual se dispondrá en recipientes aireados de gran capacidad o extendida sobre suelos secos, de hormigón o cemento poroso, en un lugar seco y bien aireado y protegida de la lluvia, teniendo la precaución de efectuar volteos periódicos.

La apertura de la piña, dada la época de la recogida, suele hacerse en sequeros artificiales, habiéndose abandonado casi completamente el uso, para esta especie, de los sequeros solares, porque el tiempo que requiere su secado impide, prácticamente, que la semilla recogida en el año pueda ser utilizada, esa misma campaña, como simiente en los viveros.

Tabla 1. Descripción de las áreas con presencia de *Pinus sylvestris* por región de procedencia (RP: número de la región de procedencia; Pres: presencia de la especie en cada una de las regiones, estimada como el cociente del área de la especie en dicha región respecto del área total de la especie; A: número de meses de déficit hídrico (precipitación media mensual <2 temperatura media mensual); Osc: media anual de la oscilación térmica diaria; Hs: número de meses con helada segura (media mínimas <0 °C); Med: valor medio; Max: valor máximo; Min: valor mínimo; MaxMC: valor máximo del mes más cálido; MinMF: valor mínimo del mes más frío); Tipo de suelo: porcentaje del tipo de suelo según la cartografía Soil Map of the European Communities dentro de cada región de procedencia. La clasificación de suelos utilizada en dicha cartografía es la de FAO de 1974. Las abreviaturas se han actualizado a la clasificación FAO de 1989. Los tipos de suelos inexistentes en la nueva clasificación se han mantenido con los nombres antiguos, asignándoles nuevas abreviaturas (Rankers: RK, Xerosoles: XE). Sólo se incluyen aquellos suelos que superan el 10% en el conjunto del territorio estudiado).

RP	Pres (%)	Altitud (m)			Precipitación (mm)		A (meses)	Temperatura (°C)			Osc (°C)	Hs (meses)	Tipo de suelo (FAO)
		Med	Max	Min	Annual	Estival		Med	MaxMC	(%)			
1	0	1523	1810	1279	1646	170	0	6,4	22,2	-4,8	14,9	5,9	PDu(100)
2	4,3	777	1310	296	867	136	0,5	10,5	25,4	0	14,4	0,6	CMc(94)
3	7,1	892	1802	469	1207	179	0,1	9,8	25,7	-1,3	15,7	2,4	CMc(93)
4	10	993	2171	450	889	179	0,4	10,6	27,7	-2,0	17,8	3	CMc(83)
5	9,5	1317	2506	553	1274	253	0	8,4	24,7	-3,8	16,8	4,6	CMc(72) CMtu(14)
6	10,6	1406	2778	463	954	239	0	8,1	25	-5,1	17,5	5,3	CMtu(59)
7	19,5	943	2378	127	935	257	0	10,5	26,8	-2,5	17,1	3,3	CMc(84) CMtu(10)
8	9	1310	2132	778	865	139	0,8	8,4	26	-3,1	16,5	4,7	CMtu(65) CMc(32)
9	1,3	1390	1766	1121	822	123	1,5	9,4	27,7	-2,6	18	4,2	CMc(67) CMc(20)
10	3,1	1508	2148	997	1004	111	1,5	8,5	25,6	-2,6	17,2	4,1	CMtu(84) CMd(11)
11	0,2	1458	1683	1230	974	97	1,8	9,4	28,1	-2,8	17,4	4,4	CMtu(100)
12	12,5	1476	1876	1022	847	128	1,3	8,7	27,4	-3,8	17,5	5	CMc(92)
13	2,3	1433	1977	905	680	129	1,1	10,4	27,3	-1,5	16,8	2,6	CMc(99)
14	7,4	1473	1962	530	678	153	0,2	8,7	25	-2,8	16,4	4,1	CMc(95)
15	1,7	1017	1335	405	850	137	1	11,8	26,3	0,9	15,5	0,1	CMc(100)

RP	Pres (%)	Altitud (m)			Precipitación (mm)		A (meses)	Temperatura (°C)			Osc (°C)	Hs (meses)	Tipo de suelo (FAO)
		Med	Max	Min	Annual	Estival		Med	Max	MC			
16	1,1	825	1192	308	729	119	1,5	12,5	27,4	1,5	16,5	0	CMc(60) CMe(40)
17	0,2	1833	2251	1372	789	58	2,7	9,8	27,9	-2,4	17,7	3,3	CMu(90) CMc(74) LPc(26)
18	0	1341	1610	1135	1176	139	0,5	8,1	24,8	-3,7	16,4	5,1	CMc(10)
19	0	792	793	790	478	68	3,1	11,9	31	-0,9	18	2,1	CMc(100)

La semilla de *P. sylvestris* es sensible tanto a la temperatura como al tiempo de secado, por lo que los sequeros que se utilicen deben tener control térmico del aire caliente. Experiencias desarrolladas en el sequero artificial del Centro Nacional de Recursos Genéticos Forestales *El Serranillo* han puesto de manifiesto que la temperatura ideal para esta especie, entendiendo por tal la que aúna velocidad de secado (menor coste) con la total apertura de las piñas y la garantía de buenas germinaciones, se sitúa en el entorno de los 60 °C (Carrasco, 1994). A esta temperatura y dependiendo del grado de humedad de los conos, el proceso de secado, propiamente dicho, de la piña previamente presecada dura entre 2 y 3 horas.

Una vez abiertas las piñas o durante el proceso de apertura, se procede a la extracción de los piñones mediante volteo y agitación de las piñas. Para ello, cuando se trata de grandes cantidades, se emplean tambores giratorios de superficie perforada (*tromel*). Posteriormente se procede al desalado de los piñones, recurriéndose a máquinas constituidas por mecanismos giratorios provistos de cepillos, peines o almohadillas, montados en el interior de un armazón. En ellos, la semilla es friccionada o presionada contra las paredes interiores de la carcasa, lo que provoca el desprendimiento del ala o que quede retenida al hacer pasar las semillas por unas ranuras estrechas. Durante esta operación se debe evitar fricciones agresivas o prolongadas que puedan ocasionar daños mecánicos o un calentamiento excesivo a la semilla. También cabe efectuar el desalado por humectación-secado, método que presenta la ventaja de eludir los daños mecánicos o físicos, pero que requiere un especial cuidado para evitar fermentaciones de la semilla o el desarrollo de hongos. En este caso, sí se va a proceder al almacenaje de la semilla, debe asegurarse que el contenido de humedad resultante sea el adecuado para su correcta conservación. Hoy día, hay que equipos que realizan este proceso de una manera rápida y segura. Posteriormente, se aborda la limpieza y selección por aventado, cribado y separación densimétrica. En el caso de pequeñas cantidades, todo el proceso puede realizarse a mano, con la ayuda de útiles sencillos o pequeños equipos (cepillos de púas, cribas, elutriador, etc.).

La semilla de *P. sylvestris* es ortodoxa, dado que muestra gran tolerancia a la deshidratación y al frío. La conservación de los piñones requiere que su contenido de humedad sea bajo, del orden del 5-8%. Dado que tras el proceso de obtención indicado, la semilla se halla por lo general en dicho intervalo, no suele ser preciso aplicar secados especiales. Las semillas con tal contenido hídrico se almacenarán en recipientes herméticos a una temperatura inferior a 8 °C, preferiblemente, en el intervalo 0-4 °C. En estas condiciones conservarán su capacidad de germinación sin pérdida acusada de la viabilidad durante 5-10 años. En cambio, si el almacenaje es a temperatura ambiente el deterioro es muy rápido a partir del tercer o cuarto año (Catalán, 1991). En caso de almacenaje a largo plazo (bancos de conservación de recursos genéticos) se procedería a mantener la semilla a temperatura de -20 °C. Se han realizado estudios que han comprobado que la crioconservación no conlleva una significativa disminución de la viabilidad de la semilla (Ahuja, 1986; Pita *et al.*, 1997; Pita *et al.*, 1998). Más que la disminución de la germinación, la causa de la inhabilitación de los lotes suele ser el descenso del vigor acaecido con el tiempo de almacenamiento. Esta falta de vitalidad repercute fuertemente en el proceso de producción posterior de los brinzales, al retrasar el crecimiento de la plántula, con la problemática que, como más adelante se verá, ello lleva implícito.

Tabla 2. Datos característicos de lotes de semillas de *Pinus sylvestris*.

Rendimiento semilla/fruto		Pureza (%)	Facultad germinativa (%)	Nº semillas kg ⁻¹	Referencia
(kg hl ⁻¹)	(% en peso)				
0,6-1,2 ⁽¹⁾ 0,4-0,8 ⁽²⁾			85-95	150.000	Cemagref (1982)
0,5-0,6-0,8	1,2-2,6	99	85	150.000	Gradi (1989)
0,7-1,4	2-3	90-95		75.000-92.000-160.000	Catalán (1991)
0,26-0,5-0,8			85	165.000	Forestry Commission (1992)
			50-90	80.000-240.000 (143.000-160.000)	Piotto (1992)
				78.790-132.398	García-Fayos (2001)
	2-3	99-100	92-94	102.120	Navarro-Cerrillo y Gálvez (2001)
	1		42-87-99,5	117.710-124.219-154.728	Louro y Pinto (2011)
	0,6-3,1	92-99	62-96	78.800-106.800	Banc de Llavors Forestals (Anexo II)
0,65-1,5	1,7-3,35	95-99	75-6	80.000-95.000-110.000	CNRGF <i>El Serranillo</i> (Anexo III)
0,7-1,1		95-100	70-99	90.000-110.000	Vivero Central JCyL (Anexo IV)

⁽¹⁾ Llanura

⁽²⁾ Montaña

Aunque la semilla no precisa de tratamientos previos para su germinación, en el caso de que vaya a sembrarse la semilla recién extraída, antes de su empleo, es conveniente que se complete la maduración fisiológica mediante el almacenamiento del lote en cámara a 4-8 °C durante un mínimo de un mes.

La semilla bien almacenada, germina en condiciones controladas de laboratorio o invernadero rápidamente. De los datos del laboratorio de semillas del Centro *El Serranillo* se comprueban germinaciones del 60-70% en sólo 8 días y del 90% al cabo de 10 días. Para su germinación no precisa de tratamientos previos. Escudero *et al.* (2002), al estudiar el efecto de la temperatura y la luz sobre la germinación, comprobaron una peor respuesta en el rango mayor de temperatura ensayado (25 °C), en el que a su vez era notorio el efecto de la luz. Igualmente reseñaron interacciones significativas entre las condiciones de luz y temperatura y las poblaciones consideradas.

Muñoz *et al.* (2009) estiman que el tratamiento más eficaz para evitar la proliferación de *Fusarium circinatum* en lotes de semillas de *P. sylvestris* es su desinfección mediante inmersión en una solución de peróxido de hidrógeno al 30 % durante 10 minutos, pues logra desinfectar casi al 100 por cien los piñones infectados, sin afectar a la germinación.

Las normas ISTA (2011) prescriben, en primera instancia, para *P. sylvestris* como condiciones de germinación una alternancia térmica de 20-30 °C, según un ciclo de 16-8 h y, como posible alternativa, una temperatura constante de 20 °C, señalando que las procedencias mediterráneas pueden requerir una estratificación previa de 21 días a 3-5 °C. En ambos casos la duración del ensayo se establece en 21 días. Por su parte, la Forestry Commission (2010) recomienda la opción alternativa de la ISTA, pero fijando una duración de al menos 28 días. Asimismo, establecen el protocolo a seguir para el ensayo al tetrazolio (grupo de pinos de testa delgada), que conlleva la extracción del embrión y del endospermo como preparación para la tinción.

Especie de germinación epigea, cuyas plántulas tienen de 7 a 11 cotiledones aciculares.

2.2.2. Vegetativa

El pino albar no suele propagarse en nuestro país de manera vegetativa. Sin embargo, y al igual que con otros pinos peninsulares, sería posible multiplicarlo mediante estaquillado y técnicas *in vitro*, empleando material juvenil.

3. Producción de plantas

Pinus sylvestris, que en su área de distribución coloniza las latitudes más septentrionales, en nuestro país ocupa las zonas altitudinalmente más elevadas, llegando sus masas a constituir en numerosos enclaves el límite de la vegetación arbórea. Tradicionalmente, han sido los viveros a raíz desnuda los que proporcionaron con éxito la mayor parte de la planta necesaria para las reforestaciones entre los años 1950 y 1970. La Sierra de Filabres en Almería mantiene reforestaciones de esa época, efectuadas con planta a raíz desnuda, cuyo éxito ha sido tal, que hoy día presentan problemas de estabilidad por la excesiva densidad de la masa persistente.

En la última década del siglo pasado se inició el cambio de modo de producción hacia la denominada tecnología de ambiente controlado, uso de contenedores antiespiralizantes y sustratos artificiales orgánicos estériles, que ofrece altas posibilidades de mecanización y control. Este nuevo sistema de cultivo, al controlar mejor la producción y la calidad final de la planta, ha terminado por imponerse, incluso en las zonas de clima atlántico, desplazando casi totalmente al cultivo a raíz desnuda.

Pinus sylvestris, junto con *P. nigra* y *P. uncinata*, son las resinosas arbóreas autóctonas que tienen su periodo de crecimiento controlado por el fotoperíodo; es decir, es la duración relativa de luz-no luz y la existencia de espectros luminosos concretos, detectados por el fitocromo, lo que determina la duración de su periodo vegetativo. Tal hecho implica que estas especies no crezcan exclusivamente por impulso de las condiciones térmicas adecuadas (termoperíodo), sino que a éste periodo haya de superponerse el fotoperíodo, siendo la concurrencia de ambos lo que determina la época hábil de crecimiento. La curva del fotoperíodo que controla el proceso está fijada genéticamente y se halla ligada a la procedencia de la semilla. Como estas curvas se achatan a medida que sube la latitud, las procedencias más septentrionales son las que tienen menos tiempo vegetativo. Así, los autores han constatado, en cultivos efectuados en el CNRGF *El Serranillo* y en otros

viveros controlados, que las procedencias del centro peninsular emiten yemas terminales a primeros de agosto, mientras que las de latitudes superiores lo hacen algo antes y la procedencia de Sierra Nevada después.

Este control interno del periodo vegetativo a causa del fotoperíodo, a menudo desconocido por los viveristas, suele producir en las plántulas la paralización temprana de su crecimiento en altura y la aparición de una yema terminal. Con ello, los brinzales quedan demasiado pequeños y posiblemente no aptos para su comercialización, por lo que se hace necesario prolongar su cultivo hasta dos savias, a fin de obtener plantas de suficiente masa foliar y consistencia del cepellón para poder ser manipuladas.

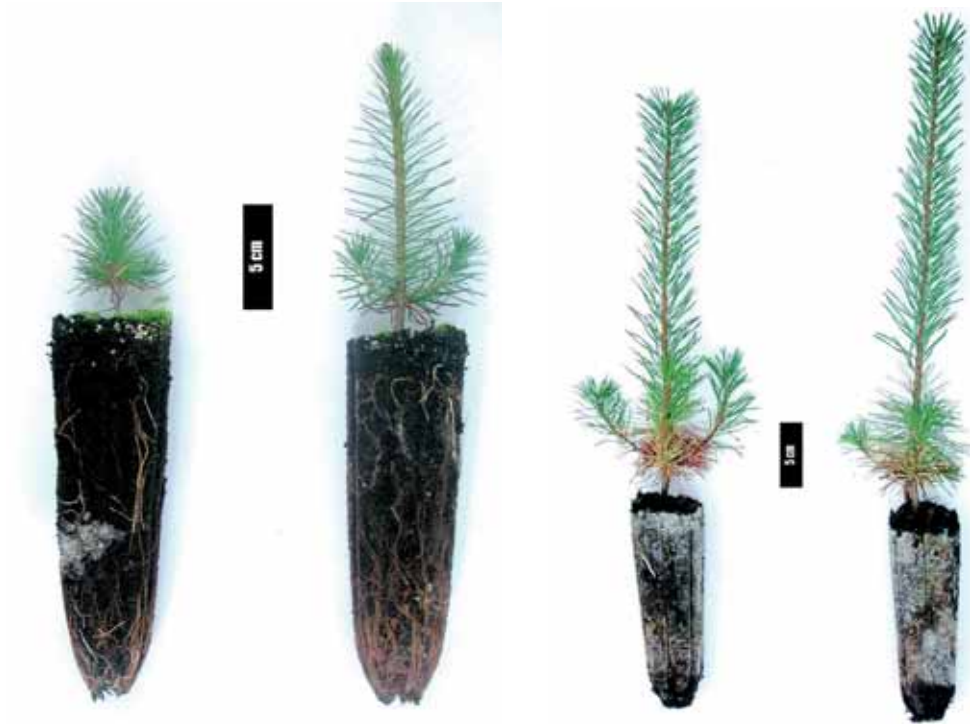
Aunque existe la tecnología para anular este control del fotoperíodo (descrita para *P. nigra*), no es normal su aplicación en nuestro país, siendo lo más corriente que los cultivadores amplíen los períodos de cultivo hasta 2 ó 3 savias con los inconvenientes que esto conlleva para el manejo de los cultivos (degradación de las bandejas y de los sustratos, invasión de malas hierbas, musgos y hepáticas, etc.).

Durante la primera savia, los brinzales presentan hojas juveniles aciculares cortas, que se insertan directamente sobre el eje principal de la planta. La ramificación es muy escasa y consiste en una, dos o tres ramillas poco desarrolladas que nacen en la zona basal cercana a los cotiledones. El crecimiento en el primer año debe finalizar siempre con una única y patente yema terminal, que preforma el crecimiento del año siguiente. Si bien las dimensiones de los brinzales de una savia dentro del mismo cultivo y manejo pueden diferir bastante (Fig. 4), las consideraciones morfológicas reseñadas son válidas.

El crecimiento durante el segundo año sigue un patrón muy concreto, basado en un veloz desarrollo primaveral de un tallo recto y grueso, que va produciendo en su crecimiento hojas cortas, exclusivamente de tipo adulto, en braquiblastos de dos acículas. Este segundo crecimiento finaliza con un botón de yemas en el que destaca una yema central y entre 4 a 6 yemas laterales muy manifiestas (Fig. 5). En este segundo periodo vegetativo no suele aparecer ninguna ramificación lateral, manteniéndose la rala ramificación basal del primer año. El aspecto de estos brinzales es de velas patentes y rígidas (Fig. 4).

Si se continua el cultivo durante una tercera savia, el patrón de crecimiento vigoroso y recto y el tipo de hojas se mantienen, apareciendo ahora, en el inicio del crecimiento anual, una única y fuerte ramificación procedente de las yemas generadas en el segundo año de cultivo. Esta separación tan nítida en cuanto al tipo de hojas, yemas y ramificaciones, permite identificar de una forma clara las savias del cultivo, lo cual no resulta tan evidente en otras especies mediterráneas con crecimiento continuo

Los ensayos efectuados durante los últimos veinte años en el Centro *El Serranillo* han puesto de manifiesto que *P. sylvestris* es una especie que en general soporta muy bien la alta densidad de cultivo, pues su parte aérea no sufre de problemas patológicos derivados de la alta densidad. Además, si el cultivo está bien llevado, su sistema radical es capaz de colonizar volúmenes de hasta 400 cm³ en una savia. Por ello, el abanico de contenedores de cultivo susceptibles de empleo se extiende desde volúmenes mínimos de 200 cm³ hasta 400 cm³ con densidades entre 300 y 600 brinzales m⁻², sin que estas densidades manifiesten excesivos problemas patológicos o de fisiopatías. Por razones de



Figuras 4 a y b. Brinzales de *Pinus sylvestris* de una savia cultivados en alveolo de 300 cm³ (izquierda) y de dos savias cultivados en alveolo de 200 cm³ (derecha) (nótese la presencia de micorrizas en las plantas) (Fotos: J.L. Peñuelas).



Figura 5. Yemas terminales de brinzales de *Pinus sylvestris* al final de la segunda savia (Fotos: J.L. Peñuelas).

coste y debido a la ausencia de experiencias sobre calidad de planta en esta especie, los contenedores pequeños, de unos 200 cm³, son los más frecuentemente utilizados.

En los cultivos de dos o más savias de duración y para evitar los nocivos efectos de la descomposición de la materia orgánica durante el largo ciclo de producción, deben elegirse sustratos fibrosos y poco descompuestos, como pueden ser las turbas rubias, con valores de la escala de Von Post comprendidos entre 1 y 3, y las fibras de coco lavadas, evitándose el uso de turbas negras y otros materiales orgánicos no controlados.

Los cultivos de dos o más savias exigen de precauciones y cuidados especiales que a veces los hacen inviables desde el punto de vista económico o de calidad de la planta, pues en ellos es muy frecuente sufrir invasiones de malas hierbas. *Pinus sylvestris*, por fortuna, es relativamente indiferente a la densidad del cultivo y no es usual que sufra fuertes ataques de *Botrytis* y de *Fusarium*, revistiendo poca importancia la pudrición de las acículas en la base de los tallos. Al igual que *P. nigra*, esta especie es particularmente proclive a micorrizarse fuertemente con los hongos oportunistas que siempre existen en los viveros, como son los géneros *Laccaria* y *Telephora* (Fig. 4), generando, muy frecuentemente, sistemas radicales totalmente colonizados por mantos fúngicos, que, sin duda, protegen al brinzal del ataque de otros hongos parásitos.

Por el contrario, el escaso desarrollo de su ramificación basal deja al sustrato demasiado expuesto a la colonización por malas hierbas y a la invasión por musgo y hepáticas, de difícil y costoso control, que, al consumir muchos de los nutrientes aportados y competir directamente con la planta, retrasan su crecimiento e incluso llegan a eliminarla.

La semilla de *P. sylvestris* presenta una alta y veloz germinación, por lo que es de esperar que las nascencias en vivero sean rápidas y muy homogéneas. Normalmente se siembran 2 semillas por alvéolo, para de este modo tener la seguridad casi completa de que todos los alvéolos estarán ocupados, realizándose el deshermanado lo más pronto posible y siempre antes de que la raíz principal haya llegado al fondo del alvéolo, momento en el que se inicia la generación de raicillas secundarias que dificultarían la operación.

Como se ha visto anteriormente, el desarrollo de *P. sylvestris* depende tanto del termoperíodo como del fotoperíodo. Como este último es, normalmente, más corto que el primero, si se quiere hacer producciones de una savia, el plan de cultivo debe plantear siembras lo más tempranas posibles. De este modo, las plantas logran tener prácticamente desarrollado sus sistemas radical y aéreo hacia el solsticio de estío, y así poder aprovechar los largos días de luz y alta capacidad fotosintética del verano, antes de que su crecimiento aéreo se detenga por acción del fotoperíodo. Como en el centro peninsular y con las procedencias de la zona, la emisión de yemas se localiza entre finales de julio y primeros de agosto, la garantía de crecimientos adecuados requiere cultivos de 25 a 30 semanas. Por ello, es imprescindible realizar las siembras lo antes posible, a más tardar, de mediados de febrero a primeros de marzo, y mejor con protección de túneles o invernaderos. En todos los lugares, pero sobre todo en los viveros ubicados en cotas elevadas o latitudes altas, con cierta continentalidad y periodo vegetativo térmico más corto, pueden plantearse cultivos de 1,5 savias con el siguiente esquema: siembra en julio-agosto del primer año, protección invernal y cultivo de un periodo vegetativo completo durante el segundo año.

Por regla general y salvo casos concretos, podemos decir que no es recomendable el uso de sombreo durante el cultivo de las especies forestales españolas. En *P. sylvestris* no existen estudios sobre calidad de la planta que correlacionen variables de cultivo con resultados en campo, pero se sabe, por otras especies de coníferas peninsulares claramente colonizadoras de espacios abiertos, que la sombra suele producir alteraciones morfológicas no deseadas por aumento de la relación entre la parte aérea y radical.

En esta especie, al igual que en *P. nigra* y sin saber muy bien a que responde, es corriente que el cultivo a pleno sol produzca en las plantas adultas una fisiopatía de pustulaciones amarillentas en las acículas, que no aparece si se cultiva bajo ligera sombra. Por otro lado, la experiencia de cultivo nos indica que semillados bajo sombra producen desequilibrios en las plántulas recién germinadas por excesivo desarrollo del hipocotilo, que a la postre genera deformación por curvatura del mismo debido al peso de los ápices. La sombra favorece la germinación, pero a su vez también el establecimiento de los musgos. Así mismo, los cultivos protegidos son menos propensos a contaminarse de malas hierbas. Todos estos factores nos llevan a aconsejar un cuidadoso uso de esta variable, sopesando los pros y los contras. Un posible esquema de producción de planta podría ser el cultivo a pleno sol en las fases cotiledonares y de crecimiento activo y con ligero sombreo al final.

Con semillados tempranos y lotes de rápida germinación, las plántulas pasan rápidamente a la fase de roseta de acículas juveniles con crecimiento secundario. Por ello, en los cultivos de *P. sylvestris* no son de temer graves ataques de los hongos causantes del *damping-off*. Pero si por la razón que fuera, los semillados se atrasan y se entra en períodos más térmicos, se deben extremar las precauciones y aplicar siempre productos antifúngicos hasta la aparición del crecimiento secundario en el tallo hipocotilo. Se suelen utilizar en alternancia principios activos como el Himexazol, Iprodiona, Propamocarb y Carbendacima. Respecto a otras enfermedades, *P. sylvestris* no suele ser atacado por *Fusarium oxysporum* y *Botrytis cinerea*; no obstante y debido a que los fungicidas tienen poca acción curativa, se recomienda siempre efectuar tratamientos preventivos con principios activos de amplio espectro, como Thiram o Captan, o sistémicos, como Carbendacima. Del mismo modo, no suelen ser frecuentes los problemas debidos a plagas, pero en cualquier caso, estos problemas, por visibles, son fáciles de detectar y tratar. Principios activos como Imidacloprid y Deltametrin pueden utilizarse según el tipo de ataque.

La presencia de malas hierbas en el cultivo de pino silvestre puede ser uno de los problemas más frecuentes en vivero en caso de abordar cultivos con sustratos “sucios”, de dudosa procedencia o de prolongarlos más de una savia. Deben mantenerse, pues, los principios de las buenas prácticas, aunque en último caso existen posibles tratamientos herbicidas. Oxifluorfén es el principio activo más utilizado, tanto en preemergencia como en postemergencia temprana, en tratamientos repetitivos a dosis de 0,5 cm³ l⁻¹.

Por las mismas razones apuntadas en *P. nigra*, no se recomienda el control de riegos para el endurecimiento durante la última fase de cultivo.

Para esta especie, existen en nuestro país pocos estudios que correlacionen tipo o intensidad de abonado con respuestas morfofisiológicas en vivero y laboratorio o resultados de

supervivencia y crecimiento en campo; pero de los datos disponibles se deduce que la fertilización es un factor de cultivo al que esta especie responde muy positivamente. En este sentido, sería necesario estudiar con detenimiento este aspecto, y ello debido al corto y típico periodo vegetativo de *P. nigra*. A este respecto disponemos de los estudios efectuados sobre influencia de la semilla y dosis de fertilización (Ocaña *et al.*, 1997) y sobre métodos y dosis (Carrasco *et al.*, 2004).

La pequeña semilla de la especie, en el entorno de 8 mg de materia seca, aporta poco al desarrollo de la planta, por lo que es preciso empezar a fertilizar cuanto antes, nada más iniciarse la emisión de las hojas juveniles en roseta. Se ha constatado que pequeños aportes de N consiguen grandes incrementos en la masa total del brinzal, con una relación de conversión planta/semilla del orden de 350, la más alta de las encontradas experimentalmente en las especies arbóreas estudiadas. Además, se ha comprobado que la supervivencia y el crecimiento en campo se hallan influenciados muy positivamente por los aportes nutricionales, encontrándose muy buenos resultados en el intervalo de 60-80 mg de N por planta. En aplicaciones exponenciales, pueden elevarse estos contenidos hasta niveles de 200 mg de N por planta, sin problemas de toxicidad.

La concentración en N del líquido fertilizante puede variar entre 50 ppm al inicio del cultivo y 150-200 ppm al final. Abonados ricos en N al final del cultivo pueden retrasar el inicio de la emisión de yemas, y fuertes concentraciones (superiores a 250 ppm) pueden, incluso, producir la ruptura de alguna yema ya formada en el año. Se puede afirmar que para obtener dimensiones de tallo y de calibre aceptables y con cepellones compactos, es conveniente aportar como mínimo entre 75 y 100 mg de N en el primer año, con esquemas de fertilización largos, basados en fertirrigación semanal, con concentraciones de líquidos fertilizantes en el entorno de 150 ppm de N.

Debido al parón de crecimiento en altura que genera la emisión de las yemas, *P. sylvestris* es una especie que puede responder muy bien a programas de fertilización otoñal, así como a los métodos de abonado basados en la fertilización exponencial, pues ambos conceptos y sistemas intentan aumentar la concentración nutricional de las plantas a la salida del vivero, como atributo de calidad, sin deterioro de las relaciones morfométricas (Timmer y Armstrong, 1987; Timmer y Aidelbaum, 1996).

Los ensayos que se han efectuado al respecto en el Centro *El Serranillo* han dado buenos resultados al incrementar el porcentaje de N en los tejidos (Carrasco *et al.*, 2004). Concentraciones de N en tejidos aéreos del 1,5-2% son posibles con esquemas convencionales y exponenciales bien gestionados. En la Tabla 3 se recogen las características morfológicas y la concentración de nutrientes registrados en un ensayo de fertilización para plantas de una savia de *P. sylvestris*.

4. Uso en repoblaciones y restauraciones

El uso de *P. sylvestris* en las reforestaciones ha sido muy desigual a lo largo de la historia y también muy diferente según las regiones biogeográficas. Ambas realidades tienen un fundamento cierto, que se basa tanto en la ecología de las zonas que coloniza como en las razones socioeconómicas que motivaron la actuación repobladora. Los autores mantienen

Tabla 3. Valores de atributos morfológicos y de concentración de N, P y K en las partes aérea y radical en planta de *Pinus sylvestris* de una savia al final del cultivo según el régimen de fertilización (para una misma variable, letras distintas indican diferencias significativas ($P < 0,05$)) (Carrasco *et al.*, 2004).

Atributo	Convencional	Exponencial	Exponencial lujo
Altura (cm)	6,7ab	6,0a	7,4b
Diámetro del cuello de la raíz (mm)	3,2a	3,0a	3,7b
Peso seco aéreo - PA (g)	1,91b	1,69a	1,91b
Peso seco radical - PR (g)	1,29b	1,11a	1,57c
N aéreo (mg g^{-1})	9,07a	10,9a	14,8b
N radical (mg g^{-1})	15,5a	17,9b	21,8c
P aéreo (mg g^{-1})	1,51a	1,67a	2,17b
P radical (mg g^{-1})	2,88a	3,18a	3,34b
K aéreo (mg g^{-1})	0,92a	1,03a	1,34a
K radical (mg g^{-1})	6,0a	6,0a	6,1a

que salvo raras excepciones, en España no ha habido política forestal propiamente dicha; es decir, aquella que se dirige a conseguir la superficie forestal suficiente para alcanzar una adecuada oferta de productos forestales con una aceptable provisión de servicios ecosistémicos a la sociedad. Muy al contrario, las actuaciones forestales, siempre o casi siempre, han estado motivadas por exigencias de índole social, siendo el paro estacional agrario el argumento que, en mayor medida, se ha utilizado en el pasado como justificación de la inversión en los montes. A estos efectos, solo hay que recordar la disposición transitoria de la Ley de 30 de mayo de 1941, del Patrimonio Forestal del Estado donde explícitamente se reconoce la enorme labor mitigadora de las actuaciones forestales sobre el paro obrero. Actualmente, las subvenciones para las reforestaciones se justifican en un intento de mantener las rentas rurales en el marco de las políticas europeas de productos excedentarios. Si consideramos las tres grandes olas reforestadoras que se pueden apreciar en las estadísticas del sector, se tienen datos suficientemente fiables de las dos últimas. Es decir, de la acaecida entre los años 1940 a 1988, en la que el protagonismo e ímpetu repoblador corrió a cargo de las administraciones forestales, y de la que ha tenido lugar entre 1992 y 2005, período en el que las reforestaciones se centraron mayoritariamente en apoyar al sector privado, subvencionando las actuaciones en el marco de medidas de acompañamiento a la Política Agraria Común (PAC) (MAPA, 2006).

Entre 1940 y 1988, *P. sylvestris* fue la segunda especie más utilizada (más de 600.000 ha), superada sólo por *P. pinaster*; con la distinción de que esta especie se empleó masivamente con finalidades productivas mientras que el pino silvestre, al concentrarse en zonas altas y frías y tener menos capacidad de producción de biomasa, se utilizó mayoritariamente en reforestaciones de índole protector. Más del 90% de la superficie

reforestada lo fue en la denominada época expansionista, que transcurre en los escasos treinta años entre 1952 y 1984, y ello gracias al total apoyo político a estas actuaciones (MAPA, 2006). Previamente, la bibliografía nos habla de la enorme utilización que de esta especie se hizo en la época anterior a 1940 por las Divisiones Hidrológico Forestales, estimándose en 261.475 ha las conseguidas (Montero *et al.*, 2008). Las cifras señaladas apuntan a que podríamos encontrarnos con la especie más utilizada en la historia de la labor reforestadora en nuestro país.

Por la época de las actuaciones de las dos primeras fases, cabe deducir que la planta que se utilizó fue mayoritariamente a raíz desnuda, y producida en viveros volantes, y que los orígenes de las semillas utilizadas no sufrieron el filtro de control y adecuación ecológica que la legislación exige hoy día. Este hecho, junto con la praxis existente en esos años de situar dos o incluso tres plantas por golpe de plantación, en la creencia de que así se aumentaba las posibilidades de éxito, hace que hoy día se tengan dudas sobre el futuro de muchas actuaciones. Son frecuentes las repoblaciones que presentan evidentes síntomas de debilidad biológica, sin que podamos discriminar si es por efecto de las altas densidades, a causa de inadaptaciones genéticas o por ambos motivos. Las reforestaciones con *P. nigra* y *P. sylvestris* logradas en la Sierra de Filabres son un claro ejemplo de lo anterior. En los últimos años, las reforestaciones abordadas al amparo de la PAC, al situarse sobre tierras agrícolas, han utilizado mucho más modestamente esta especie. Así, se cifra en unas 30.000 ha la superficie conseguida en casi una década, sobre un total de más de 668.000 ha reforestadas (MMA, 2007).



Figura 6. Repoblación de *Pinus sylvestris* de más de 100 años con objetivo protector en Lozoya, Madrid (Foto: R. Serrada).

5. Planificación de la repoblación

En principio las áreas susceptibles de ser repobladas con *P. sylvestris* no son demasiado exigentes en cuanto a demanda transpiracional, pero la profundidad del suelo si puede ser un factor muy limitante, por lo que se deberán extremar las precauciones en su preparación. Ésta debe hacerse siempre por medios mecánicos, ya que son mucho más efectivos y mejoran la disponibilidad de agua para la planta, siendo el subsolado posiblemente la mejor opción en la mayoría de los terrenos. La plantación suele ser manual y se realiza sobre la línea de subsolado. Como en todos los casos, es aconsejable adelantar la época de plantación cuanto sea posible, una vez que el suelo tenga tempero. Debe evitarse usar plantas producidas en viveros de zonas de climas cálidos en plantaciones de áreas del interior con riesgo de heladas fuertes. Esta precaución podría llegar a la prohibición en el caso de planta producida todo el periodo de cultivo en sombra, por el daño que la combinación de frío y alta intensidad lumínica puede provocar en los fotosistemas.

La densidad de plantación habitual media de las repoblaciones monoespecíficas con esta especie en las zonas de influencia atlántica es alta, situándose actualmente entre 1.100 y 2.000 plantas ha⁻¹ en función de la calidad de la estación. En las reforestaciones con más de 40 años, es corriente encontrar densidades mucho más altas y ello debido a las razones apuntadas en otros epígrafes, como el interés social de generar empleo. Actualmente, y en el marco de la política de acompañamiento de la PAC, la mayoría de las reforestaciones con esta especie se hacen bien en masa pura o mezclada con frondosas de la serie. En este último caso de plantaciones mezcladas, las instrucciones técnicas aconsejan no sobrepasar las 1.000 plantas ha⁻¹.

6. Bibliografía

- AHUJA M.R., 1986. Storage of forest tree germplasm in liquid nitrogen (-196 °C). *Silvae Genet.* 35, 5-6.
- ALÍA R., GARCÍA DEL BARRIO J.M., IGLESIAS S., MANCHA J.A., DE MIGUEL J., NICOLÁS J.L., PÉREZ MARTÍN F., SÁNCHEZ RON D., 2009. Regiones de procedencia de especies forestales en España. Organismo Autónomo Parques Nacionales, Madrid. pp. 195-199.
- AMARAL FRANCO J., 1986. *Pinus*. En: Flora iberica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares. Vol I. *Lycopodiaceae - Papaveraceae*. (Castroviejo S., Laínz M., López González G., Montserrat P., Muñoz Garmendia F., Paiva J., Villar L., eds.). Real Jardín Botánico, Madrid. pp. 168-174.
- BLANCO E., CASADO M.A., COSTA M., ESCRIBANO R., GARCÍA-ANTÓN M., GÉNOVA M., GÓMEZ-MANZANEQUE A., GÓMEZ-MANZANEQUE F., MORENO J.C., MORLA C., REGATO P., SAINZ-OLLERO H., 1997. Los bosques ibéricos. Una interpretación geobotánica. Ed. Planeta, Barcelona. pp. 163-174.
- CATALÁN G., 1991. Semillas de árboles y arbustos forestales. Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid. pp. 275-294.
- CATALÁN G., GIL P., GALERA R., MARTÍN S., AGÚNDEZ D., ALÍA R., 1991. Las regiones de procedencia de *P. sylvestris* L. y *Pinus nigra* Arn. subsp. *salzmannii* (Dunal) Franco en España. Instituto para la Conservación de la Naturaleza, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid.
- CARRASCO MANZANO I., 1994. Determinación de la temperatura y el tiempo óptimos en el secado artificial de los frutos de *Pinus sylvestris* y *Pinus nigra* para la extracción de semillas. Trabajo Fin de Carrera. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola.
- CARRASCO MANZANO I., PEÑUELAS RUBIRA J.L., DOMÍNGUEZ LERENA S., BENITO MATÍAS L.F., 2004. Comparación de distintos métodos y dosis de fertilización en plantas de *Pinus nigra* y *Pinus sylvestris* cultivadas en contenedor. *Cuad. Soc. Esp. Cienc. For.* 17, 29-33.

- CEMAGREF (Centre National du Maquinisme Agricole du Genie Rural des Eaux et des Forets), 1982. Les semences forestières. Note Technique 48.
- ESCUADERO A., PÉREZ-GARCÍA F., LUZURLAGA A.L., 2002. Effects of light, temperature and population variability on the germination of seven Spanish pines. *Seed Sci. Res.* 12, 261-271.
- FORESTRY COMMISSION, 1992. Seed manual for forest trees. Ed. A.G. Gordon. Bulletin 83.
- FORESTRY COMMISSION, 2010. Draft guidance for seed testing at Forest Commission approved forest tree seed testing facilities. Disponible en: [http://www.forestry.gov.uk/pdf/STC-Appendix_1.pdf/\\$FILE/STC-Appendix_1.pdf](http://www.forestry.gov.uk/pdf/STC-Appendix_1.pdf/$FILE/STC-Appendix_1.pdf) [5 Jul, 2010]
- GANDULLO J.M., SÁNCHEZ PALOMARES O., 1994. Estaciones ecológicas de los pinares españoles. Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza. Ministerio Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid.
- GARCÍA-FAYOS P. (coord.), 2001. Bases ecológicas para la recolección, almacenamiento y germinación de semillas de especies de uso forestal de la Comunidad Valenciana. Banc de Llavors Forestals, Conselleria de Medi Ambient, Generalitat Valenciana, Valencia. pp.
- GONZÁLEZ MARTÍNEZ A., PRADA A., 2010. Guía técnica para la conservación genética y utilización del pino albar (*Pinus sylvestris*) en España.
- GRADI A., 1989. Vivaistica Forestale. Edagricole, Bologna.
- ISTA (International Seed Testing Association), 2011. International rules for seed testing. Edition 2011. ISTA, Bassersdorf, Switzerland.
- LÓPEZ GONZÁLEZ G., 1982. La guía INCAFO de los árboles y arbustos de la Península Ibérica. Ed. INCAFO, Madrid.
- LOURO V., PINTO G., 2011. Sementes, uma ponte entre o passado e o futuro da floresta. Ministério da Agricultura, Mar, Ambiente e Ordenamento do Território. CENASEF. pp. 31-38.
- MÁTYÁS C., ACKZELL L., SAMUEL C.J.A., 2004. EUFORGEN Guía técnica para la conservación genética y utilización del pino albar (*Pinus sylvestris*).
- MAPA (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación), 2006. Forestación de tierras agrícolas: análisis de su evolución y contribución a la fijación de carbono y al uso racional de la tierra. Dirección General de Desarrollo Rural. Madrid.
- MMA (Ministerio de Medio Ambiente), 2007. Anuario de Estadística Forestal 2006. [en línea]. Disponible en: http://www.mma.es/portal/secciones/biodiversidad/montes_politica_forestal/estadisticas_forestal/indice_estadisticas_forestales_2006.htm [1, Feb, 2011].
- MONTERO G., DEL RÍO M., ROIG S., ROJO A., 2008. Selvicultura de *Pinus sylvestris* L. En: Compendio de Selvicultura aplicada en España (Serrada R., Montero G., Reque J.A., eds.). Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Agroalimentaria. Madrid. pp. 503-534.
- MUÑOZ C., CUERVO E., AMPUDIA M., GASTÓN A., PEÑUELAS J.L., IGLESIAS S., HERRERO N., 2009. Control químico de *Fusarium circinatum* Nirenberg & O'Donnell en semillas del género *Pinus*. En: Actas del 5 Congreso Forestal Español. [cd-rom]. (Sociedad Española de Ciencias Forestales, Junta de Castilla y León, eds.). Ávila. Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- NAVARRO CERRILLO R.M., GÁLVEZ C., 2001. Manual para la identificación y reproducción de semillas de especies vegetales autóctonas de Andalucía. Tomo II. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, Córdoba. pp. 255-257.
- OCAÑA BUENO L., DOMINGUEZ LERENA S., CARRASCO MANZANO I., PEÑUELAS RUBIRA J.L., HERRERO SIERRA N., 1997. Influencia del tamaño de la semilla y diferentes dosis de fertilización sobre el crecimiento y supervivencia en campo de cuatro especies forestales. En: Actas del II Congreso Forestal Español, II Congreso Forestal Hispano Luso. Mesa 3. (Puertas F., Rivas M., eds.). Pamplona. pp. 461-466. Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- PIOTTO B., 1992. Semi di alberi e arbusti in Italia: come e quando seminarli. Società Agricola e Forestale (Grupo ENCC), Roma.

PITA J.M., BARRERO S., ESCUDERO A., 1997. Cryopreservation: an alternative method for the conservation of endangered populations of two iberian pines (*Pinus nigra* Arnold and *Pinus sylvestris* L.). *Silvae Genet.* 46, 250-252.

PITA J.M., SANZ V., ESCUDERO A., 1998. Seed cryopreservation of seven Spanish native pine species. *Silvae Genet.* 47, 220-223.

RUIZ DE LA TORRE J., 2006. Flora Mayor. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Dirección General para la Biodiversidad, Madrid. pp. 177-187.

TIMMER V.R., ARMSTRONG G., 1987. Growth and nutrition of containerized *Pinus resinosa* at exponentially increasing nutrient additions. *Can. J. For. Res.* 17, 644-647.

TIMMER V.R., AIDELBAUM A.S., 1996. Manual for exponential nutrient loading of seedlings to improve outplanting performance on competitive forest sites. NODA/NFP technical report. TR-25. Nat. Res. Canada. Canadian Forest Service, Sault Ste Marie, ON, Canada.

Pinus uncinata Ram.

Pino negro, pino moro; *cat.*: pi negre, pi mascle; *eusk.*: mendi-pinua

Eduardo NOTIVOL PAÍNO, Juan OLIET PALÁ, Rafael SERRADA HIERRO

1. Descripción

El pino negro pertenece al conjunto de pinos de montaña antiguamente englobados en la especie colectiva *Pinus montana* Mill., que puebla las montañas europeas desde los Pirineos hasta los Cárpatos y Balcanes, formando diversas poblaciones en alta montaña y en medios turbosos. Dichas poblaciones se han dividido en tres taxones distintos: *P. mugo* Turra, *P. uncinata* Ram. ex De Candolle y *P. pumilio* Haenke (Blanco *et al.*, 1997).

1.1. Morfología

Árbol de hasta 25 m de alto, con buen porte cuando vegeta sobre suelo rico y profundo, frecuentemente de menor talla, por estar confinado habitualmente en estaciones adversas. En condiciones particularmente desfavorables, puede aparecer con porte achaparrado y aún rastrero, como suele ocurrir a los individuos de cualquier especie en condiciones estacionales límite. El porte natural recuerda al de los abetos, cónico-piramidal, con ramificación desde la base.

Tronco único, recto, vertical, con ritidoma delgado, gris en el pie joven, en el adulto pardo-oscuro o grisáceo, resquebrajado y teselado, con grietas longitudinales próximas y otras transversales espaciadas con distribución irregular; al desprenderse capas exteriores de la corteza de las teselas dejan caras gris rojizas.

Copa muy densa y estrecha, con follaje verde-oscuro. Ramas cortas, las inferiores próximas al suelo, casi horizontales, las restantes arqueadas, ascendentes, verticales o casi verticales en sus extremos. Las ramas conforman un porte cónico-piramidal que les permite resistir muy bien la acción y el peso de la nieve y el viento. La poda natural se manifiesta con lentitud. Ramillas relativamente gruesas, flexibles y tenaces, muy difíciles de quebrar. Ramillo del año pardo-verdoso, lustroso, quedando luego rugoso por los cojinetes de los braquiblastos, pequeños y aproximados.

Acículas apareadas, muy densamente amontonadas en las ramillas, persistiendo 4 a 6 años sobre el árbol, de 3-8 cm de longitud por 1,5 mm de grueso, de epidermis espesa; rígidas, rectas o ligeramente curvadas, poco torsionadas, aserradas en los bordes, con punta poco o nada pinchuda. Vainas de los braquiblastos bastante fugaces (Ruiz de la Torre, 2006).

Sistema radical potente, habitualmente asimétrico, en adecuación a sus ubicaciones en laderas de fuerte pendiente, con raíz principal poco desarrollada y muchas laterales fuertes y gruesas, extendidas y ramificadas, introduciéndose en las grietas de los peñascos para anclar fuertemente a la planta.

1.2. Biología reproductiva

El pino negro es una especie monoica con flores unisexuales. Los conos floríferos femeninos son sólo subterminales. De acuerdo con su ciclo morfogenético, si se recorre una ramilla desde el ápice del brote se puede observar, sucesivamente:

- Yemas, conos floríferos femeninos, catáfilos y braquiblastos y flores masculinas.
- Ramillo de hace un año, en el que se pueden observar conos femeninos inmaduros, braquiblastos en un tramo con escudetes o pulvínulos de catáfilo y abajo un espacio vacío de antiguo tramo femenino del año anterior
- Ramillo de hace dos años, en el que se pueden observar conos seminíferos maduros, braquiblastos y espacio vacío de antiguo tramo masculino.
- Ramillo de hace tres años, aparece primero un espacio vacío, otro espacio vacío o con braquiblastos y el espacio basal masculino vacío.
- Este patrón se repite sucesivamente, encontrándose braquiblastos con acículas en función de la duración en años de las mismas.

Espigas masculinas de 3-5 cm, cilíndricas u oblongas. Flor femenina de 8-13 mm de longitud por 3-4 mm de grueso, de color amarillo claro. Anteras con laminilla grande, redondeada, dentada en el borde. Polen muy abundante, de grano pequeño (46 μm). Conos floríferos femeninos ovoideos, de 10-12 mm de longitud, erectos sobre pedúnculos cortos, solitarios o verticilados, rojo-violados, poco o nada mucronados.

Piñas subsentadas, revueltas oblicuamente sobre el ramillo, ovoideo-cónicas, asimétricas, de 2-6 cm de largas, lustrosas, pardo amarrotadas (Fig. 1). Apófisis del lado externo abultadas, recurvadas hacia la base de la piña, formando gancho con paramento exterior limitado por superficies convexas. Ombligos salientes, mochos o agudos, rodeados en su base por un anillo negruzco bastante marcado. Piñones pardos o negruzcos, de 4-5 mm de longitud y unos 9 mg de peso, con ala blanquecina o de color ahumado, de 10-14 mm de longitud por 4-6 mm de anchura (Fig. 2).



Figura 1. Piña madura de *Pinus uncinata* en el árbol (Foto: J.I. García Viñas).



Figura 2. Semillas de *Pinus uncinata*.

El pino negro florece de junio a julio, madurando sus piñas al final del segundo verano. La polinización y la dispersión de las semillas son por el viento. La diseminación tiene

lugar en primavera del tercer año, a los 24 meses de la floración respectiva, persistiendo el piñote sobre el árbol más o menos tiempo. La edad de fructificación se establece entre 18 y 20 años y el período de intermitencia entre cosechas abundantes o vecería en 3-4 años (Ruiz de la Torre, 2006).

1.3. Distribución y ecología

El área natural actual de *Pinus uncinata* comprende montañas del centro y sudoeste de Europa: Alpes, Vosgos, Jura, Auvernia, Pirineos y Sierras de Gúdar y Cebollera. Las poblaciones más extensas viven en los Pirineos centrales y orientales. En Jura y Vosgos las localidades son dispersas y reducidas. Se han citado representaciones esporádicas y dudosas en Suiza oriental, República Checa, Eslovaquia y Yugoslavia. Las correspondientes a los Cárpatos orientales y Asia menor deben referirse a *Pinus mugo*, de área en parte superpuesta, más oriental en su conjunto. En los Alpes, República Checa, Eslovaquia y Yugoslavia, coinciden y se cruzan las dos especies, dificultándose la determinación correcta. En el Jura este pino es una de las especies características de las turberas (Ruiz de la Torre, 2006).

El pino negro es una de las pocas especies arbóreas españolas casi exclusivamente característica de la alta montaña. En España sus masas naturales se centran mayoritariamente en los Pirineos central y oriental (Huesca, Lleida, Girona y Barcelona) y, en mucha menor medida, en la Sierra de Gúdar (Teruel) y el Castillo de Vinuesa (Soria), en donde se marca el límite occidental de esta especie (González, 2008).

Las características mesológicas del pino negro corresponden a su carácter de especie microterma y orófila, la más higrófila de las españolas del género, apareciendo algunas diferencias de ámbito entre las condiciones de sus áreas en las diferentes regiones españolas. Vive sobre terrenos de variada edad y naturaleza litológica: granitos, gneises, cuarcitas, pizarras, areniscas, calizas. En el Pirineo los sustratos son cristalinos, primarios y secundarios; en Gúdar y Vinuesa, secundarios. Los suelos son de las series del ranker húmedo en los Pirineos cristalinos; tierra parda húmeda, pardo calizo forestal y tierra parda caliza en las restantes áreas. La condición edáfica ideal es el suelo algo húmedo y no compacto (Ruiz de la Torre, 2006). Requiere más frescura en el suelo que el pino silvestre, pudiendo vivir sobre turberas o suelos húmedos más o menos podsolizados. Gran parte de sus manifestaciones españolas se hallan sobre canchales, rañas, pedregales y roquedos.

La precipitación total media anual es superior a 1.000 mm en general, salvo en la sierra de Gúdar y estribaciones del Pirineo de Lleida, donde baja hasta cerca de 800 mm. La precipitación media de mayo a septiembre es superior a 300 mm en sus localidades pirenaicas, a 200 mm en Vinuesa y Gúdar. Las lluvias estivales tienen una importancia fundamental en la biología de este pino, que resiste grandes sequías fisiológicas en los meses de hielo y a causa de los tremendos vientos invernales de su habitación. Las temperaturas medias del mes más frío son inferiores a 0 °C en la mayor parte de su área; las medias de agosto, en general, se mantienen por debajo de los 15 °C. La oscilación térmica anual es pequeña, pues, aunque soporta grandes fríos, las máximas de verano son bajas, pudiendo calificarse de especie semicontinental. Tiene gran capacidad para

soportar condiciones de frío extremo localizándose, fundamentalmente, en lugares donde las temperaturas medias anuales se encuentran entre los 3,5 °C y los 8,5 °C con un período de helada segura que oscila entre los 5 y 7 meses.

No sufre las altas temperaturas y largos veranos de muchas localidades del pino silvestre, pero le aventaja frente a los fríos intensos y prolongados. Resiste mejor, asimismo, las nieves y vientos, en buena parte por la forma de la copa, la flexibilidad y tenacidad de sus ramas y su enraizamiento. Son relativamente frecuentes en su área los días de cielo despejado y luminoso y está capacitado para eludir o resistir la innivación.

Ocupa un piso de vegetación superior al pino silvestre, el haya y el abeto, aunque se mezcla frecuentemente con estos. Regularmente se encuentra formando masas puras en el área de distribución más elevada y mezclado, con las especies antes mencionadas, en su distribución inferior. Es el representante típico del bosque de pinos y rododendros en el piso subalpino pirenaico. Suponen una transición entre los bosques de piso montano dominados por el pino silvestre o el haya y los pastizales naturales de alta montaña (González, 2008).

Su temperamento puede calificarse de media luz o de media sombra, ya que precisa cierta protección lateral para asegurar el asentamiento del repoblado, pero sin estar directamente bajo cubierta. En España es la especie arbórea que alcanza mayor altitud, viviendo entre 1.700 y 2.700 m, que alcanza en las cabeceras de los valles de Huesca y Lleida. El 70% de su representación en España se encuentra por encima de los 1.600 m de altitud. Las mejores masas están entre 1.800 y 2.400 m y los sistemas montañosos en que aparece sobrepasan todos los 2.100 m. La mayor parte de sus manifestaciones se ubican en fuertes pendientes, sobre laderas con exposición de umbría y en cumbres, roquedos y gleras.

Según los datos del Segundo Inventario Forestal Nacional (considerando 1990 el año de referencia medio de dicho inventario) la superficie alcanzaba las 90.000 ha en el Pirineo, a las que habría que añadir las áreas de procedencia restringida y las superficies repobladas con esta especie fuera de su área natural, principalmente en el Sistema Central, en Sierra Nevada y en las sierras de Zamora y León y que en conjunto no superarían las 5.000 ha.

Por otra parte los valores del Tercer Inventario Forestal Nacional (IFN3), considerando 2005 el año de referencia, arrojan unas cifras muy superiores, cuya comparación con el anterior Inventario deben interpretarse con mucha precaución. El IFN3 otorga a esta especie un total de 173.946 ha de las cuales 155.612 son naturales y 18.333 procedentes de repoblación. En Pirineos se encuentra la mayor parte de su representación, con 158.000 ha. El resto se encuentra en las sierras del Sistema Ibérico (9.900 ha) y en zonas donde se ha introducido por repoblación fuera del área original (4.600 ha).

2. Materiales forestales de reproducción

2.1. Marco normativo. Identificación de los materiales de reproducción

El pino negro es una especie no incluida en la Directiva europea que regula comercialización de los materiales forestales de reproducción, pero que, en su trasposición, ha sido

incorporada de forma voluntaria por España a la normativa estatal (RD. 289/2003), de forma que le es aplicable el sistema de certificación de la Unión Europea al respecto. De acuerdo con la citada legislación y siguiendo un procedimiento aglomerativo de sus masas naturales, se han establecido 5 regiones de procedencia, tres de ellas consideradas como de área restringida (Fig. 3). Las poblaciones de las procedencias de área restringida, en especial las de las sierras de Guara y de Gúdar, están en retroceso por las condiciones termopluviométricas, un tanto limitantes para la especie, con lo que un ascenso de las temperaturas derivado del cambio climático podría poner en grave peligro su permanencia (Alía *et al.*, 2009). Una descripción de las regiones de procedencia de la especie puede encontrarse en Martín Albertos *et al.* (1998) y Alía *et al.* (2009) (Tabla 1).



Figura 3. Distribución de *Pinus uncinata* y Regiones de Procedencia de sus materiales de reproducción. 1.- Pirineo Central. 2.- Pirineo Oriental. A.- Sierra de Guara. B.- Sierra Cebollera. C.- Sierra de Gúdar (Alía *et al.*, 2009).

A partir de esta regionalización se ha confeccionado el Catálogo Nacional de Materiales de Base que en el actualidad está compuesto por 28 fuentes semilleras, de todas las regiones salvo de la del área restringida Sierra de Guara, 3 rodales selectos asignados a la región Pirineo oriental (uno de ellos de origen no autóctono situado en la provincia de León) y un huerto semillero correspondiente a la categoría cualificada, situado en La Granja de San Ildefonso (Segovia) y cuyos integrantes se corresponden con árboles plus localizados en masas de la región de procedencia Pirineo central.

Tabla 1. Descripción de las de las áreas con presencia de *Pinus uncinata* Ram. por región de procedencia (RP: número de la región de procedencia; Pres: presencia de la especie en cada una de las regiones, estimada como el cociente del área de la especie en dicha región respecto del área total de la especie; A: número de meses de déficit hídrico (precipitación media mensual <2 temperatura media mensual); Osc: media anual de la oscilación térmica diaria; Hs: número de meses con helada segura (media mínimas <0 °C); Med: valor medio; Max: valor máximo; Min: valor mínimo; MaxMC: valor máximo del mes más cálido; MinMF: valor mínimo del mes más frío); Tipo de suelo: porcentaje del tipo de suelo según la cartografía Soil Map of the European Communities dentro de cada región de procedencia. La clasificación de suelos utilizada en dicha cartografía es la de FAO de 1974. Las abreviaturas se han actualizado a la clasificación FAO de 1989. Los tipos de suelos inexistentes en la nueva clasificación se han mantenido con los nombres antiguos, asignándoles nuevas abreviaturas (Rankers: RK, Xerosoles: XE). Sólo se incluyen aquellos suelos que superan el 10% en el conjunto del territorio estudiado).

RP	Pres (%)	Altitud (m)			Precipitación (mm)		A (meses)	Temperatura (°C)			Osc (°C)	Hs (meses)	Tipo de suelo (FAO)
		Med	Max	Min	Annual	Estival		Med	MaxMC	MinMF			
1	71,9	1832	2784	687	1281	276	0	5,7	21,8	-6,1	16,6	6,2	CMu(48) CMc(22) LPd(16) RK(13)
2	27,2	1636	2520	638	1148	305	0	6,9	22,9	-5,4	16,6	5,7	CMu(48) CMc(41)
A	0,2	1622	1984	1369	1216	206	0	8,1	24,8	-3,7	18,3	4,7	CMc(100)
B	0,3	1819	2026	1561	1241	181	0	5,5	22,3	-4,7	15,6	6,3	CMc(50) CMu(50)
C	0,3	1892	1962	1788	825	169	0	6,5	22,9	-4,7	16,8	5,6	CMc(100)

En la Castilla y León, su reducida presencia y el riesgo de amenaza o de regresión, ha motivado que esté catalogado como especie “De atención preferente” (D. 63/2007). En la Comunidad Valenciana los bosques de *Pinus uncinata* tienen la catalogación oficial de “Hábitats protegidos” (D. 70/2009); tal consideración se aplicará exclusivamente a formaciones o rodales de *P. sylvestris* que contengan *Pinus x rhaetica*.

Pinus uncinata está incluido en el listado de especies sujetas a la normativa del pasaporte fitosanitario. A su vez, al igual que al resto de los pinos, le resulta de aplicación las disposiciones por las que se establece el programa nacional de erradicación y control del hongo *Fusarium circinatum* (RD. 637/2006, de 26 de mayo, y RD. 65/2010, de 29 de enero). Tales normas establecen medidas preventivas contra el citado patógeno, que en el caso de las semillas supone la obligación de analizar los lotes comerciales y los autorrecolectados por los viveristas, así como cumplir una serie de requisitos para la circulación del material de reproducción. También prevé la inspección sanitaria de las poblaciones y, por tanto, de una manera especial la de las fuentes semilleras, rodales y huertos semilleros.

2.2. Técnicas de manejo y propagación

2.2.1. Semillas

La propagación germinativa o por semilla es el sistema regenerativo habitual y natural de la especie para su reproducción. El manejo de dicho sistema por parte del hombre para satisfacer sus necesidades u objetivos incluye todos los procesos relacionados con la recolección de los frutos y la extracción, procesado y germinación de las semillas. Estos no difieren sustancialmente de los de otras especies del género *Pinus*, salvo por el tamaño de las piñas y los calendarios de sus procesos, condicionados por el hábitat de la especie. La primera actuación, tan importante como generalmente obviada, es la planificación del proceso de recogida. La relevante componente temporal del proceso de maduración del fruto, la frecuente vecería, la limitada estacionalidad de la recogida y el periodo de producción de planta en vivero, exigen que los plazos de tiempo de las actuaciones superen fácilmente los 5 años, a diferencia de otras especies del género, con un plazo más reducido.

Para la recogida de piña y su planificación hay tener en cuenta que la edad de inicio de fructificación de la especie está entre 18 y 20 años, que la maduración no se alcanza hasta el mes de octubre y que la diseminación natural se realiza de forma progresiva entre finales del invierno y principios de primavera. El periodo de intermitencia entre cosechas abundantes se establece entre 3 y 4 años. El estado de maduración de la piña es muy importante debido a la baja germinación de los piñones procedentes de recolecciones prematuras. El color de la piña suele ser el método utilizado para establecer tal grado de madurez, pero es conveniente, antes de iniciar una recogida, comprobar mediante el corte de piñas que éstas contienen piñones bien granados y hechos.

Las piñas, según se van recogiendo, se pueden extender en eras de secado solar durante unos días para su apertura directa o presecado. En el caso de que los sequeros solares no se puedan emplear se utilizan sequeros de calor artificial. El secado artificial consta de un almacenamiento previo con buena ventilación a modo de presecado antes de pasar al

horno de secado. La duración del secado varía con el grado de humedad que presentan las piñas, muy dependiente de las condiciones ambientales del momento de la recogida y de la temperatura de secado. Es difícil establecer unos valores de tiempo y temperatura por la gran variabilidad del material a procesar, pero de forma general se puede decir que las piñas recolectadas a principio de otoño son más delicadas que aquellas recogidas en invierno y, por tanto, deberán secarse a temperaturas más bajas durante más tiempo que las de invierno o primavera. Como norma general el calentamiento deberá hacerse de forma gradual y sin alcanzar los 60 °C en el aire, ya que esta temperatura, actuando de modo continuo, puede producir la muerte de los embriones. En el caso de instalaciones controladas con procesos de presecado este valor se puede superar pudiendo alcanzar hasta los 65-70 °C (Catalán, 1991).

Abierta la piña, la extracción del piñón y su desalado y limpieza se realizan por métodos físicos con maquinaria específica (*trommel*, desaladora, limpiadora provista de juegos de cribas y aventadora) hasta obtener un piñón limpio dispuesto para su almacenaje o siembra. El peso del hectolitro de piña es del orden de 43 kg y el peso de 100 piñas es de 1,1 kg. Cada hectolitro contiene unas 4.000 piñas.

Para el almacenamiento, la humedad y la temperatura son parámetros importantes y a mayor temperatura menor debe ser la humedad para conservar la semilla en buenas condiciones. El contenido de humedad óptimo de la semilla se establece en el 5-8 %, admitiendo las semillas de pino un grado muy alto de secado. La temperatura de almacenaje normalmente se fija entre 2 y 4 °C, aunque con temperaturas inferiores se obtienen mejores resultados. Los piñones guardados en recipientes herméticos con una humedad próxima al 5% y a 2 °C no presentan casi descenso en su capacidad germinativa en cinco años, pudiendo conservar gran parte de su viabilidad, 15-20 años o incluso más. Por el contrario, a temperatura ambiente y en condiciones no estancas el deterioro es muy rápido a partir del tercer o cuarto año (Catalán, 1991). En cuanto a la posible conservación a largo plazo, Pita *et al.* (1998) no encontraron una significativa disminución de la viabilidad de la semilla crioconservada (-196 °C).

Respecto a la germinación, *P. uncinata* germina bien sin necesidad de tratamiento previo (Catalán, 1991) en un plazo similar al de *Pinus nigra* y *P. sylvestris*, habiéndose comprobado su indiferencia a la temperatura, pero no a la luz, la cual sólo sería demandada en determinado rango térmico. De esta manera, serían capaces de germinar a las bajas temperaturas existentes tras la dispersión, sin estar condicionadas por la luz (Escudero *et al.*, 2002). Su media de germinación en el laboratorio (82%) y su tasa de ocupación de alvéolos es muy alta (Peñuelas y Ocaña, 1996).

Es oportuno señalar los resultados obtenidos por Muñoz *et al.*, (2009) en cuanto a la desinfección rutinaria de las testas de semillas de pino atacadas por *Fusarium circinatum*. En sus experiencias comprobaron que la inmersión de las semillas durante 10 minutos en peróxido de hidrógeno al 30 % o en Clortalonil al 72 % p/v podía desinfectar casi al 100 por cien las semillas de *P. uncinata*, sin alterar su germinación.

La ISTA no hace mención en sus reglas a *P. uncinata*. En el caso de ensayos de germinación podría servir de referencia lo reseñado en las reglas del citado organismo (ISTA, 2011)

para alguna especie similar, como puede ser *P. mugo*. Para esta especie en particular, el método propuesto es la germinación en arena a 20 °C durante al menos 21 días. En caso de plantearse un ensayo al tetrazolio, el protocolo a seguir es el correspondiente al grupo de pinos de testa delgada, que implica la extracción del embrión y del endospermo como preparación para la tinción.

P. uncinata tienen germinación epigea y las plántulas presentan con 5-7 hojas cotiledonares.

Tabla 2. Datos característicos de lotes de semillas de *Pinus uncinata*.

Rendimiento semilla/fruto		Pureza (%)	Facultad germinativa (%)	Nº semillas kg ⁻¹	Referencia
(kg hl ⁻¹)	(% en peso)				
0,8-1,3	2-2,5	90-95		105.000-114.000-120.000	Catalán (1991)
0,3-1,0	0,6-2,4	95-99	75-90	100.000-108.000-120.000	CNRGF <i>El Serranillo</i> (Anexo III)
0,7-0,9		92-100	73-92	100.000-110.000	Red de Viveros de JCyL (Anexo IV)

2.2.2. Vegetativa

La propagación vegetativa de la especie es posible vía injerto de guía terminal y se ha realizado para distintas experiencias de conservación de recursos genéticos forestales y para el establecimiento de huertos semilleros clonales. En todo caso su realización a escala operativa con fines repobladores no se lleva a cabo por carecer de programas de mejora genética intensivos que dotaran de sentido a dicho sistema reproductivo.

3. Producción de plantas

Uno de los aspectos que diferencian a esta especie del resto de nuestros pinos autóctonos, en lo que a producción en vivero se refiere, es su velocidad de crecimiento. Así, el pino negro es el de menor crecimiento, con una tasa de acumulación de biomasa seca inferior a la mitad de otras especies, también consideradas lentas, como el pino silvestre o el pino laricio (Climent *et al.*, 2011). Asimismo, también debe hacerse otra consideración particular para la especie que nos ocupa que es la ubicación del vivero. Un emplazamiento fuera de estación redundará en problemas de germinación, de desarrollo y de tipo sanitario, así como, también, en un desacople con el estado fenológico en el momento de la plantación, que generalmente suele ser en primavera. Desgraciadamente con el abandono del sistema de producción de planta en viveros volantes (muy adaptados y útiles para el desarrollo de la planta por ubicarse, generalmente, muy próximos al sitio de recogida o utilización y, por tanto, en una estación idónea para la especie) la producción de planta se enfrenta a problemas derivados de las condiciones de cultivo más que a limitaciones de la especie. La aplicación de técnicas de cultivo en vivero que fomenten el crecimiento y la adquisición de mayores contenidos nutricionales en menos tiempo, tanto en contenedor como a raíz desnuda, se considera una línea de trabajo de especial

interés en especies como el pino negro. Sin embargo, dada la escasa experiencia en su cultivo y la falta de referencias al respecto, deberá asimilarse su cultivo a lo indicado para *P. sylvestris*, aunque considerando estas diferencias en crecimiento, con todo lo que ello implican.

El pino negro suele plantarse en zonas con precipitación y humedad relativa abundantes durante la primavera y el estío, por lo que la producción de planta a raíz desnuda ha sido tradicionalmente el procedimiento más frecuente, con el que la especie responde sin dificultades (Aunós y Pemán, 2005). Nuestros pinos en general, y *P. uncinata* no es una excepción, son especies colonizadoras y frugales por lo que la planta producida a raíz desnuda es lo más similar a la planta obtenida en la regeneración natural. Cualquier tipo de ayuda al proceso natural contribuirá al éxito y a la producción de planta.

Normalmente se siembra la semilla directamente en las eras de vivero, en densidad tal que se procuren densidades finales de máximas 300 a 800 plántulas m⁻², por lo cual habrá que sembrar de 10 a 20 g m⁻² (Catalán, 1991; García Salmerón, 1995). Un cálculo más preciso de las cantidades de siembra exige el conocimiento de la facultad germinativa de las semillas y de la pureza del lote, así como del factor cultural, que para las especies del género *Pinus* suele aproximarse a 0,60 (Ruano, 2003). Las semillas deben enterrarse ligeramente (alrededor de medio centímetro) y, una vez sembradas, deben cubrirse con una capa de arena o de arena con mantillo de 0,5 a 1 cm de espesor, dado el pequeño tamaño del piñón (Catalán, 1991). El número de plantas útiles que puede obtenerse por kilogramo de semilla oscila entre 48.000 y 60.000. La duración del cultivo suele ser de 1 ó 2 savias, con siembra en primavera. Muy frecuentemente, sobre todo en estaciones con periodos vegetativos cortos, la duración del cultivo debe superar el año. En consecuencia, los esquemas de producción a raíz desnuda más comunes son 1+0, 1+1 ó 2+0 (Alía *et al.*, 2009). Para la producción en esquemas 1+1 ó 2+0 deberán realizarse trasplantes o limpiezas (respectivamente) que conduzcan a densidades finales del orden de 150 a 200 plantas m⁻² de superficie útil (Boudru, 1992), por similitud con el pino silvestre.

Las plántulas de pino son muy sensibles a los ataques de *damping-off*, por lo que deben tratarse las eras antes de la siembra, si el pH es alto (Catalán, 1991). Asimismo, debe evitarse regar en exceso durante la germinación. Otras enfermedades fúngicas, como *Phacidium infestans* o roya de la nieve, es específica de viveros que están cubiertos de nieve durante el invierno; este hongo ataca a las acículas, que adquieren coloración de amarillo a rojo-marrón, hasta morir la planta (Ruano, 2003). Por otra parte, algunos insectos como *Cinara pini* (pulgón del pino) o *Pineus pini* (pulgón lanífero del pino), pueden considerarse específicos de algunos taxones de *Pinus*, entre los que se encuentra el pino negro (Ruano, 2003).

Como ya se ha indicado anteriormente, no se conoce mucho sobre la producción de plantas de *P. uncinata* en contenedor, si bien se puede asimilar a la de *P. sylvestris* (Peñuelas y Ocaña, 1996) en muchos aspectos del cultivo. Su respuesta respecto a los contenedores, sustrato y fertilización y la estrategia de lucha frente a patógenos parece similar, por lo que podemos aplicar gran parte de lo que se indica para esa especie en la ficha correspondiente. Cabe destacar, nuevamente, su especial sensibilidad a ataques de *damping off* durante las primeras fases del cultivo (Alía *et al.*, 2009).

Sin embargo, una de las características diferenciales del cultivo de *P. uncinata*, por lo reducido de su periodo vegetativo, es ser la única especie de nuestros pinos en la que es prácticamente imposible alcanzar el tamaño óptimo de plantación en un año en cultivo normal. Los procedimientos que se sugieren para acelerar el desarrollo de la especie en contenedor se basan en la intensificación del cultivo, mediante las siguientes actuaciones: i) siembra anticipada en invernadero y prolongación del cultivo bajo esta protección, en otoño; ii) la ruptura del fotoperíodo (Peñuelas y Ocaña, 1996) y iii) un programa de fertilización rico en nitrógeno y de régimen exponencial, que ajustará los aportes al ritmo de crecimiento de la especie. Ello exige una labor de experimentación previa para el desarrollo de protocolos de cultivo específicos.

Entre tanto, la duración del cultivo en contenedor es generalmente de 2-3 años (Alía *et al.*, 2009). Se mantiene con buen equilibrio morfológico, al menos hasta los tres años, si los contenedores son adecuados, incluso con densidades altas, del orden de 900 brinzales m^{-2} (Peñuelas y Ocaña, 1996), aunque, por lo general, se recomiendan densidades inferiores a las 500 plantas m^{-2} (Alía *et al.*, 2009). Es también sensible a contenedores de sección circular con malos sistemas antiespiralizantes.

La normativa actual (RD. 289/2003) establece que el volumen mínimo del envase debe ser 200 cm^3 . Ensayos recientes han demostrado que la altura final alcanzada era independiente del tamaño del contenedor, aunque no la relación parte aérea/parte radical, que disminuyó con el tamaño del cepellón, debido probablemente al lento crecimiento de la parte aérea. Ambos efectos fueron exclusivos de este pino, lo que constituye un hecho diferencial en su comportamiento respecto al resto de los pinos ibéricos (Climent *et al.*, 2010).

Los sustratos empleados deben mantener su estabilidad estructural a lo largo de toda la duración del cultivo (en este caso superior al año), por lo que se recomienda incorporar al componente orgánico (turba rubia, fibra de coco, corteza de pino, etc.) alguno inorgánico como perlita o vermiculita en las proporciones habituales (entre un 15 y un 30 % en volumen). La aplicación de herbicidas como glifosato, glufosinato y oxifluorfén no parecen dañar a plántulas de *P. uncinata* en vivero (Peñuelas *et al.*, 1995).

La normativa estatal actual recoge explícitamente las características para reconocer los lotes de plantas de *P. uncinata* como de calidad cabal y comercial. La norma mencionada en apartados anteriores (RD. 289/2003) establece, en su Anexo VII Parte E, los defectos de conformación, generales a todas las especies, y los requisitos dimensionales particulares del pino negro: diámetro mínimo del cuello de la raíz



Figura 4. Planta de una savia de *Pinus uncinata* cultivada en alveolo de 200 cm^3 (Foto: CNRGF El Serranillo).

de 2 mm y altura mínima de 4, 6 y 8 cm para plantas de 1, 2 y 3 savias, respectivamente, sin diferenciar método de producción (raíz desnuda o contenedor). Consideramos que en la línea con los estudios actuales sobre producción de calidad de planta y atributos morfológicos, el tamaño mínimo debe incrementarse (Navarro *et al.*, 2006), aunque con ciertas limitaciones derivadas de las condiciones de implantación, especialmente, en las mayores altitudes de su ámbito ecológico. En estas circunstancias, los vientos invernales cargados de hielo provocan la abrasión de la parte aérea si esta no se ve protegida por el manto nival; esto explica que, en estas condiciones tan limitantes (en altitudes próximas a los 2.400 m), la supervivencia sea mayor para plantas de menor tamaño (5-10 cm de altura) que para las mayores (20-30 cm) (Batllori *et al.*, 2009). Por ello se debe considerar la necesidad de adaptar el tamaño de la planta a utilizar a las condiciones de implantación: plantas de mayor tamaño en zonas de altitudes bajas y moderadas, para incrementar su capacidad competitiva con la vegetación espontánea, y plantas de menor tamaño en zonas próximas a su límite altitudinal, donde las mayores amenazas se producen por vientos abrasivos invernales.

4. Uso en repoblaciones y restauraciones

En la literatura selvícola española sobre el pino negro se menciona que una parte importante de las actuales masas de Lleida proceden de la regeneración natural masiva tras las grandes talas de comienzos del siglo XIX, motivadas por las necesidades de la industria metalúrgica de la época (forja a la catalana). También aparecen denuncias de un gran número de cortas a hecho tras la desamortización de muchos montes del Pirineo, a las que siguieron regeneraciones naturales masivas (Jordana, 1869). A estos hechos hay que sumar la considerable reducción de la actividad agrícola, ganadera y forestal de la primera mitad del siglo XX. La regeneración natural del pino negro suele ser buena y el resultado ha sido la recolonización de estos terrenos. De forma artificial también ha sido una especie utilizada, como se puede comprobar por los datos en cuanto a superficie aportados anteriormente, pero en menor medida si se compara con el resto de los pinos.

En España *P. uncinata* ha sido utilizado en reforestaciones de pequeños rodales en la Sierra de Guadarrama y Sierra Nevada, cuya finalidad principal ha sido la protección de suelos y el control de avalanchas y derrumbamientos. Según los datos de los Anuarios de Estadística Agraria entre 1941 y 1996 se repoblaron en torno a 6.800 ha con pino negro. A esta superficie habría que añadir las posibles repoblaciones realizadas los años de los que no existen datos disponibles en los anuarios, y las casi 9.000 ha repobladas con la especie dentro del programa de reforestación de tierras agrarias (Reglamento 2080/92) durante el periodo 1994/1999. Estas últimas repoblaciones se han efectuado mayoritariamente en Castilla y León y la mitad de estas plantaciones son mezclas con *P. sylvestris*. En conjunto, durante los años 2006 y 2007 se repoblaron, según las estadísticas de la Dirección General para la Biodiversidad, unas 228 ha en todo el país, todas dentro de la categoría de repoblación protectora y en de montes de titularidad pública (MARM, 2010). Por tanto, se puede concluir que se trata de una especie de empleo minoritario, existiendo escasa experiencia sobre los mejores métodos de cultivo e implantación.

La gran vitalidad que caracteriza a este pino de montaña le permite ocupar espacios climáticamente rigurosos y frecuentemente pobres desde un punto de vista edáfico,

donde la competencia interespecífica es escasa (Blanco *et al.*, 1997). Por tanto, su área de utilización es la de alta montaña, con un nivel alto de precipitaciones y, al mismo tiempo, donde las condiciones de suelo o del clima no permitan la implantación en condiciones adecuadas de *P. sylvestris* u otras especies de montaña. Estas áreas están localizadas fundamentalmente en Pirineos y en Sierra Nevada (Peñuelas y Ocaña, 1996).

El pino negro posee un gran valor estético, por la forma piramidal y la rigidez de su copa, de intenso color oscuro, que contrasta fuertemente con el de los roquedos blanquecinos y el cielo de montaña. Asimismo, su valor protector es enorme. Viviendo en grandes altitudes y pendientes, y en lugares muchas veces inaccesibles, sus agrupaciones son abrigo indispensable contra aludes y derrumbamientos para los montes de niveles inferiores y para las bordas y aldeas de montaña (Ruiz de la Torre, 2006). Se trata de una especie indispensable en la restauración de impactos de obras en alta montaña, tales como estaciones de invierno, caminos rurales, etc. (Fig. 5).



Figura 5. Masa mixta de *Pinus uncinata* con *P. sylvestris* en Cerler, Huesca (Foto: R. Serrada).

5. Planificación de la repoblación

La época normal de repoblación para esta especie es la primavera, si las condiciones del lugar lo permiten, ya que en su área de habitación el factor ambiental determinante son las heladas y los vientos del invierno, siendo prácticamente inexistente el estrés por sequía estival. En elevadas altitudes las nieves pueden cubrir el terreno hasta mayo, debiéndose iniciar las operaciones en junio, las cuales pueden prolongarse fácilmente durante el verano y hasta el otoño. Sin embargo, se recomienda plantar unas dos ó más semanas

antes de la apertura de yemas, ya que cuando ésta se produce descende la resistencia de las plantas al estrés. Esto conduce en ocasiones a una ventana de plantación muy estrecha, en especial si el vivero está emplazado en zonas de mucha menor altitud que el área a repoblar.

El método de repoblación es tradicionalmente por plantación, no conociéndose experiencias sobre su comportamiento en siembra. Sin embargo, dada su alta facultad germinativa, su temperamento de media sombra y las condiciones generales de la estación (no prolifera la vegetación competidora y no hay sequía estival, la cual provoca altas mortalidades de plántulas) la siembra podría ser un método alternativo en determinadas circunstancias. Éstas se concretan en diferentes aspectos: disponibilidad de lotes de semilla abundantes y baratos, condición del terreno en baja pendiente y textura permeable, con escasa pedregosidad; y depredación limitada sobre la semilla (Serrada, 2000). Será necesario para ello preparar el suelo mediante escarificación en la zona de siembra, ya que las herbáceas vivaces suelen ser abundantes en el área de la especie. Por similitud con el pino silvestre se citan dosis de siembra del orden de 2 kg ha⁻¹ (Boudru, 1992). Los estudios sobre regeneración natural indican que la especie aparece preferentemente en ciertos lugares, que podrían ser definitorios de su nicho de regeneración (Batllori *et al.*, 2009). Así, prefiere huecos con vegetación dispersa a zonas de matorral denso, aunque necesita ciertos elementos que le faciliten protección invernal, y medra, preferentemente, sobre suelo desnudo o sobre despojos orgánicos, antes que sobre pastizales.

La preparación del terreno para ambos métodos de repoblación será muy dependiente de la fisiografía y más por tratarse de una especie netamente de alta montaña. Las distintas posibilidades de preparar el suelo, que dependen mucho de la tipología de éste, irán desde una escarificación con gradas a hecho o en bandas, para siembras a voleo, a un subsolado lineal en curva de nivel con o sin desbroce por roza previo o decapado, un ahoyado o la preparación de banquetas con retroexcavadora o retroaraña, en el caso de plantación. El desbroce dependerá de las características de la vegetación accesoria.

Por otra parte, en las zonas más extremas de su distribución altitudinal, los ensayos de plantación realizados demuestran efectos de protección de árboles *krummholz* (árboles enanos, de bajo crecimiento, retorcidos, en zonas límites de bosque) a sotavento de los vientos dominantes y a distancias de dichos árboles inferiores a 1 m, debido a los depósitos eólicos de nieve que en esos puntos se forman, enterrando a los pinitos que así quedan protegidos durante los peores meses de invierno (Batllori *et al.*, 2009).

El pino negro suele plantarse en densidades de 800 a 2.000 pies ha⁻¹, con espaciamientos 2,5×3, 3×2, 3×3 ó 3×4 m. Como se ha comentado anteriormente, muchas repoblaciones se efectúan en mezcla con pino albar, opción que se considera interesante ante la perspectiva del progresivo ascenso en altitud de las especies como resultado del cambio climático. Lo mismo puede decirse de otras combinaciones específicas, como con el haya y el abeto, con quienes se mezcla en las partes más bajas de su ámbito de distribución, umbrías generalmente situadas por debajo de los 1.700 m (Blanco *et al.*, 1997). En el Valle de Arán se han realizado algunas repoblaciones en mezcla con *Populus tremula* (Aunós y Pemán, 2005).

Al tratarse de una especie de media sombra, sus brinzales pueden vivir bajo la cubierta de los viejos o colonizar terrenos descubiertos, protegiéndose generalmente en estos casos con otras hierbas o matas. En este sentido, la vegetación competidora podría ejercer un cierto efecto facilitador, si su desarrollo no excede límites que supongan una ocupación significativa del espacio vegetativo. Sin embargo, algunos trabajos sugieren un efecto beneficioso del pastoreo ovino sobre el regenerado natural, presumiblemente por una reducción de la competencia herbácea en las primeras edades (Arenas y Sebastià, 2001).

6. Bibliografía

- ALÍA R., ALBA N., AGÚNDEZ D., 2005. Manual para la comercialización y producción de semillas y plantas forestales. Materiales de base y de reproducción. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- ARENAS J.M., SEBASTIÀ M.T., 2001. Patrones de distribución y crecimiento del regenerado de *Pinus sylvestris* y *Pinus uncinata* frente a diferentes condiciones ambientales y de gestión. En: Actas del III Congreso Forestal Español. Mesas 1 y 2. (Junta de Andalucía, ed.). Granada. pp. 352-356. Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- AUNÓS A., PEMÁN J., 2005. Las repoblaciones de carácter protector con *Pinus uncinata* en el Valle de Arán (Pirineo de Lleida). En: Actas del IV Congreso Forestal Español. [cd-rom]. (Sociedad Española de Ciencias Forestales, ed.). Zaragoza. Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- BATLLORI E., CAMARERO J., NINOT J.M., GUTIÉRREZ E., 2009. Seedling recruitment, survival and facilitation in alpine *Pinus uncinata* tree line ecotones. Implications and potential responses to climate warming. *Global Ecol. Biogeogr.* 18,460-472.
- BLANCO E., CASADO M.A., COSTA M., ESCRIBANO R., GARCÍA-ANTÓN M., GÉNOVA M., GÓMEZ-MANZANEQUE A., GÓMEZ-MANZANEQUE F., MORENO J.C., MORLA C., REGATO P., SAINZ-OLLERO H., 1997. Los bosques ibéricos. Una interpretación geobotánica. Ed. Planeta, Barcelona. pp. 150-162.
- BOUDRU M., 1992. Forêt et Sylviculture: Boisements et reboisements artificiels. Les Presses agronomiques de Gembloux. Belgique.
- CATALÁN G., 1991. Semillas de árboles y arbustos forestales. Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid. pp. 275-294.
- CLIMENT J., PARDOS M., CHAMBEL M.R., LARIO F., VILLAR-SALVADOR P., 2010. Biomass allocation and foliage heteroblasty in hard pines species respond differentially to reduction in rooting volume. *Eur. J. For. Res.* 130, 841-850.
- ESCUADERO A., PÉREZ-GARCÍA F., LUZURLAGA A.L., 2002. Effects of light, temperature and population variability on the germination of seven Spanish pines. *Seed Sci. Res.* 12, 261-271.
- GARCIA SALMERON J., 1991. Manual de repoblaciones forestales-I y II. Fundación Conde del Valle de Salazar. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. Madrid.
- GONZÁLEZ J.A., 2008. Selvicultura de *Pinus uncinata* Mill. En: Compendio de Selvicultura aplicada en España (Serrada R., Montero G., Reque J.A., eds.). Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Agroalimentaria. Madrid. pp. 535-546.
- ISTA (International Seed Testing Association), 2011. International rules for seed testing. Edition 2011. ISTA, Bassersdorf, Switzerland.
- JORDANA R., 1869. Observaciones sobre la administración forestal de España. *Revista forestal, económica y agrícola*, vol. II, 171-182.
- MARTÍN ALBERTOS S., DÍAZ-FERNÁNDEZ P.M., DE MIGUEL Y., DEL ÁNGEL J. (eds.), 1998. Regiones de procedencia de especies forestales españolas. Descripción y principales características. Géneros *Abies*, *Fagus*, *Pinus* y *Quercus*. Organismo Autónomo Parques Nacionales, Madrid.

- MUÑOZ C., CUERVO E., AMPUDIA M., GASTÓN A., PEÑUELAS J.L., IGLESIAS S., HERRERO N., 2009. Control químico de *Fusarium circinatum* Nirenberg & O'Donnell en semillas del género *Pinus*. En: Actas del 5 Congreso Forestal Español. [cd-rom]. (Sociedad Española de Ciencias Forestales, Junta de Castilla y León, eds.). Ávila. Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- NAVARRO R., VILLAR-SALVADOR P., DEL CAMPO A., 2006. Morfología y establecimiento de los plantones. En: Calidad de planta forestal para la restauración en ambientes mediterráneos degradados. Estado actual de conocimientos. (Cortina J., Peñuelas J.L., Puértolas J., Savé J., Vilagrosa A., coords.). Organismo Autónomo Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid. pp. 67-88.
- PEÑUELAS J., OCAÑA L., 1996. Cultivo de plantas forestales en contenedor. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación - Ed. Mundi-Prensa. Madrid.
- PEÑUELAS J.L., CARRASCO I., HERRERO N., NICOLÁS J.L., OCAÑA J.L., DOMINGUEZ S., 1995. Control de la competencia herbácea en vivero forestal por métodos químicos. En: Actas del Congreso de la Sociedad Española de Malherbología. Huesca, 14-16 Noviembre 1995. pp. 273-276.
- PITA J.M., SANZ V., ESCUDERO A., 1998. Seed cryopreservation of seven Spanish native pine species. *Silvae Genet.* 47, 220-223.
- RUANO MARTÍNEZ J.R., 2003. Viveros forestales. Manual de cultivo y proyectos. Ed. Mundi-Prensa, Madrid.
- RUIZ DE LA TORRE J., 2006. Flora Mayor. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Dirección General para la Biodiversidad, Madrid. pp. 170-176.
- SERRADA R., 2000. Apuntes de repoblaciones forestales. Fundación Conde del Valle de Salazar. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Forestal. Madrid.

Pistacia lentiscus L.

Lentisco, charneca; *cat.*: llentiscle, mata; *eusk.*: legeltxorra; *gall.*: almecegueira, aroeira

Antonio Dámaso DEL CAMPO GARCÍA, Patricio GARCÍA-FAYOS
POVEDA, María Aránzazu PRADA SÁEZ

1. Descripción

1.1. Morfología

El lentisco es un arbusto perennifolio esclerófilo de 1 a 4 m de altura, aunque ocasionalmente puede llegar hasta los 8 m. La corteza del tronco es lisa y de color gris, siendo rojiza en las ramas jóvenes. Las hojas son compuestas y se distinguen de las de otras especies del género por tener el raquis alado y un número par de foliolos (entre 2 y 6 pares). Éstos miden 15-40 x 5-15 mm, se disponen de manera alterna y son lanceolados, coriáceos, brillantes, más claros en el envés que en el haz, con los bordes enteros y el ápice generalmente mucronado. Vistos a contraluz, destaca una franja más clara en el borde. En ocasiones, algunos foliolos desarrollan agallas pequeñas de color rojizo, producidas por avispas. El sistema radical es muy profundo, con una raíz pivotante potente, habiéndose medido desarrollos radicales hasta de 30 cm de profundidad durante el primer año de plantación en condiciones semiáridas (Maestre *et al.*, 2004).

1.2. Biología reproductiva

El lentisco es una especie dioica. Las flores, apétalas, se presentan en forma de panículas densas hasta de 10 flores. Las inflorescencias se forman en las axilas de las hojas producidas en el crecimiento de la temporada anterior. El cáliz de las flores masculinas tiene 5 sépalos pequeños; de él emergen 5 estambres de color rojo-amarillento alrededor de un disco nectarífero. Las flores femeninas tienen un cáliz con 3-4 lóbulos y 1 pistilo acabado en tres estilos. La floración empieza en el mes de marzo en los sitios más cálidos y en el de mayo en los más fríos, siendo sincrónica entre ambos sexos (Jordano, 1988; Verdú y García-Fayos, 2002). No existe dimorfismo sexual en esta especie, aunque se ha detectado un mayor control de las pérdidas de agua en los pies femeninos que en los masculinos (Correia y Diaz-Barradas, 2000).

La polinización es anemófila, por lo que la proporción de sexos, su densidad y la disposición de los individuos en la población condicionan el éxito de la reproducción (Verdú y García-Fayos, 1998) y la diversidad genética de la descendencia (Albaladejo *et al.*, 2009), habiéndose encontrado una relación negativa entre la distancia de los individuos femeninos al masculino más cercano y el índice de depresión por endogamia.

El fruto es una pequeña drupa globosa de unos 5 mm de diámetro, apiculada (Fig. 1). Los frutos son primero verdosos, después rojos y al madurar se vuelven negros. La semilla es de color marrón y tiene forma similar a la del fruto, aunque es más achatada que éste;

pesa entre 10 y 30 mg y mide entre 3 y 5 mm de longitud, 4,5 mm de anchura y 2,5 mm de grosor (Fig. 2). Una proporción importante de los frutos contiene semillas vacías o que no se han desarrollado completamente. La causa más frecuente es, con mucho, el aborto de las semillas, seguido de la partenocarpia y del daño causado por avispas (Jordano, 1988; Verdú y García-Fayos, 1998). La incidencia de cada uno de estos factores sobre la proporción final de semillas viables varía de manera impredecible entre individuos y entre poblaciones, llegando en ocasiones a afectar a la totalidad de la cosecha. En condiciones no limitantes de densidad y con una proporción de sexos adecuada, el número final de semillas viables por planta depende de los recursos almacenados y de la historia sufrida por el individuo (Jordano, 1988; Verdú y García-Fayos, 1998). Los frutos alcanzan su tamaño máximo al final del verano y maduran durante el otoño-invierno, teniendo un papel muy relevante en la dieta de las aves sedentarias e invernantes (Jordano, 1987; Verdú y García-Fayos, 1995; Herrera, 1998). Los frutos son comidos por aves, que actúan como agentes dispersores de las semillas (García-Fayos y Verdú, 1998). En poblaciones del sur de la Península Ibérica se han observado oscilaciones bienales en la producción de frutos, si bien no muy acusadas (Herrera, 1998).



Figura 1. Frutos de *Pistacia lentiscus* en otoño, en proceso de maduración (Foto: C. Cardo).



Figura 2. Semillas de *Pistacia lentiscus*.

Las semillas que no germinan son incapaces de formar un banco permanente en el suelo, debido a que su viabilidad decrece drásticamente después de un año (Troumbis, 1991; García-Fayos y Verdú, 1998). Asimismo, las semillas no pueden germinar tras un incendio, ya que mueren cuando son sometidas a temperaturas iguales o superiores a 70 °C (Salvador y Lloret, 1995; Verdú, 2000). Aunque es muy frecuente encontrar plántulas e individuos juveniles de lentisco en pinares cerrados, los pies de esta especie necesitan apertura del vuelo para desarrollarse y reproducirse.

1.3. Distribución y ecología

El lentisco es una especie muy extendida en la cuenca mediterránea (Quézel, 1981). Se distribuye por todos los países circunmediterráneos, incluidas las islas mediterráneas, encontrándose también en el archipiélago canario. En la España peninsular es abundante en el este y la mitad sur (Fig. 3), en mezcla o como dominante junto a otras especies de matorral y bajo pinar, siendo escaso en el resto del territorio, más fresco y húmedo.

El lentisco crece en matorrales soleados, junto a especies como el palmito, la coscoja, el aladierno o el espino negro, y en bosques abiertos, principalmente pinares. Al ser una planta termófila, se hace cada vez más raro encontrarla conforme las heladas van siendo más frecuentes, hasta llegar a desaparecer. Tampoco tolera una aridez excesiva, pero es indiferente al tipo de sustrato. Tiene capacidad de rebrotar de cepa tras el fuego o la tala (Paula *et al.*, 2009).

Se ha encontrado una importante correlación entre las características morfológicas de las plantas de lentisco y las características ambientales en las que se encuentran, debido posiblemente a su elevada plasticidad fenotípica (Nahum *et al.*, 2008).

2. Materiales forestales de reproducción

2.1. Marco normativo. Identificación de los materiales de reproducción

Los materiales forestales de reproducción de *P. lentiscus* no están afectados por la normativa estatal, pero sí están sometidos al sistema de autorización y control en las fases de producción, comercialización y uso establecido por la normativa de la Comunidad Valenciana en esta materia, según el Decreto 15/2006. Asimismo, en Andalucía está considerada especie de interés etnobotánico y su aprovechamiento en terrenos particulares requiere autorización administrativa previa (O. de 2 de junio de 1997). En la Región de Murcia también es necesario solicitar autorización para su aprovechamiento, según el Decreto 50/2003.

Se recomienda el uso de plantas cuyo origen corresponda a la misma región biogeográfica en que se va a efectuar la plantación, con el fin de evitar transferencias de genotipos a grandes distancias y promover la conservación de los recursos genéticos de las poblaciones. Se puede emplear para ello el sistema de división territorial establecido por García del Barrio *et al.* (2001), que facilita la identificación de las zonas de recolección.

2.2. Técnicas de manejo y propagación

2.2.1. Semillas

La recogida de los frutos del lentisco se realiza entre octubre y diciembre. Se lleva a cabo manualmente, mediante ordeño de las ramas que presentan mayor proporción de frutos maduros y con la ayuda de mantones para hacer el trabajo más rentable. Las mejores recolecciones se consiguen en poblaciones cuyas densidades son superiores a 75 pies ha⁻¹ y con proporciones entre sexos lo más cercanas a 1:1 (a partir de esta densidad la eficacia polinizadora no aumenta, incluso aunque se polinice artificialmente) (García-Fayos, 2001). En condiciones no limitantes de densidad y proporción de sexos, el número final de semillas viables por planta depende de los recursos almacenados y de la historia del individuo (que afectan a su tamaño) y de las características ambientales en las que vive (Verdú y García-Fayos, 1998). Por ello, las condiciones ecológicas de las poblaciones y el tamaño de los individuos pueden orientar sobre su capacidad de producir semillas.

El color del fruto es un indicador relativamente fiable de la viabilidad de las semillas. En el lentisco, más del 95% de los frutos que se mantienen rojos y no alcanzan el color final

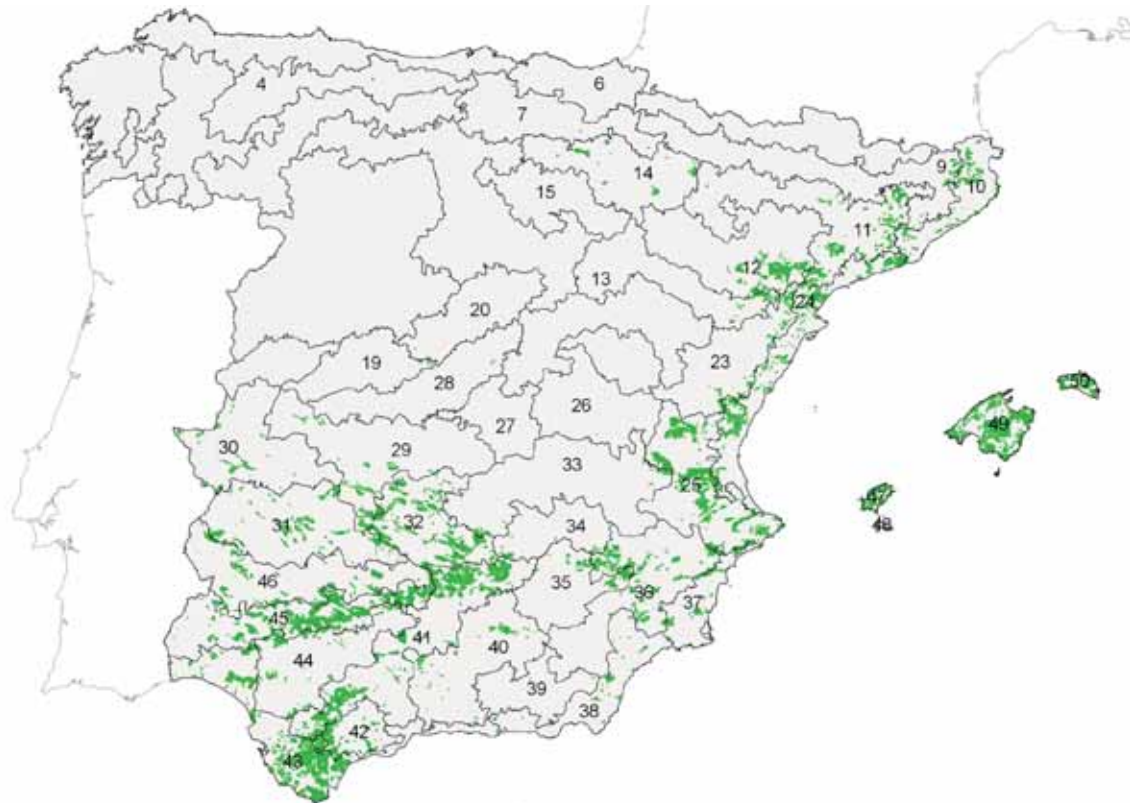


Figura 3. Distribución de *Pistacia lentiscus* y Regiones de Identificación de sus materiales de reproducción (Fuente: Mapa Forestal de España, 1:200.000).

contienen semillas vanas; sin embargo, el porcentaje de frutos negros con semillas vacías es variable entre un 5% y un 45%, dependiendo de la población (Jordano, 1989; Verdú y García-Fayos, 2001).

Los frutos recogidos deben ponerse inmediatamente a macerar durante cierto tiempo, hasta un máximo de 24 horas, descartándose los que flotan (García-Fayos, 2001). El resto se tritura con una batidora de velocidad regulable para evitar dañar las semillas, se separan fracciones por flotación y se hace pasar el material resultante por una criba con ayuda de agua a presión. Seguidamente las semillas, de comportamiento ortodoxo, se secan al aire hasta alcanzar un 5% de contenido de humedad y se almacenan en envases herméticos a 4-5 °C, minimizando el contenido de aire dentro de los mismos.

Las semillas de esta especie no presentan letargo y, si se han seleccionado bien los frutos y se elimina previamente la pulpa, su germinación no plantea problemas (Piotto, 1995; García-Fayos y Verdú, 1998), pudiendo obtenerse altos porcentajes de germinación (Tabla 1). Las semillas deben hidratarse antes de su siembra, sumergiéndolas en agua durante 24 horas. La germinación en condiciones de laboratorio es muy rápida, con un tiempo promedio de 13 días (Piotto, 1995) y un intervalo entre 4 y 28 días. En condiciones de invernadero y de campo se han obtenido tiempos de emergencia de 23 a 100 días (García-Fayos y Verdú, 1998). Aunque se han descrito tratamientos de escarificación, estratificación y aplicación de hormonas (Piotto, 1995), éstos no aumentan el porcentaje

Tabla 1. Datos característicos de lotes de semillas de *Pistacia lentiscus*.

Rendimiento semilla/fruto (% en peso)	Pureza (%)	Facultad germinativa (%)	Nº semillas kg ⁻¹	Referencia
	95-98		(43.000)	Catalán (1991)
			22.600-29.400 ⁽¹⁾	García-Fayos (2001)
9-22	88-100	90-98	45.000-57.300	Navarro-Cerrillo y Gálvez (2001)
		40-80	30.000-85.000	Piotto y Di Noi (2001)
6-32,5	98-100	75-95	10.000-40.000	Prada y Arizpe (2008)
6-19,5	97-100	71-97	57.900-88.900	Banc de Llavors Forestals (Anexo II)
20-35	95-98	63-68	55.000-70.000 25.000-45.000 ⁽¹⁾	CNRGF <i>El Serranillo</i> (Anexo III)

⁽¹⁾ Datos referidos a fruto seco (con pericarpo)

final de germinación respecto del control, pero pueden reducir ligeramente el tiempo necesario para completar la germinación y homogeneizar la nascencia. Por otro lado, la germinación tampoco está afectada por la luz (García-Fayos y Verdú, 1998).

La ISTA (2011) no ha establecido los procedimientos estándar para la evaluación de la capacidad germinativa de lotes de semillas comerciales de esta especie.

Las semillas del lentisco tienen germinación epigea. Sus plántulas presentan dos cotiledones elípticos, algo lanceolados. Las primeras hojas son simples, sentadas, ovales y de borde entero (Navarro-Cerrillo y Gálvez, 2001).

2.2.2. Vegetativa

La producción masiva de lentisco se efectúa mediante siembra, ya que no enraíza fácilmente a partir de partes de plantas. En el caso de desear efectuar su multiplicación vegetativa, es necesario recolectar las estaquillas de plantas jóvenes o rejuvenecidas y aplicar hormonas. Se ha efectuado estaquillado con material lignificado, recolectado en invierno (Isfendiyaroglu, 2000; Viola *et al.*, 2004), y con material semileñoso, obtenido en verano (Pignatti y Crobeddu, 2005). El lentisco y otras especies del género, tanto en el caso de cultivares como de ejemplares silvestres, también se han propagado *in vitro* (Barghchi y Anderson, 1983; Onday, 2000; Fascella *et al.*, 2004; Gatti *et al.*, 2004).

3. Producción de plantas

El lentisco es una de las especies de matorral más empleadas en restauraciones forestales en zonas mediterráneas, por lo que su cultivo en viveros está muy extendido. Existe una gran variedad de regímenes de cultivo en función del vivero productor y, por lo tanto, distintos tipos de plantas con diferentes respuestas en campo (Ceacero *et al.*, 2005).

El cultivo puede hacerse completamente en el exterior, si bien adelantar la siembra para paliar la irregularidad de su germinación puede requerir el uso de umbráculos o

túneles invernadero en los primeros meses, por ser una especie sensible a las heladas. Sin embargo, se recomienda el cultivo de las plantas en el exterior para favorecer el desarrollo radical (Hernández *et al.*, 2009). De este modo, en viveros ubicados en los pisos termo y mesomediterráneos, suele ser suficiente establecer un calendario de cultivo de unas 35 semanas. Las siembras se realizan a finales de invierno, colocando dos o tres semillas por alvéolo para garantizar la plena ocupación de las bandejas. En ocasiones, no se efectúa un posterior deshermanado de las plantas, de forma que coexisten varios individuos por alvéolo (Fig. 4 a y b), si bien no se han realizado estudios sobre la idoneidad de esta práctica. El período de germinación puede dilatarse, por lo que conviene no retrasar la siembra. Además, el lentisco tiene un crecimiento un tanto lento en comparación con el de otras especies forestales (Fernández *et al.*, 2005), especialmente su sistema radical, que en numerosas ocasiones da problemas de formación del cepellón; esto hace común su presentación como planta de dos savias (Fig. 4 b). Con siembras a tiempo y un régimen de fertilización aceptable, la especie responde perfectamente, alcanzando tallas adecuadas (Trubat, 2004; Ceacero *et al.*, 2005). Con frecuencia se obtiene una disparidad de tallas, que obliga a clasificar las plantas al final del cultivo para homogeneizar las distintas partidas o lotes.

Los envases más utilizados tienen capacidades de 200 a 400 cm³, si bien se han realizado ensayos con volúmenes fuera de este rango para estudiar la respuesta de la especie (Trubat *et al.*, 2005). Los resultados obtenidos han demostrado que las variables morfológicas de las plantas, tanto de su parte aérea como de su sistema radical, aumentan con el volumen y la sección del alvéolo (es decir, con la menor densidad de cultivo), pero no tanto con la profundidad. Los volúmenes en el rango 250-350 cm³ parecen ser los más adecuados para la supervivencia en campo.

Conviene que el sustrato tenga una porosidad de aireación entorno al 15%, para favorecer el desarrollo de la raíz y la formación de cepellón. Por lo demás, es suficiente seguir las especificaciones generales que debe tener un sustrato para la producción de plantas forestales (Landis *et al.*, 1990). Los componentes más empleados son mezclas de turbas (rubia y negra), fibra de coco y corteza de pino compostada, a las que se suele añadir perlita o vermiculita en una proporción de 10-15%.

El lentisco responde positivamente al riego de endurecimiento, que puede mejorar sensiblemente la respuesta de las plantas a condiciones de estrés hídrico (Vilagrosa *et al.*, 2003). Su aplicación puede hacerse sometiendo las plantas a varios ciclos de sequía en los que se deja secar la bandeja hasta el 40-50% de su peso en saturación. Estos tratamientos pueden comenzar a partir de septiembre y mantenerse hasta el despacho de la planta, si bien las lluvias otoñales pueden interrumpirlos. El endurecimiento al frío se inicia cuando las plantas han acumulado más de 350 horas con temperaturas inferiores a 7-8 °C, alcanzándose el máximo con unas 700-800 horas (Fernández *et al.*, 2005). Es preciso controlar la dureza y alcalinidad del agua de riego y su efecto sobre la subida del pH en la solución del sustrato. Este control es particularmente importante si se emplean fertilizantes de liberación controlada lenta como fuente de fósforo, ya que la asimilación de este elemento, tan indispensable para el desarrollo de las plantas, comienza a bloquearse con un pH superior a 7,5.



Figuras 4 a y b. Plantas de *Pistacia lentiscus* producidas en envase de 300 cm³ en un vivero de Valladolid, a la edad de 27 semanas (izquierda); plantas de dos savias producidas en un vivero de Sevilla en envase de 210 cm³ (derecha). Cuadrícula de 3 x 3 cm (Fotos: A. del Campo).

La fertilización en el lentisco es tan relevante, que muchos de los problemas más comunes que se encuentran en su cultivo tienen origen en un programa de abonado inadecuado. La fertilización tiene una influencia directa en el desarrollo de la morfología aérea y radical de la planta, que aumenta con la misma, si bien la relación biomasa radical/biomasa aérea puede disminuir (Luis *et al.*, 2008; Hernández *et al.*, 2009). Es frecuente emplear fertilizantes de liberación controlada lenta (FLCL) del tipo 17-9-8, en dosis de 2-3 g l⁻¹ de sustrato. La especie es muy sensible a la falta de nitrógeno y, en menor medida, a la de fósforo (Domínguez-Lerena *et al.*, 2001 a; Trubat *et al.*, 2004), por lo que es conveniente garantizar, ya sea por fertirrigación o por FLCL, un aporte de ambos elementos hasta mediados de agosto o septiembre. Si se emplea fertirriego se recomiendan aplicaciones semanales de macro y micronutrientes similares a las generales propuestas por Landis *et al.* (1989) para cada fase de cultivo. No obstante, conviene tener en cuenta las tallas recomendadas, para no provocar un sobredesarrollo de las plantas que podría ser contraproducente en determinadas estaciones (Hernández *et al.*, 2009).

Los tratamientos fitosanitarios que se aplican son, generalmente, de naturaleza preventiva, pues no suelen aparecer problemas importantes de enfermedades. En plantas de vivero se ha aislado *Botryosphaeria* y *Pestalotiopsis* en el tallo y *Fusarium* en la raíz (Navarro-Cerrillo *et al.*, 2001). En algunos viveros, el cultivo de esta especie se hace sin tratamientos fungicidas, aunque se recomienda su aplicación quincenal alternando algunos de los principios activos más comunes (thiram, captan, himexazol

o iprodiona). Las malas hierbas pueden combatirse en preemergencia, con oxifluorfén o glifosato, y en postemergencia con oxifluorfén en dosis bajas (1/4 de la recomendada) y a intervalos más frecuentes (semanales). Para eliminar las gramíneas, se puede emplear herbicidas selectivos aplicados en postemergencia. Las escardas también son efectivas: se recomienda su práctica cada 6-8 semanas para eliminar las hierbas resistentes a los productos químicos específicos.

Se ha observado que la infección de las plantas con micorrizas arbusculares puede inducir cambios morfológicos en el sistema radical, mejorando su ramificación, densidad y respuesta en campo (Franco *et al.*, 2006).

No existen especificaciones de calidad para las plantas de esta especie. Los lotes comerciales estudiados en la bibliografía (Navarro-Cerrillo *et al.*, 2001; Ceacero *et al.*, 2005) muestran rangos más o menos amplios para los distintos atributos de calidad y, asociada a esta heterogeneidad, una supervivencia en campo variable. Sin embargo, las tendencias en calidad de plantas no se mantienen de unos estudios a otros. Tampoco los atributos de respuesta, como el potencial de regeneración radical, parecen tener una relación clara con la supervivencia. Así, mientras que en zonas de Alicante se han encontrado relaciones negativas entre los valores de este parámetro y la supervivencia (Trubat *et al.*, 2004), en zonas más continentales se han obtenido valores de supervivencia casi plena, correspondientes a puntuaciones altas del mismo (Domínguez-Lerena, 2001 a y b). La causa más probable de esta discrepancia está en la estrategia que presenta la especie frente al estrés hídrico, clasificada como de evitadora del estrés debido al gasto o derroche de agua (Vilagrosa *et al.*, 2003; Ceacero *et al.*, 2005; Cortina *et al.*, 2008; Alameda y Villar, 2009). Esta circunstancia haría que, en estaciones donde el estrés hídrico aparece pronto y con elevada intensidad, los tamaños grandes de plantas (sobre todo de la parte aérea) o la actividad vegetativa alta (medida, por ejemplo, en términos de potencial de regeneración radical) fuesen contraproducentes para el establecimiento, por la excesiva transpiración de la planta (Hernández *et al.*, 2009). Por el contrario, en estaciones más benignas (menor demanda atmosférica de agua, suelos menos secos, etc.) esos mismos atributos podrían favorecer el arraigo de las plantas. Esta hipótesis explica, a su vez, por qué la especie suele presentar tasas de mortalidad preestival relativamente altas (Ceacero *et al.*, 2005; Trubat *et al.*, 2005; del Campo y Segura, 2009). Teniendo en cuenta esta respuesta variable en función de las condiciones ambientales, la planta tipo de lentisco debe mostrar un tamaño intermedio (Trubat *et al.*, 2004), con equilibrio entre las partes aérea y radical y con valores de los distintos parámetros morfológicos en los rangos de la Tabla 2.

4. Uso en repoblaciones y restauraciones

El uso del lentisco en restauraciones forestales está muy generalizado en buena parte del área mediterránea española. Su utilización se ha incrementado, sobre todo a partir de los años 90, como especie acompañante de otras principales (Navarro-Cerrillo *et al.*, 2001; Alloza, 2003; Álvaro Esteban *et al.*, 2009; Rodríguez *et al.*, 2009). Según las cifras ofrecidas por el programa de forestación de tierras agrarias hasta el año 1999, su uso fue minoritario, con algo más de 4.000 ha en repoblaciones mixtas con carrasca, pino carrasco y acebuche en Murcia y unas 30 ha en repoblaciones puras en las Islas Baleares.

Tabla 2. Intervalo recomendado para atributos morfológicos, fisiológicos y de respuesta de brinzales de 1-2 savias de *Pistacia lentiscus*.

Atributo	Valores mínimos	Valores máximos
Atributos morfológicos		
Altura (cm)	10	20
Diámetro del cuello de la raíz (mm)	3,5	4,5
Esbeltez (cm mm ⁻¹)	3,0	6,0
Peso seco aéreo - PA (g)	1,9	2,5
Peso seco radical - PR (g)	1,0	2,2
Peso seco total - PT (g)	3,5	4,5
PA/PR	0,9	2,0
Concentración de nutrientes (% PT)		
N	1,0	1,7
P	0,08	0,2
K	0,65	1,0
Atributos de respuesta		
PRR ⁽¹⁾ - número de raíces >1 cm de longitud	20	90

⁽¹⁾PRR: potencial de regeneración radical

Pese a ello, la realidad es que se trata de una especie de matorral secundaria o acompañante casi obligada en los programas de restauración forestal de los pisos termo y mesomediterráneos. Su participación en las mezclas es variable, con un máximo del 40% (del Campo y Segura, 2009), aunque el rango más común está entre el 5 y el 30% (Álvaro Esteban *et al.*, 2009; Rodríguez *et al.*, 2009). El lentisco se emplea tanto en repoblaciones convencionales como en repoblaciones de enriquecimiento bajo cubierta de pinar (Castillo *et al.*, 2009).

La heterogeneidad de la respuesta observada en la supervivencia es una pauta bastante común en la literatura consultada sobre esta especie (Morote *et al.*, 2001; Navarro-Cerrillo *et al.*, 2001; Padilla *et al.*, 2004; Trubat *et al.*, 2004; Ceacero *et al.*, 2005; Vilagrosa *et al.*, 2008, Castillo *et al.*, 2009; Rodríguez *et al.*, 2009), pero se podría decir que, en términos generales, suele tener tasas de supervivencia entre el 50% y el 80%. El lentisco también muestra una variación importante en su crecimiento. Así, Rodríguez *et al.* (2009) presentan valores promedio de altura de 1,7 m a los nueve años de plantación en una zona de terraza fluvial en Sevilla, mientras que Alloza (2003) observa valores de apenas 50 cm de altura tras diez años de plantación en terrenos margosos de la Comunidad Valenciana. Los datos de Vilagrosa *et al.* (2008) confirman el lento desarrollo de esta especie, siendo la quinta entre 16 especies en mostrar un menor crecimiento en altura a los cuatro años (45 cm). No obstante, por ser un arbusto, no se debe valorar solamente su crecimiento en altura, sino también su capacidad para crear cobertura de suelo.

5. Planificación de la repoblación

Dada la estrategia de consumo de agua del lentisco, la profundidad del hoyo de plantación es importante, habiéndose comprobado que la supervivencia mejora al aumentarla de 40 a 80 cm (Castillo *et al.*, 2009). Las otras dimensiones del hoyo pueden oscilar alrededor de los 40 x 40 cm. Es preferible efectuar una preparación mecanizada, sobretodo en condiciones adversas de estación. En la Comunidad Valenciana es muy frecuente el empleo de retroaraña (Álvaro Esteban *et al.*, 2009) y de minirretroexcavadora en plantaciones de enriquecimiento en el interior de una masa (del Campo y Segura, 2009). En este último caso, conviene aplicar claras de intensidad media a fuerte en la masa para adecuar las condiciones de luz al requerimiento del lentisco (Castillo *et al.*, 2009).

El comportamiento fisiológico de la especie obliga a extremar las precauciones sobre el estado del suelo y las condiciones meteorológicas en el momento de la plantación. No debe plantarse en terrenos sin tempero o con vientos fuertes y secos. Debe adelantarse la fecha de plantación, de modo que las plantas aprovechen las precipitaciones de la estación húmeda. La plantación puede retrasarse al mes de febrero o marzo en los climas más frescos (Domínguez-Lerena, 2001 b).



Figura 5. Ejemplar de *Pistacia lentiscus* a los 5 años de su plantación bajo clima semiárido en Albaterra, Alicante. La planta se instaló en campo con tubo protector, retirado el mismo año de la fotografía (Foto: E. Chirino).

El lentisco suele plantarse formando bosquetes más bien pequeños, donde participan otras especies. Los marcos más usuales son el real, el rectangular y al tresbolillo, aunque en preparaciones puntuales sobre terrenos escarpados la distribución queda muy desdibujada. Las densidades de las plantaciones donde se incluye esta especie son de medias a altas, con valores entre los 700 y los 1.100 pies ha⁻¹, aunque la densidad real del lentisco sea menor según su porcentaje de participación. En repoblaciones de enriquecimiento bajo cubierta las densidades totales suelen ser inferiores a 450 pies ha⁻¹.

El lentisco mejora su comportamiento cuando el suelo se humedece con el aporte de agua de lluvia (Cortina *et al.*, 2008), por lo que se aconseja, en el caso de preparaciones puntuales, la construcción de microcuencas que recojan y retengan la escorrentía superficial y permitan la infiltración del agua en el suelo. Por el mismo motivo, el lentisco puede verse muy favorecido por la aplicación de riegos de establecimiento.

No hay estudios específicos sobre el uso de hidrogeles, pero pueden ser recomendables en suelos arenosos secos, en dosis de 15-20 g por hoyo de plantación.

En principio, el empleo de tubos protectores podría ser aconsejable en repoblaciones convencionales (Fig. 5) si contribuyen a disminuir el déficit de presión de vapor respecto del exterior, reduciendo así las elevadas tasas de transpiración (Alameda y Villar, 2009). Sin embargo, es frecuente que ocurra lo contrario (Navarro-Cerrillo *et al.*, 2005; del Campo *et al.*, 2006 y 2008), provocando que el protector sea contraproducente en suelos secos. Además, el lentisco se comporta como una especie de luz, de modo que el sombreado parcial inducido por el tubo disminuye significativamente el desarrollo radical (Moreno *et al.*, 2005; Castillo *et al.*, 2009), lo que puede traducirse en una menor supervivencia. Este efecto ha sido observado en repoblaciones bajo cubierta, tanto en el lentisco (Castillo *et al.*, 2009) como en otras especies (del Campo *et al.*, 2008). Lo mismo que en otros matorrales, en el lentisco no se practican podas.

6. Bibliografía

- ALAMEDA D., VILLAR R., 2009. Estrategias de respuesta a la sequía en plántulas de 17 especies leñosas y el efecto de la lluvia estival. En: Actas del 5 Congreso Forestal Español. [cd-rom]. (Sociedad Española de Ciencias Forestales, Junta de Castilla y León, eds.). Ávila. Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- ALBALADEJO R.G., GONZÁLEZ MARTÍNEZ S.C., HEUERTZ M., VENDRAMIN G.G., APARICIO A., 2009. Spatio temporal mating pattern variation in a wind-pollinated mediterranean shrub. *Molec. Ecol.* 18, 5195-5206.
- ALLOZA J.A., 2003. Análisis de repoblaciones forestales en la Comunidad Valenciana. Desarrollo de criterios y propuestas de evaluación. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.
- ÁLVARO ESTEBAN G., ORDÓÑEZ F., ARNAU E., MORENO R., BOIX C., 2009 Actuaciones para la lucha contra la desertificación en la Demarcación Forestal nº 9 de Alicante. En: Actas del 5 Congreso Forestal Español. [cd-rom]. (Sociedad Española de Ciencias Forestales, Junta de Castilla y León, eds.). Ávila. Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- BARGHCHI M., ANDERSON P.G., 1983. *In vitro* propagation of *Pistacia* species. *Acta Hort.* 131, 49-60.
- CASTILLO V.M., BARBERÁ G.G., QUEREJETA J.I., MARTÍNEZ SÁNCHEZ M.A., MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ F., 2009. Diversificación de masas repobladas de pino carrasco mediante claras e introducción de sotobosque. En: Actas del 5 Congreso Forestal Español. [cd-rom]. (Sociedad Española de Ciencias Forestales, Junta de Castilla y León, eds.). Ávila. Disponible en: <http://congresoforestal.es>

- CATALÁN G., 1991. Semillas de árboles y arbustos forestales. Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid. pp. 295-296.
- CEACERO C.J., NAVARRO R.M., DEL CAMPO A.D., 2005. Morphological assesment and field performance in two Mediterranean shrub species. *Ecología* 19, 113-128.
- CORREIA O., DÍAZ-BARRADAS M.C., 2000. Ecophysiological differences between male and female plants of *Pistacia lentiscus* L. *Plant Ecol.* 149, 131-142.
- CORTINA J., GREEN J.J., BADDELEY J.A., WATSON C.A., 2008. Root morphology and water transport of *Pistacia lentiscus* seedlings under contrasting water supply: a test of the pipe stem theory. *Environ. Exp. Bot.* 62, 343-350
- DEL CAMPO A.D., SEGURA G., 2009. Definición de protocolos para el control de calidad de planta y puesta en obra de la misma. Entrega 2009. Universidad Politécnica de Valencia y Consellería de Medio Ambiente, Agua, Urbanismo y Vivienda, GVA. Inédito.
- DEL CAMPO A.D., NAVARRO CERRILLO R.M., AGUILELLA A., GONZÁLEZ E., 2006. Effect of tree shelter design on water condensation and run-off and its potential benefit for reforestation establishment in semiarid climates. *For. Ecol. Manage.* 235, 107-115
- DEL CAMPO A.D., NAVARRO CERRILLO R.M., AGUILELLA A., FLORS J., 2008. Influencia microclimática del diseño del tubo protector y respuesta de diez especies forestales al tubo ventilado. *Cuad. Soc. Esp. Cienc. For.* 28, 81-87.
- DOMÍNGUEZ-LERENA S., MURRIAS G., HERRERO N., PEÑUELAS J.L., 2001 a. Cultivo de once especies mediterráneas en vivero: implicaciones prácticas. *Ecología* 15, 213-223.
- DOMÍNGUEZ-LERENA S., MURRIAS G., HERRERO N., PEÑUELAS J.L., 2001 b. Comparación del desarrollo de ocho especies mediterráneas durante su primer año en campo y su relación con los parámetros funcionales de las plantas. En: *Actas del III Congreso Forestal Español* (Junta de Andalucía, ed.). Granada. Mesa 3. pp. 75-81. Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- FASCELLA G., AIRO M., ZIZZO G., RUFFONI B., 2004. Prime osservazioni sulla coltivazione *in vitro* di lentisco (*Pistacia lentiscus* L.). *Italus Hortus* 11, 141-143.
- FERNÁNDEZ M., CARVAJAL F., ALEJANO R., DOMÍNGUEZ L., TAPIAS R., ALESSO S.P., 2005. Evolución temporal del grado de endurecimiento de plantas de vivero de 4 especies forestales españolas cultivadas en localidades con condiciones climáticas distintas. En: *Actas del IV Congreso Forestal Español*. [cd-rom]. (Sociedad Española de Ciencias Forestales, ed.). Zaragoza. Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- FRANCO J.J., MARTÍNEZ-SÁNCHEZ J.A., FERNÁNDEZ J.A., BAÑÓN S., 2006. Selection and nursery production of ornamental plants for landscaping and xerogardening in semi-arid environments. *J. Hort. Sci. Biotechnol.* 81, 3-17.
- GARCÍA DEL BARRIO J.M., DE MIGUEL J., ALÍA R., IGLESIAS S., 2001. Regiones de identificación y utilización de material forestal de reproducción. Dirección General de Conservación de la Naturaleza. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- GARCÍA-FAYOS P. (coord.), 2001. Bases ecológicas para la recolección, almacenamiento y germinación de semillas de especies de uso forestal en la Comunidad Valenciana. Banc de Llavors Forestals, Conselleria de Medi Ambient, Generalitat Valenciana, Valencia. pp. 35.
- GARCÍA-FAYOS P., VERDÚ M., 1998. Soil seed bank, factors controlling germination and establishment of a mediterranean shrub: *Pistacia lentiscus* L. *Acta Oecol.* 19, 357-366.
- GATTI E., PEDRIERI S., GOVONI M., 2004. Coltura *in vitro* di piante mediterranee autoctone: cisto, elicriso, lentisco e rosmarino. *Italus Hortus* 11, 135-137.
- HERNÁNDEZ E.I., VILAGROSA A., LUIS V.L., LLORCA M., CHIRINO E., VALLEJO V.R., 2009. Root hydraulic conductance, gas exchange and leaf water potential in seedlings of *Pistacia lentiscus* L. and *Quercus suber* L. grown under different fertilization and light regimes. *Environ. Exp. Bot.* 67(1), 269-276.

- HERRERA C.M., 1998. Long-term dynamics of mediterranean frugivorous birds and fleshy fruits: a 12-year study. *Ecol. Monogr.* 68, 511-538.
- ISFENDIYA OGLU M., 2000. Cutting propagation of mastic tree (*Pistacia lentiscus* var. Chia Duham.). *NUCIS Newsletter* 9, 42-44.
- ISTA (International Seed Testing Association), 2011. International rules for seed testing. Edition 2011. ISTA, Bassersdorf, Switzerland.
- JORDANO P., 1987. Avian fruit removal: effects of fruit variation, crop size and insect damage. *Ecology* 68, 1711-1723.
- JORDANO P., 1988. Polinización y variabilidad de la producción de semillas en *Pistacia lentiscus* L. (*Anacardiaceae*). *Anal. Jard. Bot. Madrid* 45, 213-231.
- JORDANO P., 1989. Pre-dispersal biology of *Pistacia lentiscus* (*Anacardiaceae*): cumulative effects on seed removal by birds. *Oikos* 55, 375-386.
- LANDIS T.D., TINUS R.W., MCDONALD S.E., BARNETT J.P., 1989. Seedling nutrition and irrigation. The container tree nursery manual. Vol 4. United States Department of Agriculture, Forest Service, Agriculture Handbook 674, Washington.
- LANDIS T.D., TINUS R.W., MCDONALD S.E., BARNETT J.P., 1990. Seedling nutrition and irrigation. The container tree nursery manual. Vol 2. United States Department of Agriculture, Forest Service, Agriculture Handbook 674, Washington.
- LUIS V.C., VILAGROSA A., LLORCA M., HERNÁNDEZ LLEDÓ E., VALLEJO V.R., 2008. Plasticidad morfológica y fisiológica en plantones de alcornoco, lentisco y pino canario inducidos por tratamientos de fertilización y sombreado. *Cuad. Soc. Esp. Cienc. For.* 28, 213-218.
- MAESTRE F.T., CORTINA J., BAUTISTA S., 2004. Mechanisms underlying the interaction between *Pinus halepensis* and the native late-successional shrub *Pistacia lentiscus* in a semiarid plantation. *Ecography* 27, 776-786.
- MORENO ÁLVARO S., VILLAR-SALVADOR P., PEÑUELAS J.L., 2005. Dependencia del crecimiento radical de la fotosíntesis del momento en especies perennifolias mediterráneas. Implicaciones para el cultivo de planta. *Forestales*, ed.). En: *Actas del IV Congreso Forestal Español*. [cd-rom]. (Sociedad Española de Ciencias Forestales, ed.). Zaragoza. Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- MOROTE A., OROZCO E., JORDÁN E., LOPEZ F., HERRANZ J.M., MARTÍNEZ J.J., 2001. Evaluación mediante parámetros morfobiométricos de ocho especies autóctonas de matorral empleadas en la forestación de terrenos agrícolas en la Mancha. En: *Actas del III Congreso Forestal Español* (Junta de Andalucía, ed.). Granada. Mesa 3. pp. 619-625. Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- NAHUM S., INBAR M., NE'EMAN G., BEN-SHLOMO, 2008. Phenotypic plasticity and gene diversity in *Pistacia lentiscus* L. along environmental gradients in Israel. *Tree Genet. Genomes* 4, 777-785.
- NAVARRO CERRILLO R.M., GÁLVEZ C., 2001. Manual para la identificación y reproducción de semillas de especies vegetales autóctonas de Andalucía. Tomo II. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, Córdoba. pp. 258-260.
- NAVARRO-CERRILLO R.M., SAIZ J.L., DEL CAMPO A.D., CHECA R., ÁLVAREZ A., 2001. Sistema de control de calidad de repoblaciones forestales: la obra de restauración del río Guadiamar. En: *Actas del III Congreso Forestal Español* (Junta de Andalucía, ed.). Granada. Mesa 3. pp. 817-823. Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- NAVARRO-CERRILLO R.M., FRAGUEIRO B., CEACERO C., DEL CAMPO A.D., DE PRADO R., 2005. Establishment of *Quercus ilex* L. subsp. *ballota* (Desf.) Samp. using different weed control strategies in Southern Spain. *Ecol. Eng.* 25, 332-342.
- ONDAY A., 2000. Micropropagation of pistachio from mature trees. *Plant Cell Tiss. Organ Cult.* 60, 159-162.
- PADILLA F.M., PUGNAIRE F.I., MARÍN R., HERVÁS M., ORTEGA R., 2004. El uso de especies arbustivas para la restauración de la cubierta vegetal en ambientes semiáridos. *Cuad. Soc. Esp. Cienc. For.* 17, 103-107.

- PAULA S., ARIANOUTSOU M., KAZANIS D., TAVSNOGLU C., LLORET F., BUHK C., OJEDA F., LUNA B., MORENO J.M., RODRIGO A., ESPELTA J.M., PALACIO S., FERNÁNDEZ-SANTOS B., FERNANDES P.M., PAUSAS J.G., 2009. Fire-related traits for plant species of the Mediterranean Basin. *Ecology* 90, 1420.
- PIGNATTI G., CROBEDDU S., 2005. Effects of rejuvenation on cutting propagation of mediterranean shrub species. *Foresta* 2, 290-295.
- PIOTTO B., 1995. Influence of scarification and pre-chilling on the germination of seeds of *Pistacia lentiscus*. *Seed Sci. Technol.* 23, 659-663.
- PIOTTO B., DI NOI A. (eds.), 2001. Propagazione per seme di alberi e arbusti della flora mediterranea. ANPA, Roma.
- PRADA M.A., ARIZPE D. (coords.), 2008. Manual de propagación de árboles y arbustos de ribera. Una ayuda para la restauración de riberas en la región mediterránea. Generalitat Valenciana, Valencia.
- QUÉZEL P., 1981. Floristic composition and phytosociological structure of sclerophyllous matorral around the Mediterranean. En: *Mediterranean-type shrubland* (Di Castri F., Goodall D.W., Spetch R.L., eds.). Elsevier, Amsterdam. pp. 107-121.
- RODRÍGUEZ A., MARAÑÓN T., DOMÍNGUEZ M.T., MURILLO J.M., JORDANO D., FERNÁNDEZ HAEGER J., CARRASCAL F., 2009. Reforestación con arbustos para favorecer la conectividad ecológica en el Corredor Verde del Guadiamar. En: *Actas del 5 Congreso Forestal Español*. [cd-rom]. (Sociedad Española de Ciencias Forestales, Junta de Castilla y León, eds.). Ávila. Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- SALVADOR R., LLORET F., 1995. Germinación en el laboratorio de varias especies arbustivas mediterráneas: efecto de la temperatura. *Orsis* 10, 25-34.
- TROUMBIS A.Y., 1991. Zoochory and seed bank persistence in mediterranean type shrublands. En: *Proceedings of the Sixth International Conference on Mediterranean Climate Ecosystems*, Maléme (Creta). pp. 287-293.
- TRUBAT R., CORTINA J., VILAGROSA A., 2004. Estado nutricional y establecimiento de especies leñosas en ambiente semiárido. *Cuad. Soc. Esp. Cienc. For.* 17, 245-251.
- TRUBAT R., CORTINA J., VILAGROSA A., 2005. Manipulación de las dimensiones de los contenedores forestales y su aplicación a la restauración. En: *Actas del IV Congreso Forestal Español*. [cd-rom]. (Sociedad Española de Ciencias Forestales, ed.). Zaragoza. Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- VERDÚ M., 2000. Ecological and evolutionary differences between mediterranean seeders and resprouters. *J. Veg. Sci.* 11, 265-268.
- VERDÚ M., GARCÍA-FAYOS P., 1995. Dispersión y predación predispersiva de semillas en *Pistacia lentiscus*. *Studia Oecol.* 12, 169-178.
- VERDÚ M., GARCÍA-FAYOS P., 1998. Ecological causes, function, and evolution of abortion and parthenocorpy in *Pistacia lentiscus* (*Anacardiaceae*). *Can. J. Bot.* 76, 134-141.
- VERDÚ M., GARCÍA-FAYOS P., 2001. The effect of empty seeds on predispersal seed predation by birds in *Pistacia lentiscus*. *Plant Ecol.* 156, 245-248.
- VERDÚ M., GARCÍA-FAYOS P., 2002. Ecología reproductiva de *Pistacia lentiscus* L. (*Anacardiaceae*): un anacronismo evolutivo en el matorral mediterráneo. *Revista Chilena de Historia Natural* 75, 57-65.
- VILAGROSA A., CORTINA J., GIL-PELEGRÍN E., BELLOT J., 2003. Suitability of drought-preconditioning techniques in mediterranean climate. *Restor. Ecol.* 11, 208-216.
- VILAGROSA A., CHIRINO E., BAUTISTA S., URGEGHE A.M., ALLOZA A., VALLEJO V.R., 2008. Proyecto de demostración de lucha contra la desertificación: Regeneración y plan de manejo de zona semiáridas degradadas en el T.M. de Albufera (Alicante). *Cuad. Soc. Esp. Cienc. For.* 28, 317-322.
- VIOLA F., FORLEO L.R., COCOZZA M.A., 2004. Propagaciones agamica di alcune specie della macchia mediterranea. *Italus Hortus* 11, 186-190.

Pistacia terebinthus L.

Cornicabra, terebinto, charneca; *cat.*: noguerola; *eusk.*: ahuntzadarra; *gall.*: cornabude, cornalleira

Antonio Dámaso DEL CAMPO GARCÍA, María Aránzazu PRADA SÁEZ

1. Descripción

1.1. Morfología

La cornicabra es un arbusto de 2 a 3 m de altura, aunque puede alcanzar porte arbóreo, como ocurre con mayor frecuencia en el Mediterráneo oriental (Ruiz de la Torre, 2006). Esta especie pierde la hoja en invierno, a diferencia de *Pistacia lentiscus*. Se desarrolla normalmente como arbusto de follaje poco denso, ramificado desde la base. Ocasionalmente se encuentran ejemplares monopódicos, muchas veces debido a que han sufrido podas de formación (Mesa *et al.*, 2001). Su sistema radical es robusto, ramificándose desde los 8-10 cm de profundidad en una estructura intrincada (Cornelini *et al.*, 2008). La corteza de los tallos del año es lisa, inicialmente rojiza o violácea y posteriormente grisácea.

Las hojas son imparipinnadas y se disponen de manera alterna en los tallos, rasgos que permiten diferenciarlo fácilmente del lentisco, cuyas hojas son paripinnadas y de inserción opuesta. Están compuestas por 3 a 9 folíolos de textura coriácea, ovalado oblongos a elíptico lanceolados, con margen entero (Tutin, 1968; López González, 2001). Su color es verde lustroso por el haz y blanquecino por el envés. El follaje de la cornicabra resulta muy vistoso en otoño, ya que adquiere una amplia gama de colores cálidos, desde el amarillo hasta el morado. Produce compuestos resinosos que hacen que sus ramas y hojas desprendan una agradable fragancia al romperse. Estas resinas fueron muy empleadas en el pasado por sus propiedades medicinales y su aroma.

En esta especie resulta ineludible describir la presencia de las llamativas agallas alargadas y retorcidas que cuelgan de las ramas. Pueden llegar a medir hasta 22 cm de longitud (Mesa *et al.*, 2001); su coloración, un jaspeado en tonos verdosos, rojizos y purpúreos, las hace aún más conspicuas. Su peculiar morfología ha dado lugar al nombre común de cornicabra y a otras denominaciones vulgares por las que es conocida, como corneta, descuernacabras, etc. Estas malformaciones surgen como consecuencia de la picadura que efectúan las hembras de pulgones de la especie *Baizongia pistaciae* en brotes tiernos. La planta reacciona produciendo una agalla hueca, dentro de la cual se protege y se reproduce el insecto (Castresana, 2001). En la cornicabra también se puede observar otros tipos de agallas, asociadas a diferentes especies de áfidos, en las que se produce hipertrofia e hiperplasia del parénquima y un gran desarrollo de los vasos conductores en diferentes partes de los folíolos (Álvarez *et al.*, 2008 a). La presencia de altas concentraciones de resina hace de las agallas un refugio perfecto para los pulgones, ya que no son palatables para los herbívoros (Mesa *et al.*, 2001).

1.2. Biología reproductiva

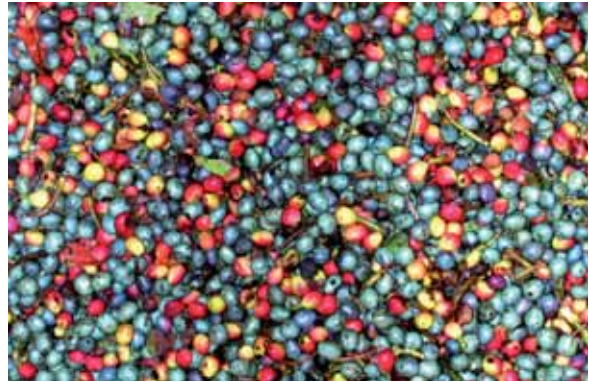
La cornicabra es una especie dioica, de floración primaveral, aunque se han encontrado ejemplares con flores de ambos sexos en un mismo pie (Avanzato y Quatra, 2004). Las yemas florales se forman en un mes y medio. El período de floración dura algo más de un mes (Castro-Díez *et al.*, 2003) y tiene lugar entre abril y junio (Traveset, 1993 b). Sus flores son pequeñas, de color rojizo, carecen de pétalos y se agrupan en panículas. Las flores femeninas presentan un cáliz de 3 ó 4 sépalos y un ovario sentado, unilocular y con un único óvulo en su interior, rematado por tres estigmas de color rojizo que son los que les confieren coloración. Las flores masculinas están formadas por un cáliz de 5 lóbulos y 5 estambres de filamentos muy cortos y anteras purpúreas.

La polinización de la cornicabra es anemófila. Los frutos son drupas ovoides, algo comprimidas, que contienen una sola semilla de 5 a 8 mm (López González, 2001; Mesa *et al.*, 2001). La época de maduración de los frutos es variable, según las condiciones climáticas del año y del lugar, y puede ocurrir entre los meses de julio y octubre. En esta época se puede observar frutos que permanecen con la coloración roja y frutos que han adquirido un tono verde o verde-azulado; estos últimos son los que portan semilla viable, mientras que en los primeros el endocarpo está vacío (Traveset, 1993 b; Mesa Jiménez *et al.*, 1995) (Fig. 1 a y b). La partenocarpia de algunos frutos se produce porque el ovario se desarrolla para dar lugar al pericarpio antes de la división del cigoto, incluso en ausencia de polinización (Grundwag, 1976). Traveset (1993 a) explica la existencia de estos frutos rojos, vanos, como una estrategia que reduciría el efecto de la depredación de ciertas especies de avispa sobre la producción de frutos con semilla. Mesa *et al.* (2001) sostienen, sin embargo, que la producción de frutos rojos tiene un sentido adaptativo, por ser un atrayente para las aves dispersoras, en un contexto donde el verde es el color dominante. Sin embargo, los frutos de color rojo, que no son consumidos por las aves y permanecen en la planta más tiempo, se tornan parduscos después. La dispersión es efectuada por las aves que, en otoño, consumen los frutos de color verde, muy ricos en lípidos. Los frutos también son muy apetecidos por mamíferos (Mesa *et al.*, 2001).

Esta especie presenta una acusada oscilación interanual, con ciclos trianuales y años sin cosecha (Herrera, 1998). La fertilidad de la cornicabra es reducida cuando se encuentra a la sombra, formando parte del sotobosque bajo el dosel de árboles de mayor tamaño. La preferencia de la cornicabra por ambientes con cierta humedad se refleja también en su comportamiento reproductivo, ya que las semillas abortan casi en su totalidad en ambientes de acusada aridez (Mesa *et al.*, 2001).

Las semillas de la cornicabra están recubiertas por un endocarpo liso y duro, que presenta una zona de tejido más poroso en uno de los polos (Fig. 2). El paso de los frutos por el tracto digestivo de las aves tiene un efecto de escarificado sobre el endocarpo impermeable, permitiendo la imbibición de las semillas y su germinación.

Pistacia x saportae Burnat. se produce por el cruzamiento entre *P. lentiscus* y *P. terebinthus*. Este híbrido, que puede alcanzar gran porte, muestra un patrón fenológico y rasgos morfológicos intermedios entre ambas especies. El limbo de los folíolos está más desarrollado que en el lentisco, pero el ala del raquis de las hojas es más estrecho (Fig. 3). Los frutos, globosos a ovoideos, son de menor tamaño que los de *P. terebinthus* (Werner



Figuras 1 a y b. Frutos de *Pistacia terebinthus* a principios de otoño en el árbol (izquierda) (Foto: P. García-Fayos); lote con frutos rojos, en su mayoría vanos, y frutos verde azulados, generalmente con semilla (derecha) (Foto: J.L.Nicolás).

Figura 2. Semillas de *Pistacia terebinthus*.

Figura 3. Hoja de *Pistacia x saportae*, taxón resultante de la hibridación entre el lentisco y la cornicabra (Foto: A. Prada).



et al., 2001; Montserrat y Pérez, 2002). Tiende a producir pocos frutos y, cuando lo hace, éstos son vanos o portan semillas no viables (Arista *et al.*, 1990; Werner *et al.*, 2001; Montserrat y Pérez, 2002). Este híbrido tiene gran interés como pie portainjerto para el cultivo del pistacho (*P. vera*), por su mayor vigor y resistencia a *Verticillium* respecto de las especies parentales (Werner *et al.*, 2001).

1.3. Distribución y ecología

Pistacia terebinthus es un taxón con distribución circunmediterránea. En Europa está presente en todos los países mediterráneos, incluyendo sus territorios insulares, llegando por las costas del Mar Negro hasta Bulgaria. Se encuentra también en los países mediterráneos del Magreb y del oeste asiático, hasta Jordania. En España, la cornicabra se halla presente como pies dispersos en matorrales, bosques y roquedos en toda el área

mediterránea, haciéndose escasa o faltando en el norte y noroeste y en las zonas más áridas (López González, 2001; Ruiz de la Torre, 2006) (Fig. 4).

La cornicabra es una especie heliófila, típicamente mediterránea y, por lo tanto, adaptada a superar la sequía estival. De hecho, los folíolos presentan características de esclerofilia, como puede ser el aumento del grosor de la cutícula a medida que van madurando (Álvarez *et al.*, 2008 b). Sin embargo, es interesante remarcar que no se ha observado variación en atributos funcionales implicados en las relaciones planta-agua entre poblaciones bajo climas muy diferentes. Esta falta de plasticidad hace pensar que la especie tiene cierto requerimiento de aporte hídrico, mayor que el de *P. lentiscus*, que determinaría una dependencia de las reservas de agua edáfica a medida que se reducen las precipitaciones. Así, su estrategia podría residir en compensar el aumento de la aridez con un incremento en la capacidad de prospección de agua del suelo, por ejemplo, aumentando la relación sistema radical/parte aérea (Castro-Díez *et al.*, 1998). Este requerimiento hace que, en los ambientes más áridos, la cornicabra ocupe las zonas más favorables en fondos de valles y depresiones o en las exposiciones más frescas (Castro-Díez *et al.*, 1998) y que, en las localidades donde es abundante, se agregue con mayor densidad en los laterales de lechos de barrancos y umbrías (Mesa, 2005).

En España, su óptimo climático se sitúa entre 500 y 1.400 m de altitud, pero se puede encontrar desde las zonas litorales, libres de heladas, hasta en enclaves de la montaña mediterránea, alcanzando los 1.600 m de altitud, como ocurre en Sierra Mágina (Mesa *et al.*, 2001), e incluso en áreas térmicas con clima eurosiberiano, aunque en estos lugares es más escasa. Al ser una especie caducifolia, los fríos invernales no parecen ser un factor limitante para la cornicabra, en contraposición con *P. lentiscus*, de carácter más termófilo (Castro-Díez *et al.*, 1998).

Pistacia terebinthus es indiferente a la naturaleza química del sustrato, pero se encuentra con mayor frecuencia en terrenos calizos. Prefiere los perfiles con buena aireación, poco profundos y pedregosos, siendo muy común encontrarla en laderas de pendiente acentuada, barrancos, canchales, afloramientos rocosos, etc., donde compite con ventaja con otras especies arbóreas que requieren suelos más desarrollados, como encinas y quejigos (Mesa, 2005).

2. Materiales forestales de reproducción

2.1. Marco normativo. Identificación de los materiales de reproducción

Esta especie no está incluida en la normativa estatal, pero sí tiene regulados la producción, la comercialización y el uso de sus materiales de reproducción en forestaciones en la Comunidad Valenciana (D. 15/2006), que establece un sistema de control del proceso productivo, similar al que se aplica a las especies incluidas en el Real Decreto 289/2003.

No se cuenta con información sobre diferencias genéticas en rasgos de interés adaptativo entre procedencias, por lo que, por principio de precaución, se recomienda emplear materiales recolectados en la misma región de procedencia en la que se vaya a plantar. Para ello, puede emplearse como orientación las regiones de identificación y utilización

de los materiales forestales de reproducción establecidas por García del Barrio *et al.* (2001). En ocasiones, es posible que exista cierta dificultad para encontrar en el mercado materiales de la procedencia deseada, ya que en la mayoría de las regiones es una especie poco abundante.

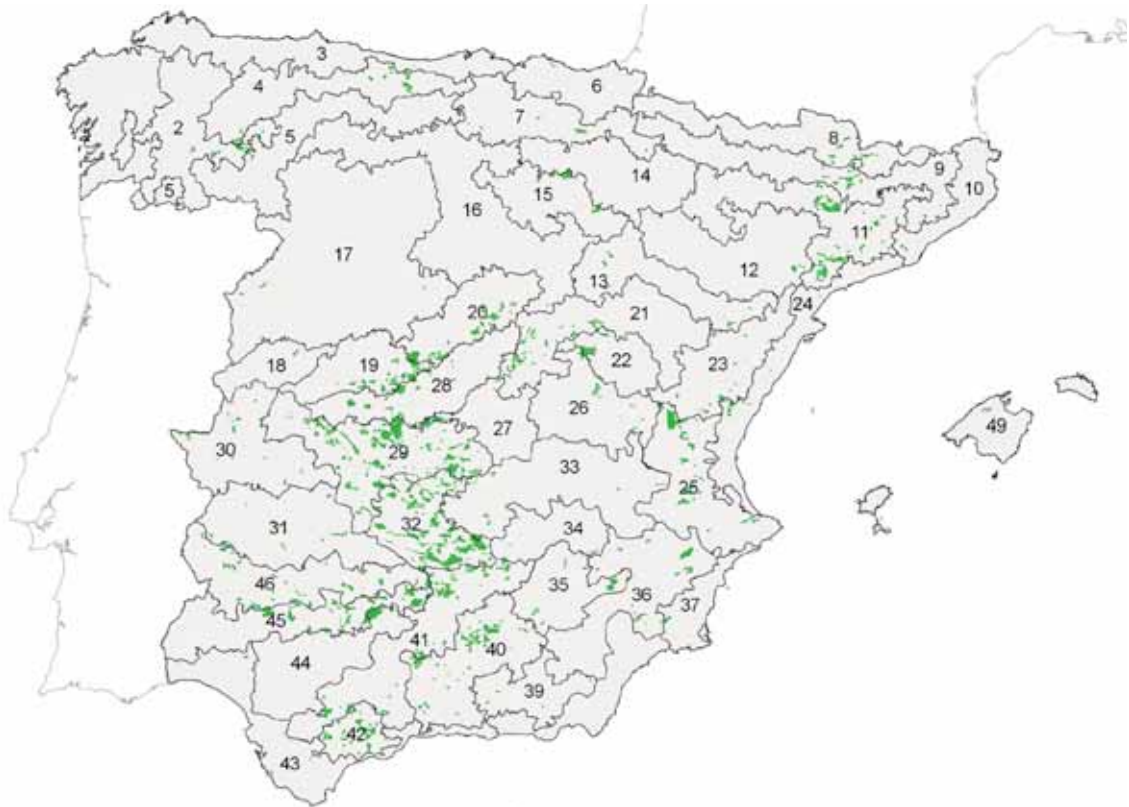


Figura 4. Distribución de *Pistacia terebinthus* y Regiones de Identificación de sus materiales de reproducción (Fuente: Mapa Forestal de España, 1:200.000).

En Asturias y en Murcia está declarado como taxón “De interés especial” (D. 65/1995 y D. 50/2003, respectivamente), por lo que su uso debería tener en cuenta las limitaciones o los objetivos de gestión establecidos en el ámbito de la normativa de protección. De hecho, en la región murciana, su aprovechamiento requiere autorización administrativa previa.

2.2. Técnicas de manejo y propagación

2.2.1. Semillas

La recolección de los frutos se hace en septiembre y octubre, de manera manual, a modo de ordeño y con la ayuda de mantones. En la elección de las zonas de recogida es importante tener en cuenta la densidad y proporción de pies de cada sexo. A su vez, sólo cabe recolectar en aquellas ramas con mayor proporción de frutos de color verde o verde azulado, que son los que contienen semillas llenas. Los frutos son muy consumidos por aves y mamíferos, por lo que no se debe demorar su cosecha.

Los frutos deben procesarse lo antes posible para eliminar el pericarpo y el mesocarpo. La extracción y limpieza se efectúan como para cualquier fruto carnoso: maceración durante varias horas (en todo caso menos de 24 horas), eliminación de los frutos y restos que flotan, triturado con procesadora de cuchillas regulando la velocidad para no dañar las semillas, y separación de fracciones por flotación; posteriormente se efectúa un cribado con ayuda de agua a presión y un secado y aventado.

Dado que se trata de semillas de comportamiento ortodoxo, si se pretende conservarlas durante un cierto tiempo, deben someterse a secado hasta alcanzar un contenido de humedad alrededor del 5%; posteriormente se envasan en recipientes herméticos y se conservan a 4 °C.

La cornicabra se propaga bien a partir de semillas, aunque es necesario efectuar tratamientos previos para eliminar la dormición física producida por la impermeabilidad de la cubierta. Los tratamientos sugeridos pretenden facilitar la penetración del agua, particularmente en la zona menos dura del endocarpo, el obturador. Así, Mesa Jiménez *et al.* (1995) han estimado tasas de germinación superiores al 90% en semillas sin obturador, eliminado manualmente o mediante el paso por el tracto digestivo de pájaros, y puestas a germinar en invernadero, frente a sólo un 8-12% en el caso de semillas con obturador. En lotes grandes, se puede reducir la impermeabilidad de la cubierta empleando diferentes métodos. Algunos autores recomiendan la estratificación en frío, como Piotto y Di Noi (2001), que han obtenido buenos resultados manteniendo las semillas con humedad a 4 °C durante unas 12 semanas. Por otro lado, Nicolás *et al.* (2001) sugieren la conveniencia de emplear un tratamiento con ácido sulfúrico concentrado, con una duración variable según el lote. Otros autores aplican tratamientos de escarificación combinados con el uso de hormonas. Así, Caruso y De Michele (1987) obtienen resultados satisfactorios con la aplicación de una solución de ácido sulfúrico concentrado durante 60 minutos, sumergiendo posteriormente las semillas en una solución 200 ppm de giberelinas. Para mejorar los resultados, Mc Cárthaigh y Spethmann (2000) recomiendan efectuar una estratificación y, posteriormente, aplicar giberelinas durante 10 minutos. En el Banc de Llavors Forestals de la Comunidad Valenciana se elimina el rafe y se aplican giberelinas (AG₃) en concentraciones de 100 ppm a 4 °C durante 24 horas (Picher *et al.*, com. pers.). En condiciones controladas, las semillas de la cornicabra no necesitan luz para germinar (García-Fayos, 2001).

Las normas ISTA (2011) no han fijado un procedimiento estandarizado para la caracterización de la calidad de lotes de semillas de cornicabra. La germinación de las semillas es hipogea. Las plántulas presentan los cotiledones acuminados, con matices rojizos en las nerviaciones y los bordes, y las primeras hojas simples (Navarro-Cerrillo y Gálvez, 2001).

2.2.2. Vegetativa

La cornicabra no se produce mediante técnicas de propagación vegetativa en el ámbito forestal. Sin embargo, se han realizado numerosos estudios para la puesta a punto de la multiplicación *in vitro* de esta especie en el campo de la fruticultura (Gannoun *et al.*, 1995; Sheibiani y Villiers, 1995; Behboodi, 2002), ya que es muy empleada como portainjerto de *Pistacia vera*, por su mayor rusticidad y resistencia a *Phytophthora*.

Tabla 1. Datos característicos de lotes de semillas de *Pistacia terebinthus*.

Rendimiento semilla/fruto (% en peso)	Pureza (%)	Facultad germinativa (%)	Nº semillas kg ⁻¹	Referencia
	95-98		(16.000)	Catalán (1991)
			62.000-88.900	García-Fayos (2001)
10	88-100	50-91	11.000-21.400	Navarro-Cerrillo y Gálvez (2001)
			17.000	Piotto y Di Noi (2001)
(7-25)		(17)	(25.120-28.000)	Louro y Pinto (2011)
5,5-23,5	98-100	62-98	21.900-29.400	Banc de Llavors Forestals (Anexo II)
30-40 ⁽¹⁾	95-98	57-76	21.000-25.000-29.000	CNRGF <i>El Serranillo</i> (Anexo III)

⁽¹⁾ Dato referido a frutos de coloración verde o azulada.

3. Producción de plantas

El cultivo de la cornicabra en viveros forestales se puede considerar anecdótico, en correspondencia con la baja demanda que existe para su uso en plantaciones. No hay, por ello, una información bibliográfica abundante para esta especie, y las pautas de su cultivo suelen amoldarse a las del resto de la producción en la práctica del vivero forestal.

Si se desea producir plantas de una savia, es preciso planificar el cultivo, porque la cornicabra tiene un crecimiento de bajo a moderado (Villar *et al.*, 2004). Las siembras deben realizarse a mediados o finales de invierno para que se pueda disponer de un calendario de cultivo de unas 35-40 semanas en total. La germinación suele ser baja e irregular (Domínguez-Lerena *et al.*, 2001 b; Takos y Efthimiou, 2003), por lo que en algunos viveros se adelanta la siembra sobre semilleros o alvéolos hortícolas (de 75 cm³) en invernaderos o umbráculos, para luego realizar el trasplante al alvéolo forestal definitivo en la primavera siguiente. Ésta puede ser una medida adecuada para homogeneizar la producción y ajustar el calendario de cultivo a las particularidades de la especie. Las plantas deben cultivarse al exterior durante el mayor tiempo posible, aunque suelen desarrollar bien su sistema radical y no presentar problemas de desmoronamiento del cepellón (Domínguez-Lerena *et al.*, 2001 b).

El volumen de envase más usado en vivero oscila entre 250 y 350 cm³, si bien, dado su interés agroforestal, pueden encontrarse otros formatos menos recomendables para la repoblación forestal, a menos que se apliquen ciertos cuidados culturales a la plantación (Tomàs Ferré *et al.*, 2009; Navarro-Cerrillo *et al.*, 2009). En general, como ocurre en las especies caducifolias, la relación entre la parte aérea y la radical tiende a ser baja y hace recomendable el uso de envases de 350 cm³, mejor que de 250 cm³.

Es conveniente utilizar un sustrato con una porosidad de aireación entre el 10% y el 15%, que cumpla las especificaciones generales para la producción de plantas forestales (Landis *et al.*, 1990). La compactación moderada del sustrato tiene un efecto positivo sobre el crecimiento de las plantas (Alameda y Villar, 2009). Los componentes más empleados

son las turbas, puras o mezcladas con fibra de coco, corteza de pino compostada, etc.; en las mezclas se suele añadir perlita o vermiculita al 5-10%.

Respecto al riego, la especie parece un tanto sensible a la desecación del sustrato (Alameda y Villar, 2009), por lo que se debe tener un cuidado especial en la aplicación de tratamientos de endurecimiento. En cuanto a la calidad del agua de riego, su indiferencia edáfica permite el uso de aguas duras o alcalinas, aunque es importante controlar el aumento del pH del sustrato si se emplean fertilizantes de liberación controlada lenta (FLCL) como fuente de fósforo. Dada la baja tasa de crecimiento, se debe fertilizar con dosis medias a altas, tanto en fertirrigación como con FLCL. En el primer caso se recomiendan aplicaciones semanales de macro y micronutrientes similares a las generales propuestas por Landis *et al.* (1989) para cada fase de cultivo; en el caso de FLCL, es conveniente aplicar dosis de 3-4 g l⁻¹ de sustrato.



Figura 5. Planta de *Pistacia terebinthus* de una savia cultivada en alvéolo de 300 cm³ (Foto: CNRGF El Serranillo).

Los tratamientos fitosanitarios preventivos se realizan mediante aplicaciones quincenales, alternando algunos de los principios activos más comunes (thiram, captan, himexazol o iprodiona). Las malas hierbas pueden combatirse en preemergencia con oxifluorfén o glifosato y en postemergencia con oxifluorfén a bajas dosis (1/4 de la dosis recomendada) y a intervalos más frecuentes (semanales). Si se pretende eliminar gramíneas, se puede emplear herbicidas selectivos aplicados en postemergencia. Las escardas también son efectivas, siendo recomendables cada 6-8 semanas para eliminar las hierbas resistentes a los productos de control.

En relación con las micorrizas, Camprubí *et al.* (1992) emplearon métodos indirectos para la inoculación de cornicabra con *Glomus mosseae* (micorriza arbusculo-vesicular), mejorando así el crecimiento de las plantas.

No existen especificaciones de calidad de las plantas de cornicabra. Los datos presentes en la bibliografía indican que las tallas tienden a ser bajas, aunque los valores del sistema radical son, proporcionalmente, más elevados que en otras especies forestales. Los parámetros de calidad de plantas más completos son los ofrecidos por Domínguez-Lerena *et al.* (2001 b) para un lote de cornicabra con una tasa de supervivencia de un 96% en el primer año de plantación en Guadalajara (Tabla 2).

4. Uso en repoblaciones y restauraciones

La cornicabra es una especie interesante para la restauración forestal debido a su adaptación a la sequía, la alcalinidad y la salinidad y, además, por su contribución a la

Tabla 2. Valores orientativos de atributos morfológicos, fisiológicos y de respuesta para brinzales de una savia de *Pistacia terebinthus* (Domínguez-Lerena *et al.*, 2001 b).

Atributo	Valor
Atributos morfológicos	
Altura (cm)	9,9
Diámetro del cuello de la raíz (mm)	3,12
Esbeltez (cm mm ⁻¹)	3,16
Peso seco aéreo - PA (g)	1,3
Peso seco radical - PR (g)	2,51
Peso seco total - PT (g)	3,8
PA/PR	0,52
Concentración de nutrientes (% PT)	
N	1,2
P	0,09
K	0,65
Atributos de respuesta	
PRR ⁽¹⁾ - número de raíces > 1cm de longitud	49
PRR - peso seco de raíces nuevas (g)	0,044

⁽¹⁾PRR : potencial de regeneración radical

alimentación de la fauna silvestre y el ganado (Tomàs Ferré *et al.*, 2009). Sin embargo, su empleo es muy minoritario, faltando en la mayoría de las estadísticas y trabajos de revisión de repoblaciones forestales (Alloza, 2003). Pese a ello, la realidad es que se trata de una especie de matorral secundaria muy interesante, tanto para repoblaciones convencionales como para enriquecimientos bajo cubierta de pinar. En la Comunidad Valenciana se ha empleado en algunas repoblaciones bajo cubierta, con porcentajes de participación del orden del 5% (del Campo *et al.*, 2009).

Las tasas de supervivencia que se recogen en la bibliografía disponible (Domínguez-Lerena *et al.*, 2001 a; Oliet *et al.*, 2003; Guzmán Álvarez, 2004; del Campo *et al.*, 2009) pueden clasificarse como buenas, situándose por encima del 75%. No obstante, estos valores pueden bajar considerablemente si el tipo de planta supera en exceso el formato estándar (Navarro-Cerrillo *et al.*, 2009). En Ademuz (Valencia), en una repoblación bajo cubierta con 12 especies y una mortalidad media del 51% tras el segundo año se observó valores medios de mortalidad de la cornicabra del 21% al primer año de plantación, manteniéndose constante esta tasa al final del segundo año (del Campo *et al.*, 2009). Otros estudios (Domínguez-Lerena *et al.*, 2001 a; Oliet *et al.*, 2003; Guzmán Álvarez, 2004) coinciden en el buen comportamiento de la especie en campo, con tasas de mortalidad aún menores (por debajo del 15%), si bien las condiciones de estación eran mejores y la preparación del terreno más intensa (subsulado frente a minirretroexcavadora).

El crecimiento de la especie puede ser muy variable de acuerdo con la calidad de la estación y las condiciones propias de la repoblación. Por ejemplo, Tomàs Ferré *et al.* (2009) estimaron alturas de casi 3 m a los 6 años en terrenos calizos previamente fertilizados y con aporte de riego estival, mientras que los crecimientos en repoblación bajo cubierta en el Rincón de Ademuz (Valencia) fueron de apenas 15 cm a los dos años y sin variación del diámetro (Del Campo y Segura, 2009). Pese a esta discrepancia, los valores presentados por otros autores (Domínguez-Lerena *et al.*, 2001 a; Guzmán Álvarez, 2004; Navarro-Cerrillo *et al.*, 2009) permiten clasificar la especie como de crecimiento más bien lento (con incrementos de altura y diámetro de 12-16 cm y 3,4-4,4 mm respectivamente). No obstante, es preciso considerar su porte arbustivo y, en consecuencia, no sólo el crecimiento en altura, sino también la cobertura del suelo, ya que la especie no suele presentar dominancia apical (Tomàs Ferré *et al.*, 2009).

5. Planificación de la repoblación

Los ensayos de campo realizados por Sardá *et al.* (2005) han demostrado que el crecimiento radical de la cornicabra es relativamente bajo y que no se produce durante todo el período húmedo del año, sino que se activa sólo unas semanas antes de la brotación de la planta en primavera. Esto haría intrascendente concentrar las plantaciones en fechas tempranas (diciembre-enero), pudiendo ampliarse el período de plantación hasta el mes de febrero o marzo en las localidades más frías. Pero, dada la escasa información sobre la especie, es conveniente ser prudentes en este sentido.



Figura 6. Planta de dos años de *Pistacia terebinthus* en monte (Foto: J. Sánchez).

Se puede plantar formando bosquetes más bien pequeños, en mezcla con otras especies, y con proporciones locales que pueden llegar hasta el 90%, pero que, normalmente, oscilan entre el 10 y el 40% (del Campo *et al.*, 2009). Sin embargo, como ya se ha indicado, su peso en el total de la repoblación suele ser modesto (<5%). Los marcos más usuales son el real, el rectangular y el tresbolillo, aunque en preparaciones puntuales sobre terrenos escarpados la distribución queda muy desdibujada. Las densidades de las plantaciones donde se incluye esta especie suelen ser medias (700-1.000 pies ha⁻¹ ó 400-650 pies ha⁻¹ en enriquecimiento bajo cubierta).

En la cornicabra es muy frecuente usar tubos protectores. De hecho, Oliet *et al.* (2003) han demostrado su influencia positiva en la supervivencia (superior entre un 30 y 40% en el segundo año, dependiendo del tubo empleado) y en el crecimiento en altura en plantas de esta especie, pero su efecto sobre el incremento en diámetro resultó negativo. En plantaciones con tubo bajo cubierta, los datos de supervivencia presentados por del Campo *et al.* (2009) fueron del 79%, aunque en un principio podía suponerse que las condiciones de sombreo serían excesivas.

Los riegos de implantación y estivales son útiles para el desarrollo de las plantas (Tomàs Ferré *et al.*, 2009), que se ven favorecidas por contenidos de humedad relativamente elevados en el suelo (Alameda y Villar, 2009). Sin embargo, con plantas de una savia los resultados de supervivencia son relativamente altos y, en este caso, el riego no parece ser un factor condicionante para el éxito de la plantación.

La fertilización puede ser una técnica viable si se prevén riegos de apoyo, porque en este caso se potencia el efecto del aporte de nutrientes (Tomàs Ferré *et al.*, 2009). En repoblaciones convencionales su aplicación puede mejorar la supervivencia y el crecimiento en diámetro (Oliet *et al.*, 2003), pero es conveniente tener prudencia con su uso para que no aumente la salinidad en condiciones de sequía.

La aplicación de podas no parece tener sentido en especies de matorral sin clara dominancia apical, como la cornicabra.

6. Bibliografía

- ALAMEDA D., VILLAR R., 2009. Moderate soil compaction: Implications on growth and architecture in seedlings of 17 woody plants species. *Soil Till. Res.* 103, 325-331.
- ALLOZA J.A., 2003. Análisis de repoblaciones forestales en la Comunidad Valenciana. Desarrollo de criterios y propuestas de evaluación. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.
- ÁLVAREZ R., ENCINA A., PÉREZ HIDALGO N., 2008 a. Histological aspects of three *Pistacia terebinthus* galls induced by three different aphids: *Paracletus cimiciformis*, *Forda marginata* and *Forda formicaria*. *Plant Sci.* 176, 303-314.
- ÁLVAREZ R., ENCINA A., PÉREZ HIDALGO N., 2008 b. *Pistacia terebinthus* L. leaflets: an anatomical study. *Plant Syst. Evol.* 272, 107-118.
- ARISTA M., ROSSO J., TALAVERA S., 1990. Caracterización de *Pistacia x saportae* Burnat, *P. lentiscus* L. y *P. terebinthus* L. en la Serranía de Grazalema (S. de España). *Lagascalía* 16, 311-321.
- AVANZATO D., QUATRA R., 2004. Monoecious *Pistacia terebinthus* found in Bulgaria. *Crop Wild Relative* 2, 14-16.

- BEHBOODI B., 2002 Tissue culture results of all wild Pistacio species and some cultivars in Iran. *Acta Hort.* 591, 399-403.
- CAMPRUBÍ A., ESTAÚN V., CALVET C., 1992. Effect of aromatic plant species on vesicular-arbuscular mycorrhizal establishment in *Pistacia terebinthus*. *Plant Soil* 139, 299-301.
- CARUSO T., DE MICHELE A., 1987. Effetto di alcuni trattamenti sulla germinabilità di semi di pistacchio (*Pistacia vera* L.) e terebinto (*P. terebinthus* L.). *Frutticoltura* 4, 51-54.
- CASTRESANA L., 2001. Insectos asociados a la cornicabra. En: La cornicabra. La corneta (Sánchez A., coord.). Exlibris Ediciones S.L., Madrid. pp. 105-118.
- CASTRO DÍEZ P., VILLAR SALVADOR P., PÉREZ RONTOMÉ C., MONTSERRAT MARTÍ G., 1998. Leaf and stem xylem features in two *Pistacia* species along a rainfall and low temperature gradient in NE Spain. *Flora* 193, 195-202.
- CASTRO DÍEZ P., MONTSERRAT MARTÍ G., CORNELISSEN J.H.C., 2003. Trade-offs between phenology, relative growth rate, life form and seed mass among 22 mediterranean woody species. *Plant Ecol.* 166, 117-129.
- CATALÁN G., 1991. Semillas de árboles y arbustos forestales. Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid. pp. 295-296.
- CORNELINI P., FEDERICO C., PIRRERA G., 2008. Arbusti autoctoni mediterranei per l'ingegneria naturalistica. Primo contributo alla morfometria degli apparati radicali. Azienda Regionale Foreste Siciliana, Collana Sicilia Foreste 40.
- DEL CAMPO A., SEGURA G., 2009. Definición de protocolos para el control de calidad de planta y puesta en obra de la misma. Informe 2009. Universidad Politécnica de Valencia y Consellería de Medio Ambiente, Agua, Urbanismo y Vivienda, GVA. Inédito.
- DEL CAMPO A.D., SEGURA G., HERMOSO J., ROLDÁN M., BUTLER F., CURRÁS R., MARZO A., GARCÍA R., NAVARRO CERRILLO R., 2009. Los controles de calidad integrales en repoblaciones forestales como herramienta para mejorar la técnica repobladora. En: Actas del 5 Congreso Forestal Español. [cd-rom]. (Sociedad Española de Ciencias Forestales, Junta de Castilla y León, eds.). Ávila. Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- DOMÍNGUEZ-LERENA S., MURRIAS G., HERRERO N., PEÑUELAS J.L., 2001 a. Comparación del desarrollo de ocho especies mediterráneas durante su primer año en campo y su relación con los parámetros funcionales de las plantas. En: Actas del III Congreso Forestal Español (Junta de Andalucía, ed.). Granada. Mesa 3. pp. 75-81. Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- DOMÍNGUEZ-LERENA S., MURRIAS G., HERRERO N., PEÑUELAS J.L., 2001 b. Cultivo de once especies mediterráneas en vivero: implicaciones prácticas. *Ecología* 15, 213-223.
- GANNOUN S., LONOAKIS S., GERASOPOULOS D., 1995 Aspects of *in vitro* culture of *Pistacia terebinthus* and *Pistacia vera*. *Acta Hort.* 419, 201-206.
- GARCÍA DEL BARRIO J.M., DE MIGUEL J., ALÍA R., IGLESIAS S., 2001. Regiones de identificación y utilización de material forestal de reproducción. Dirección General de Conservación de la Naturaleza. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- GARCÍA-FAYOS P. (coord.), 2001. Bases ecológicas para la recolección, almacenamiento y germinación de semillas de especies de uso forestal en la Comunidad Valenciana. Banc de Llavors Forestals, Conselleria de Medi Ambient, Generalitat Valenciana, Valencia. pp. 35.
- GRUNDWAG M., 1976. Embriology and fruit development in four species of *Pistacia* L. (*Anacardiaceae*). *Bot. J. Linn. Soc.* 73, 355-370.
- GUZMÁN ÁLVAREZ J.R., 2004. Diversificación en la práctica restauradora: ensayo comparativo del comportamiento de seis especies leñosas en una localidad del sur semiárido de la Península Ibérica. *Cuad. Soc. Esp. Cienc. For.* 17, 163-168.
- HERRERA C., 1998. Long-term dynamics of mediterranean frugivorous birds and fleshy fruits: a 12-year study. *Ecol. Monogr.* 68, 511-538.

- ISTA (International Seed Testing Association), 2011. International rules for seed testing. Edition 2011. ISTA, Bassersdorf, Switzerland.
- LANDIS T.D., TINUS R.W., MCDONALD S.E., BARNETT J.P., 1989. Seedling nutrition and irrigation. The container tree nursery manual. Vol 4. United States Department of Agriculture, Forest Service, Agriculture Handbook 674, Washington.
- LANDIS T.D., TINUS R.W., MCDONALD S.E., BARNETT J.P., 1990. Seedling nutrition and irrigation. The container tree nursery manual. Vol 2. United States Department of Agriculture, Forest Service, Agriculture Handbook 674, Washington.
- LÓPEZ GONZÁLEZ G.A., 2001. Los árboles y arbustos de la Península Ibérica e Islas Baleares. Tomo II. Ed. Mundi-Prensa, Madrid. pp. 1059-1060.
- LOURO V., PINTO G., 2011. Sementes, uma ponte entre o passado e o futuro da floresta. Ministério da Agricultura, Mar, Ambiente e Ordenamento do Território. CENASEF. pp. 31-38.
- MAC CÁRTHAIGH D., SPETHMANN W., 2000. Krüssmanns Gehölzvermehrung. Parey Buchverlag, Berlin.
- MESA S., 2005. Los cornetales (*Pistacia terebinthus*) de la Sierra de Mágina (Jaén). En: Los bosques ibéricos. Una interpretación geobotánica. (Blanco E., Casado M.A., Costa M., Escribano R., García-Antón M., Génova M., Gómez-Manzanaque A., Gómez-Manzanaque F., Moreno J.C., Morla C., Regato P., Sainz-Ollero H., eds.). Ed. Planeta, Barcelona. pp. 441-444.
- MESA S., DELGADO A.B., COSTA M., 2001. La cornicabra. La corneta. Exlibris Ediciones S.L., Madrid.
- MESA JIMÉNEZ S., COSTA TENORIO M., DELGADO HIERRO A.B., 1995. Ensayos de germinación de *Pistacia terebinthus* L. del sur de España (Sierra de Mágina, Jaén). En: Actas de la XI Reunión Bienal de la Real Sociedad Española de Historia Natural, Jaca. pp. 149-155.
- MONTSERRAT G., PEREZ RONTOME C., 2002. Fruit growth dynamics and their effects on the phenological pattern of native *Pistacia* populations in NE Spain. *Flora* 197, 161-174.
- NAVARRO CERRILLO R.M., GÁLVEZ C., 2001. Manual para la identificación y reproducción de semillas de especies vegetales autóctonas de Andalucía. Tomo II. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, Córdoba. pp. 261-263.
- NAVARRO-CERRILLO R.M., ARIZA D., GONZÁLEZ L., DEL CAMPO A., ARJONA M., CEACERO C., 2009. Legume living mulch for afforestation in agricultural land in Southern Spain. *Soil Till. Res.* 102, 38-44.
- NICOLÁS J.L., IGLESIAS S., ALÍA R., 2001. Fichas descriptivas de especies. En: Regiones de identificación y utilización de material forestal de reproducción (García del Barrio J.M. *et al.*, coords.). Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- OLIET J., NAVARRO CERRILLO R.M., CONTRERAS O., 2003. Evaluación de la aplicación de tubos y mejoradores en repoblaciones forestales. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, Córdoba.
- PIOTTO B., DI NOI A. (eds.), 2001. Propagazione per seme di alberi e arbusti della flora mediterranea. ANPA, Roma.
- RUIZ DE LA TORRE J., 2006. Flora Mayor. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Dirección General para la Biodiversidad, Madrid. pp. 1151-1154.
- SARDÁ P., AGUILAR A., VALLE G., VILLAR-SALVADOR P., PEÑUELAS J.L., 2005. Crecimiento radical de plantones de *Retama sphaerocarpa*, *Pistacia terebinthus* y *Olea europaea* durante el período húmedo del año. En: Actas del IV Congreso Forestal Español. [cd-rom]. (Sociedad Española de Ciencias Forestales, ed.). Zaragoza. Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- SHEIBANI A., VILLIERES T., 1995. Effect of explant type and culture medium on micropropagation of three *Pistacia* species. *Acta Hort.* 419, 229-232.
- TAKOS I.A., EFTHIMIOU G., 2003. Germination results on dormant seeds of fifteen tree species autumn sown in a Northern Greek nursery. *Silvae Genet.* 52(2), 67-71.

TOMÀS FERRÉ E., VARGAS F.J., VILANOVA A., ALETÀ N. 2009. Comportamiento en plantación de nueve genotipos del género *Pistacia* para su uso forestal en condiciones de sequía estricta. En: Actas del 5 Congreso Forestal Español. [cd-rom]. (Sociedad Española de Ciencias Forestales, Junta de Castilla y León, eds.). Ávila. Disponible en: <http://congresoforestal.es>

TRAVESET A., 1993 a. Deceptive fruits reduce seed predation by insects in *P. terebinthus* L. (*Anacardiaceae*). *Evol. Ecol.* 7, 357-361.

TRAVESET A., 1993 b. Weak interactions between avian and insect frugivores: the case of *Pistacia terebinthus* L (*Anacardiaceae*). *Vegetatio* 107-108, 191-203.

TUTIN T.G., 1968. *Pistacia* L. En: *Flora Europaea*. Vol. 2 (Tutin T.G. *et al.*, eds.). Cambridge University Press, Cambridge.

VILLAR R., RUIZ-ROBLEDO J., QUERO J.L., POORTER H., VALLADARES F., MARAÑÓN T., 2004. Tasas de crecimiento en especies leñosas: aspectos funcionales e implicaciones ecológicas. En: *Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante* (Valladares F., ed.). Ministerio de Medio Ambiente - EGRAF S. A., Madrid. pp 191-227.

WERNER O., SÁNCHEZ GÓMEZ P., GUERRA J., MARTÍNEZ J.F., 2001. Identification of *Pistacia x saportae* Burnat (*Anacardiaceae*) by RAPD analysis and morphological characters. *Sci. Hort.* 91, 179-186.

Platanus hispanica Mill. ex Münchh

Plátano, plátano de paseo, plátano de sombra; *cat.*: plàtan; *eusk.*: platano arrunta, alboa; *gall.*: pradeiro

Jesús PEMÁN GARCÍA, Jesús COSCULLUELA GIMÉNEZ, Alfonso LÓPEZ VIVIÉ

1. Descripción

Esta especie se considera originada por la hibridación de *Platanus orientalis* L. y *P. occidentalis* L. El primero procede del SE de Europa y SO de Asia, encontrándose en Macedonia, Tracia, Chipre, Asia Menor, Norte de Irán, Afganistán y la Cordillera del Himalaya. El segundo, en su variedad *occidentalis*, se extiende por la costa del NE de Canadá y USA, mientras que en su variedad *palmeri* se encuentra en el NE de México y Texas (Nixon y Poole, 2003). Se considera que *P. hispanica* se originó en los jardines de Aranjuez en el siglo XVII, en los que se plantó las especies parentales (Ruiz de la Torre, 2006).

1.1. Morfología

Platanus hispanica es un árbol corpulento que suele alcanzar los 35 m e, incluso, superar los 50 (Clopés, 2008). Su tronco es derecho, con corteza delgada y gris verdosa que se desprende en placas duras, dejando ver manchas irregulares amarillentas o blanquecinas. Las ramas son abiertas y extendidas que dan lugar a una copa oval de joven y redondeada y amplia de adulto. Las ramillas pueden ser grisáceas, verdes o parduzcas con verrugas blanquecinas. Las yemas tienen dos escamas cónicas, soldadas formando un capuchón. Las hojas, de 12-22 x 12-30 cm, se disponen de manera alterna, son caedizas, grandes, coriáceas, palmeado-lobuladas, con 3-5 lóbulos, pubescentes, de color verde vivo en el haz y más claras en el envés. Su sistema radical se compone de una raíz principal profunda y de raíces secundarias más superficiales, por lo que requiere suelos profundos para desarrollarse convenientemente. Su crecimiento es rápido y constante.

1.2. Biología reproductiva

Es una especie monoica, con flores unisexuales que se agrupan en capítulos esféricos, densos, sobre pedúnculos largos, terminales y colgantes, ubicados en el extremo de los brotes (Ruiz de la Torre, 2006; Bonner, 2008). Cada pedúnculo puede llevar de 1 a 3 cabezuelas. Según describe Ruiz de la Torre (2006), los capítulos masculinos son mucho menores que los femeninos, estando formados por flores y escamas cuneiformes y persistentes con un perigonio rudimentario y con 3-6 estambres. Según el mismo autor, las cabezuelas femeninas disponen de escamas análogas a las anteriores, con flores de periantio algo mayor y ovario unilocular, unilovulado, con estilo ganchudo y rojizo.

Florece en la segunda quincena de marzo y durante el mes de abril, madurando sus frutos en el verano. Se trata de una especie de elevada producción polínica y de dispersión



Figura 2. Aquenios de *Platanus hispanica*.

Figura 1. Infrutescencia de *Platanus hispanica*
(Foto: J.I. García Viñas).

anemófila. Aunque empieza a florecer a los 6 ó 7 años, la fructificación en masas naturales no se registra normalmente hasta los 25 años, teniendo lugar el óptimo de producción entre los 50 y los 200 años (Nesom, 2002; Bonner, 2008).

Las infrutescencias, en capítulos esféricos, pueden tener entre 25 y 40 mm de diámetro, ubicándose generalmente por pares en cada pedúnculo. Cada uno de los fruítulos es un aquenio coriáceo, de 8 a 9 mm de longitud, claviforme, rodeado en la base por pelos rígidos, pardos y muy ásperos que se esparcen al desintegrarse el capítulo esférico (Nesom, 2002; Ruiz de la Torre, 2006). Su color varía de un marrón-verdoso al marrón cuando madura.

La maduración de los frutos se produce en otoño y su diseminación tiene lugar durante el invierno. Las infrutescencias permanecen en el árbol todo el invierno y caen en la primavera siguiente. Fructifican anualmente y de forma abundante cada 1 ó 2 años (Nesom, 2002; Bonner, 2008). La diseminación es anemócora e hidrócora, ya que el fruto flota fácilmente en la superficie de los cursos de agua.

1.3. Distribución y ecología

Como consecuencia de su naturaleza híbrida, esta especie no tiene un área natural de distribución, aunque ha sido ampliamente difundida por Europa y Norteamérica como árbol ornamental en parques y calles de muchas ciudades. Su resistencia a la contaminación atmosférica ha contribuido a esa difusión. En España, origen del taxón, además de su uso en jardinería, cuenta con un interés forestal en las provincias de Barcelona y Girona, donde se planta desde finales del siglo XIX en terrenos aluviales de ríos y torrentes, como complemento del chopo (Clopés, 2008).

El plátano se ha distribuido desde el nivel del mar hasta los 1.000 m de altitud, llegando incluso a superar esta cota en algunas plantaciones de carácter ornamental. Prefiere los climas templados o templado-fríos, tolerando una continentalidad no muy extrema. Su temperamento es robusto. Aunque se distribuye sobre una gran variedad de suelos, prefiere los fértiles y profundos, que puedan suministrarle las necesidades hídricas que precisa para su desarrollo; por ello, su utilización se ha centrado en los suelos aluviales de los cursos de agua. Suele rehuir los suelos arcillosos, mal drenados, calizos secos o superficiales.

2. Materiales forestales de reproducción

2.1. Marco normativo. Identificación de los materiales de reproducción

Los materiales forestales de reproducción de *P. hispanica* no están regulados por la normativa de comercialización en España. Debido a que la forma habitual de propagar esta especie es mediante multiplicación vegetativa y que su uso ornamental y en restauraciones está muy extendido en ciertas regiones, parece oportuno realizar un esfuerzo para garantizar el origen y la diversidad genética de los materiales vegetales utilizados. No obstante, cabe también pensar que la diversidad genética existente puede ser muy baja, dado el origen artificial del taxón. El género *Platanus* está incluido en la normativa sobre pasaporte fitosanitario.

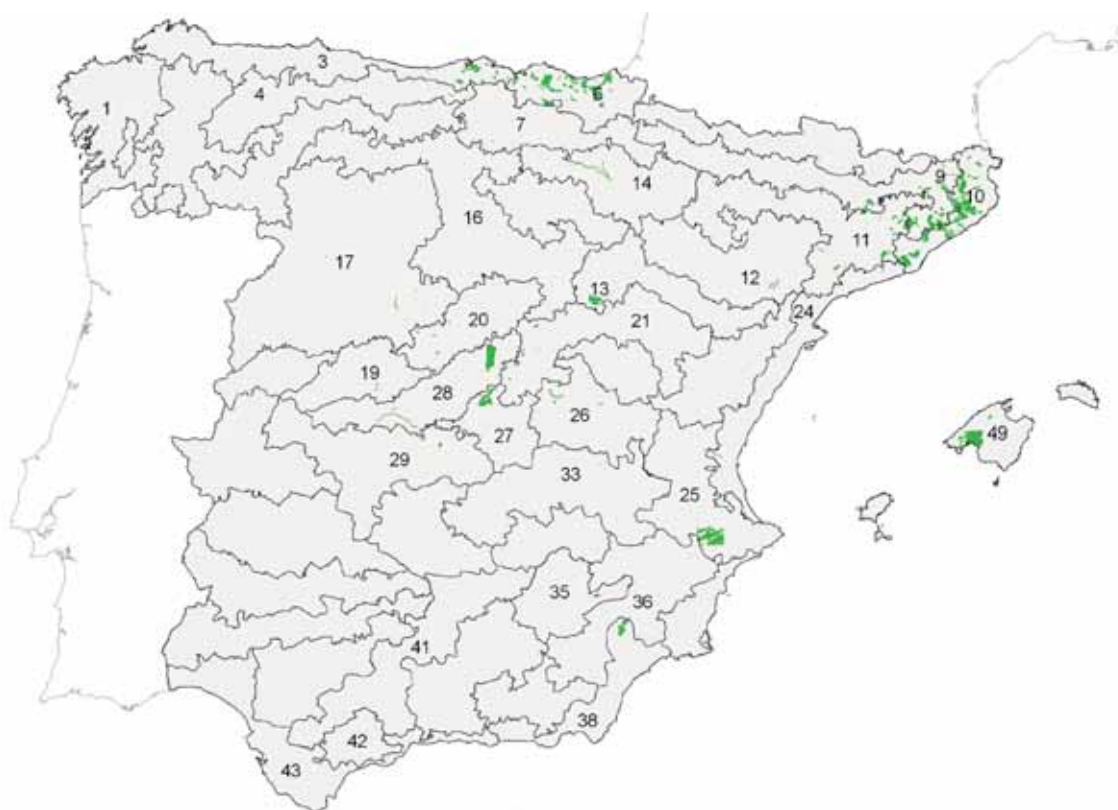


Figura 3. Distribución de *Platanus hispanica* y Regiones de Identificación de sus materiales de reproducción (Fuente: Mapa Forestal de España, 1:200.000).

2.2. Técnicas de manejo y propagación

2.2.1. Semillas

La recolección de los frutos se realiza de árboles en pie, bien utilizando plataformas o, bien, directamente desde el suelo mediante el empleo de vibradoras mecánicas. Aunque se puede realizar en cualquier momento una vez madurado el fruto, se suele esperar a la caída de las hojas para facilitar las operaciones. La época de recogida es a finales de otoño y en invierno, preferentemente durante los meses de enero o febrero.

Si los frutos se han recolectado temprano, la extracción de las semillas exige un desecado previo por su alto contenido en humedad. A tal fin, bastará extenderlos en capas finas en un local seco y bien ventilado. Una vez secas, las cabezuelas deben deshacerse mediante desgrane o trillado utilizando molinos de martillos o discos o, si se trata de pequeñas cantidades, frotándolas contra una malla de alambre que las desbaste. Una vez independizados los aquenios, se debe eliminar todos los pelos que pudieran haber quedado adheridos a los mismos con el objeto de facilitar su manejo y siembra. Para ello habrá que frotarlos con una malla muy fina y, posteriormente, retirar la pelusa mediante aventadoras o aspiradoras (Bonner, 2008). La manipulación de los frutos de los plátanos exige disponer de ciertas medidas de seguridad para los operarios, como mascarillas antipolvo, ya que los pelos adheridos a los aquenios pueden provocar dificultades respiratorias.

Sus semillas son ortodoxas y pueden conservarse con un contenido de humedad del 5-10%, en recipientes herméticos y a temperaturas entre 0 y 5 °C por un período de 5 a 10 años (Bonner, 2008) .

La mayor parte de las semillas de los plátanos no precisan tratamientos previos para germinar, aunque la estratificación en un medio húmedo entre 60 y 90 días a 5 °C suele acelerar la germinación las semillas de *P. racemosa* (Bonner, 2008). En el monte, no germinan bien a la sombra ni sobre una hojarasca densa ni con temperaturas fuera del rango de 15 a 30 °C (Nesom, 2002). Las tasas de germinación son altas si se refieren exclusivamente a las semillas llenas, dado que en estas especies existe un alto porcentaje de semillas vanas debido a las dificultades de una polinización cruzada y a la incompatibilidad de la autopolinización. La germinación de las semillas de esta especie es epigea. No se dispone de valores de referencia de lotes de semillas de *P. hispanica*, pero sí de sus especies parentales, cifras que se recogen en la Tabla 1.

Como procedimiento para evaluar la germinación de lotes comerciales del género *Platanus*, las reglas ISTA (2011) establecen unas condiciones de germinación que consisten en una alternancia térmica (20-30 °C) según un ciclo de 16-8 horas, con una duración del ensayo de, al menos, 21 días.

2.2.2. Vegetativa

Los plátanos pueden propagarse vegetativamente mediante estaquillas de tallo o de raíz o empleando técnicas de cultivo *in vitro* (Vlachov, 1988; Grolli *et al.*, 2004 y 2005). La estaquilla de tallo es el material usualmente empleado para la producción de planta ornamental y es una buena alternativa para el vivero forestal, debido al elevado porcentaje de semillas vanas que produce este género. El enraizamiento de las estaquillas varía según

Tabla 1. Datos característicos de lotes de semillas de *Platanus occidentalis* y *P. orientalis*.

Pureza (%)	Facultad germinativa (%)	Nº semillas kg ⁻¹	Referencia
<i>Platanus occidentalis</i>			
85	35	300.000	Catalán (1985)
	80 ⁽¹⁾	294.370-589.620 ⁽²⁾	Bonner (2008)
<i>Platanus orientalis</i>			
85	30-40	350.000	Catalán (1985)
	38	178.600-357.200 ⁽³⁾	Bonner (2008)

⁽¹⁾ Porcentaje referido a semillas viables.

⁽²⁾ Procedencia Louisiana.

⁽³⁾ Procedencia Dinamarca

el genotipo, la posición de la vareta en la planta donante, el tipo de estaquilla (basal, media, apical) y su diámetro, la época de su recolección y la humedad y temperatura del medio de enraizamiento (Vlachov, 1988; Grolli *et al.*, 2005).

La propagación con estaquillas apicales recolectadas en el momento posterior a la caída de la hoja ha dado muy buenos resultados, posiblemente por el mayor nivel de contenido en carbohidratos en esta época. Colocadas en alvéolos de 180 a 250 cm³ y puestas bajo doble túnel de plástico, siempre con una humedad relativa por encima del 60%, este tipo de estaquillas ha registrado una tasa de enraizamiento entre el 86% y el 94%. Grolli *et al.* (2005) recomiendan la utilización de estaquillas con tres yemas, de 20 a 30 cm de longitud y con diámetro entre 1 y 2 cm; la época de recolección más adecuada es en diciembre. Deben tratarse con ácido indolbutírico (AIB) a una concentración de 2 mg ml⁻¹ y aplicárseles un tratamiento de calor de fondo o basal durante 10 días, antes de ser plantadas en las eras del vivero.

El porcentaje de enraizamiento de las estaquillas de raíz es elevado cuando proceden de plantas jóvenes, alcanzando valores del 89-100% cuando la estaquilla se obtiene en invierno, disminuyendo notablemente si se recolecta en verano (Vlachov, 1988).

3. Producción de plantas

Debido a su potente sistema radical y al crecimiento del tallo tan vigoroso, las plantas se cultivan a raíz desnuda. El plátano americano se produce de 1 savia (1 + 0), mientras que el plátano de Levante suele producirse de dos savias (1+1 ó 2+0) (Bonner, 2008). La planta de una savia de *P. occidentalis* puede alcanzar los 3 m (Nesom, 2002).

La siembra se realiza en primavera enterrando las semillas de 3 a 6 mm, en líneas separadas de 15 a 20 cm, obteniéndose densidades de 55 a 110 plantas m⁻² (Young y Young, 1992; Bonner, 2008). El sustrato debe mantenerse húmedo durante la germinación; un ligero sombreo puede ser útil durante el primer mes. En algunos viveros suele repicarse las raíces



Figura 4. Planta de *Platanus hispanica* a raíz desnuda (Foto: A. López Vivié).

a mediados del verano para promover el desarrollo de un sistema radical secundario. Con objeto de reducir el tamaño de las plantas, es práctica habitual cortar parte del tallo a finales de julio o agosto.

Los plátanos pueden alcanzar alturas de 1-1,8 m al finalizar el primer período vegetativo, por lo que se ofrecen dos opciones:

- Arranque y trasplante, siempre con raíz, a la plantación definitiva.
- Corte de la parte aérea de las plantas para obtener estacas de 10-20 cm con raíz (barbados), y trasplante a caballones con una separación de aproximadamente un metro entre sí para su posterior arranque (con dos, tres y, a veces, hasta cuatro metros de altura).

En el caso de producir plantas mediante propagación vegetativa, la distribución de las estacas en los caballones depende del criterio del viverista y de la maquinaria utilizada en el cultivo, pero es normal que aquellos estén separados 1 a 1,5 m y las estacas o estaquillas 10 a 20 cm entre sí.

4. Uso en repoblaciones y restauraciones

Las repoblaciones forestales con esta especie en España, fuera de su generalizado uso ornamental en calles y jardines de muchas ciudades, se limitan a Cataluña, donde se extiende en una superficie de 5.500 ha. Algo menos de la mitad de esta área (2.612 ha)

corresponde a masas donde el plátano es la especie dominante, formando en el resto de los casos masas mixtas con especies de ribera, como alisos y chopos (Gracia, 2004). Estas plantaciones se concentran en las provincias de Barcelona y Girona, concretamente en las riberas de los ríos Ter, Tordera, Fluviá y Besós.

5. Planificación de la repoblación

La labor de desbroce previo a la repoblación con plátano suele ser intensa, mediante laboreo o el empleo de desbrozadoras, no siendo recomendable el uso del fuego o el desbroce químico (Twedt y Wilson, 2002). Debido al potente sistema radical que desarrollan los plátanos, es necesaria una buena preparación del terreno, con una labor profunda antes de la plantación. Las plantas, con raíz y sin podar, suelen colocarse en hoyos abiertos con retroexcavadora, a profundidades de 1 a 2,5 m, hasta alcanzar la capa freática. La mejor época para efectuar la plantación es a finales de invierno o principio de primavera. En el pasado era habitual efectuar la plantación en marco real de 5x5 m, pero en los últimos años, para obtener diámetros mayores, se utilizan espaciamientos de 6x6 m, 5x7 m o similares.

No se recomienda el empleo de tubos invernadero, ya que las experiencias realizadas con estas especies, o bien no muestran influencia alguna en el crecimiento en altura y la supervivencia (Torbert y Johnson, 1993; Burger *et al.*, 1997; Sharew y Hairston-Strang, 2005), o bien implican una reducción del diámetro en el cuello de la raíz, la biomasa aérea y radical y la longitud y el área del sistema radical (Burger *et al.*, 1997).



Figura 5. Monte bajo de *Platanus hispanica* en la provincia de Girona (Foto: J.L. Nicolás).

6. Bibliografía

- BONNER F.T., 2008. *Platanus* L. En: The woody plant seed manual. (Bonner F.T., Karrfalt R.P., eds.). United States Department of Agriculture, Forest Service, Agriculture Handbook 727, Washington. pp. 850-853.
- BURGER D., FOISTER G., GROSS R., 1997. Short and long-term effects of treeshelelers on the root and stem growth of ornamental trees. *J. Arboric.* 23 (2), 49-56.
- CATALÁN G., 1991. Semillas de árboles y arbustos forestales. Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid. pp. 297-299.
- CLOPÉS R., 2008. Selvicultura de *Platanus hispanica*. En: Compendio de Selvicultura aplicada en España (Serrada R., Montero G., Reque J.A., eds.). Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Agroalimentaria, Madrid. pp. 773-778.
- GRACIA C. (dir.), 2004. Inventari Ecològic i Forestal de Catalunya. Catalunya. CREAF, Barcelona.
- GROLI P.R., MORINI S., LORETI F., 2004. The micropropagation of *Platanus acerifolia* Willd. *Adv. Hort. Sci.* 18, 121-126.
- GROLI P.R., MORINI S., LORETI F., 2005. Propagation of *Platanus acerifolia* Willd. by cutting. *J. Hort. Sci. Biotechnol.* 80(6), 705-710.
- ISTA (International Seed Testing Association), 2011. International rules for seed testing. Edition 2011. ISTA, Bassersdorf, Switzerland.
- NESOM G., 2002. American sycamore (*Platanus occidentalis* L.). USDA, Natural Resources Conservation Service, Plant Materials Program Web sites. Disponible en: <http://Plant-Materials.nrcs.usda.gov>. [5 Jun, 2009].
- NIXON K.C., POOLE J.M., 2003. Revision of the Mexican and Guatemalan species of *Platanus* (*Platanaceae*). *Lundellia* 6, 103-137.
- RUIZ DE LA TORRE J., 2006. Flora Mayor. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Dirección General para la Biodiversidad, Madrid. pp. 556-559.
- RUIZ DE URRESTARAZU M. (dir), 1992. Análisis y diagnóstico de los sistemas forestales de la Comunidad Autónoma del País Vasco. Departamento de Agricultura y Pesca del Gobierno Vasco, Colección LUR nº 4, Vitoria.
- SHAREW H., HAIRSTON-STRANG A., 2005. A comparison of seedlings growth and light transmission among tree shelters. *NJAF* 22(2), 102-110.
- TORBERT J.L., JOHNSON J.E., 1993. Establishing American sycamore seedlings on land irrigated with paper mill sludge. *New For.* 7, 305-317.
- TWEDT D.J., WILSON R.R., 2002. Supplemental planting of early successional tree species during bottomland hardwood afforestation. En: Proceedings of the eleventh biennial southern silvicultural research conference. (Outcalt, Kenneth, eds.). Gen. Tech. Rep., SRS-48. pp. 358-364.
- VLACHOV D.D., 1988. Vegetative propagation of sp. *Platanus* L. trough rooting of cuttings. *Acta Hort.* 226, 375-378.
- YOUNG J.A., YOUNG C.G., 1992. Seeds of woody plants in North America. Discorides Press, Portland, Oregon, USA. pp. 268-269.

Populus spp.

Clones para producción de madera

Jesús RUEDA FERNÁNDEZ

1. Descripción

1.1. Morfología

Los clones de chopos incluidos en el Catálogo Nacional de Materiales de Base son los que, en el momento actual, presentan un mayor interés para su cultivo, o que en el pasado han gozado de una preponderancia especial. Estos clones pertenecen a las siguientes especies o híbridos (Tabla 1):

- *Populus nigra* (chopos negros europeos). Árboles de tronco a menudo torcido y bastante corto. Corteza blanca o amarillenta al principio, pero que evoluciona rápidamente para hacerse negruzca, muy rugosa, con fisuras longitudinales y excrecencias negras con brotes epicórmicos. Copa muy densa, con ramas fuertes y muy ramificadas a su vez, con gran número de braquiblastos; los macroblastos son finos y cilíndricos. Hojas pequeñas y coriáceas; las de los braquiblastos son romboidales; las de los macroblastos más o menos deltoides. El margen de las hojas no presenta indumento. Cápsulas globosas y densas, con dos valvas (Amaral Franco, 1993; Soriano, 1993).
- *Populus deltoides* (chopos negros americanos). Árboles de tronco muy recto. Corteza que se hace rápidamente rugosa y presenta grandes costillas en forma de herradura o de M en el punto de inserción de las ramas. Copa amplia, pero poco densa debido a la decurtación, con clara dominancia apical. Ramificación verticilada, con los verticilos bien marcados. Ramas gruesas y ligeramente horizontales, simétricas y poco ramificadas. Las ramas del año son muy acostilladas. Los brotes jóvenes son rojizos y frágiles. Las yemas no son alargadas. Hojas grandes, triangulares (en forma de delta, de donde les viene el nombre) o aovado-cordiformes, con margen densamente ciliado y dos glándulas bien desarrolladas en la base del limbo (Amaral Franco, 1993; Soriano, 1993); suelen tener los nervios rojos o rosas; en pleno verano son mucho más grandes en la cima del árbol que en la base. No suelen presentar formación de brotes epicórmicos.
- *Populus x euramericana* (chopos euramericanos). Son híbridos de *Populus deltoides* (parental femenino) y *Populus nigra* (parental masculino). Presentan caracteres intermedios entre estas dos especies, aproximándose, a veces, más a una de ellas. Nunca forman excrecencias en el tronco.
- *Populus trichocarpa* (chopos balsámiferos). Árboles de tronco recto y cilíndrico. Ramas finas y numerosas. Ramillos de sección redondeada. Con frecuencia

forman brotes epicórmicos, incluso en los árboles viejos. Copa casi siempre alargada, con buena dominancia apical. Generalmente las hojas tienen forma más alargada que las de *P. nigra* y *P. deltoides*; son más gruesas y a menudo blanquecinas por el envés. Las yemas, largas y agudas, son pegajosas y odoríferas (bálsamo). No hay ningún clon de esta especie en el catálogo nacional; se añade aquí algunos de sus rasgos característicos por ser parental de varios clones sí incluidos, pertenecientes al híbrido *Populus x interamericana*.

- *Populus x interamericana* (chopos interamericanos). Son híbridos de *Populus deltoides* y *Populus trichocarpa*, es decir, interseccionales, pudiendo actuar las dos especies, bien como parental femenino, bien como parental masculino.
- *Populus deltoides x Populus alba*. El grupo no tiene ningún interés como tal. Se incluye en él un solo clon, sin apenas representación en España, pero que figura en el Catálogo Nacional. Por otra parte, hoy día parece constatarse que este clon pertenece al grupo de los euramericanos y que un error de manejo de los materiales en Italia le dio la filiación que todavía oficialmente posee (Bisoffi, com. pers.).

Tabla 1. Clones de *Populus* spp. incluidos en el Catálogo Nacional de Materiales de Base (marzo de 2013).

Especie o híbrido	Clon
<i>P. nigra</i> L.	Anadolu (Tr-56/75) Bordils Lombardo Leonés
<i>P. deltoides</i> Marsh.	Lux Viriato
<i>P. x euramericana</i> (Dode) Guinier	Agathe F B-1M Branagesi Campeador Canadá Blanco Dorskamp E-298 Flevo Guardi I-214 I-454/40 Luisa Avanzo MC Triplo 2000 Verde
<i>P. x interamericana</i> Brokehuizen	Beaupré Boelare Raspalje Unal USA 49-177
<i>P. deltoides</i> Marsh. x <i>P. alba</i> L.	I-114/69

En trabajos de caracterización y comparación de clones, utilizando marcadores moleculares, se ha constatado la identidad entre Agathe F y E-298. Por otra parte, el clon Campeador no se ha encontrado en los viveros españoles, pues todos los materiales analizados que se manejaban con esta denominación han resultado ser idénticos a I-214 (de Lucas *et al.*, 2008).

1.2. Biología reproductiva

Todas las especies e híbridos a los que se hace referencia en este texto, responden a las características reproductivas generales del género; esto es, los clones incluidos en el Catálogo Nacional presentan o flores masculinas o femeninas, y florecen y fructifican en primavera. Como ya se ha comentado anteriormente, por tratarse de individuos seleccionados cuyo genotipo interesa mantener, no tiene mayor relevancia ahondar en su biología reproductiva. Sin embargo, cabe mencionar que se ha detectado retrocruzamiento de clones euramericanos con *P. nigra* (Vanden Broeck *et al.*, 2004; Pospíšková y Šálková, 2006). También es posible la introgresión de genes de *P. trichocarpa* en *P. nigra* (Lefèvre *et al.*, 2002). Por ello, es conveniente valorar el posible impacto negativo que pudiera tener el establecimiento de plantaciones de chopos cultivados en las proximidades de poblaciones naturales de *P. nigra* con recursos genéticos interesantes para su conservación *in situ*.

1.3. Distribución y ecología

El área natural de dispersión del género *Populus* se extiende por todas las regiones frías y templadas del hemisferio norte. Sin embargo, los chopos han sido ampliamente introducidos y propagados por el hemisferio sur (América del Sur, sur de África y Nueva Zelanda). Las especies con clones incluidos en el Catálogo Nacional o sus parentales presentan la siguiente distribución general:

- *Populus nigra*: en el sur, centro y este de Europa, llegando hasta Siberia; en el Cáucaso, en Turquía e Irán, llegando por el centro de Asia hasta el NO de China; en los países del Magreb.
- *Populus deltoides*: en el centro y este de Canadá y Estados Unidos y en el norte de México.
- *Populus trichocarpa*: en el oeste de Canadá y de Estados Unidos (incluida Alaska) y en la zona norte de la Baja California en México.

En relación con los chopos cultivados para producción de madera, los principales países por superficie de choperas son: China (4,3 millones de ha), Francia (236.000 ha), Turquía (125.000 ha), Italia (118.500 ha), Alemania (100.000 ha) y España (98.000 ha) (Comisión Internacional del Álamo, 2008). En España, los chopos se encuentran en todas las provincias de la Península y en algunas regiones son cultivados en amplias superficies (Fig. 1, Tabla 2).

Los chopos son especies de luz, de temperamento muy robusto, colonizadores de terrenos desnudos en las riberas de los ríos; por eso deben plantarse a densidades bajas. En general, soportan mal la competencia y no se desarrollan adecuadamente bajo cubierta. Son muy exigentes en agua, en sustancias minerales y en oxígeno. Resultan



Figura 1. Distribución de *Populus x euramericana* (Fuente: Mapa Forestal de España, 1:200.000).

Tabla 2. Superficie de choperas por Comunidades Autónomas (Comisión Nacional del Chopo de España, 2008).

Comunidad Autónoma	Superficie (ha)
Castilla y León	45.400
Castilla-La Mancha	10.540
Cataluña	9.840
Aragón	9.750
Andalucía	9.740
La Rioja	5.080
Extremadura	4.990
Navarra	1.530
Otras	1.130
Total	98.000

indiferentes a la cuantía y distribución de las precipitaciones y a la humedad relativa del aire, siempre que dispongan de agua en el suelo. Parecen vegetar mejor en zonas de continentalidad acusada, porque en estas condiciones son menos atacados por los hongos patógenos. Son relativamente exigentes en volumen de tierra fina. En general, los clones deltoides y euramericanos requieren un pH del suelo próximo a la neutralidad; los clones interamericanos toleran valores más bajos del pH. No les convienen los suelos pesados. Prefieren la textura franco-arenosa. Rechazan los suelos salinos. En cuanto a los macronutrientes, un suelo considerado fértil para el cultivo de chopos debe tener, como mínimo (en forma asimilable), 50 ppm de N, 30 ppm de P y 100 ppm de K. Los micronutrientes más importantes son el Cu, el Fe y el B.

Prefieren aguas dulces y oxigenadas. Las necesidades de agua pueden ser satisfechas fácilmente cuando existe una capa freática próxima a la superficie. Dependiendo de la textura, el agua puede ascender por capilaridad, aumentando así el volumen de suelo que puede proporcionarla. Las aguas procedentes de las precipitaciones directas pueden ser también aprovechadas por las raíces, una vez que se infiltran en el suelo. El requerimiento de agua es del orden de 800 mm anuales durante el período vegetativo; si las precipitaciones son inferiores y el chopo no está vinculado de forma permanente a una capa freática de buena calidad, deberá completarse la dotación mediante riegos.

Los chopos toman, a través de las raíces, el oxígeno que se encuentra en los poros del suelo y también pueden aprovechar el oxígeno disuelto en el agua. Por ello, la profundidad útil del suelo condiciona la asimilación de oxígeno por los chopos. Cuando la profundidad del suelo es suficiente y su textura es tal que permite la presencia de aire en los poros que deja y, además, la capa freática es circulante y oxigenada, entonces los chopos pueden disponer de todo el oxígeno que necesitan; en caso contrario, se produce asfixia.

Algunas peculiaridades de los grupos de clones incluidos en el Catálogo Nacional son:

- *Populus nigra*: Son chopos muy rústicos, que soportan bien cierta escasez de agua en el suelo, pero que tienen bajos crecimientos en relación con los que presentan los clones incluidos en otros grupos.
- *Populus deltoides*: Son particularmente exigentes en cuanto a su alimentación en agua y sustancias minerales, por lo que su empleo se debe restringir a los suelos aluviales más fértiles.
- *Populus x euramericana*: Son chopos adaptados a los suelos aluviales, con capa freática al alcance de sus sistemas radicales y con pH próximo a la neutralidad. No toleran un alto contenido en arcilla.
- *Populus x interamericana*: Presentan un rápido desarrollo radical, salvo en suelos demasiado arcillosos. De jóvenes no toleran fluctuaciones importantes de la capa freática (encharcamiento en primavera e interrupción estival de la alimentación en agua). Son sensibles al viento por tener hojas de gran tamaño. No aceptan un pH demasiado elevado. Se trata de chopos adaptados a medios variados, tanto aluviales como sin capa freática.

En el caso de los chopos de producción, las recomendaciones de uso están supeditadas al tipo de estación, por lo que las regiones de identificación y utilización establecidas para

especies zonales no son de utilidad. En la Tabla 3 se incluye los tipos de estaciones en los que es posible el cultivo de chopos, señalando los clones idóneos para cada una de ellas. La clasificación de estaciones adoptada es una adaptación de la establecida por Souliers (1992) para Francia.

2. Materiales forestales de reproducción

2.1. Marco normativo. Identificación de los materiales de reproducción

El Catálogo Nacional de Materiales de Base para la producción de los materiales forestales de reproducción del género *Populus* fue publicado por primera vez en 1992, incluyendo 14 clones, considerados como los más interesantes para la populicultura española en ese momento. En 2003 se publicó una ampliación del mismo, con otros 14 clones. En 2006 se incluyó un nuevo clon, por haber sido aprobado en la Comunidad Autónoma de Extremadura. Por último, en 2011 se publicó una modificación que excluyó dos clones por identidad con un tercero, y uno más por discrepancia con el material original. Todos los clones incluidos actualmente en el Catálogo Nacional pertenecen a la categoría de materiales controlados, con excepción del clon E-298, que figura como material cualificado, aún cuando ha resultado ser idéntico a Agathe F, que aparece como controlado.

Los materiales para reproducción vegetativa del género *Populus* requieren pasaporte fitosanitario para su comercialización y tránsito.

2.2. Técnicas de manejo y propagación

2.2.1. Vegetativa

Los chopos se propagan fácilmente por estaquillas. Esta técnica es la utilizada en la producción de plantas de los clones cultivados, con un estricto control del genotipo. Se puede estaquillar materiales recolectados en cualquier momento del año; sin embargo, si se emplea estaquillas leñosas del año, recolectadas durante el período de reposo vegetativo, se obtienen los mejores resultados. Las estaquillas de los clones cultivados no suelen presentar dificultades para emitir raíces, por lo que no es necesario aplicar hormonas de enraizamiento.

Las estaquillas deben tener una longitud mínima de 20 cm, lo que asegura la presencia de 3 ó 4 yemas útiles. Para ello, se selecciona una yema, que actuará de yema apical, y se efectúa un corte transversal por encima de ella, a unos 5-10 mm; posteriormente se da el corte inferior, en bisel, a la longitud predeterminada (García Caballero *et al.*, 2008). Las estaquillas pueden conservarse en cámara frigorífica a 4 °C, en ambiente de alta humedad relativa o dentro de bolsas de plástico. Antes de su plantación, es conveniente sumergirlas durante 24-48 horas en agua, a la que puede añadirse plaguicidas y fungicidas preventivos.

Se puede utilizar la propagación *in vitro* de clones de chopos (Noël *et al.*, 2002), pero su práctica no es habitual, debido a los altos costes que conlleva esta técnica, teniendo en cuenta la facilidad para obtener material abundante y relativamente económico mediante

Tabla 3. Estaciones ecológicas para el cultivo de chopos.

Estaciones	Textura	Capa freática	pH	Fertilidad química	Clones
Aluviales secas	Arenosa	1,5-2,5 m	Alrededor de 7	Baja	-
	Arenoso-limosa o arenoso-arcillosa	1,5-2,5 m	Alrededor de 7	Media-baja	Agathe F, Anadolu, B-1M, Boelare, Canadá Blanco, I-114/69, I-214, Lombardo Leonés, Raspalje, Unal
	Puede ser arcillosa en superficie, pero en profundidad es arenosa, arenoso-limosa o arenoso-arcillosa	1-2 m	Alrededor de 7	Media	Beaupré, Branagesi, Guardi, I-214, I-454/40, MC, Triplo, USA 49-177
Aluviales fértiles	Limosa o limoso-arcillosa	1-3 m	Ligeramente ácido	Elevada	Beaupré, I-214, I-454/40, Luisa Avanzo, MC, Raspalje, Unal, USA 49-177
			Ligeramente básico	Muy elevada	Branagesi, Dorskamp, Flevo, Guardi, I-214, Luisa Avanzo, Lux, MC, 2000 Verde
Aluviales húmedas	Arcillosa	<1 m en el estiaje	Alrededor de 7	Elevada	-
	No arcillosa	<0,5 m en el estiaje	Alrededor de 7	Media o elevada	-
		0,5-1 m en el estiaje	Alrededor de 7	Media o elevada	Branagesi, Dorskamp, Guardi, Luisa Avanzo, Triplo
Aluviales ácidas	Variable	<1 m en el estiaje	<6	Media o baja	Beaupré, Unal, USA 49-177
		1-1,5 m en el estiaje	<6	Media o baja	Beaupré, Boelare, Raspalje, Unal, USA 49-177
No aluviales	Variable	No existe	Variable	Baja	Boelare, Raspalje, Unal
				Elevada	Beaupré, Raspalje, Unal, USA 49-177

el establecimiento de campos de cepas madre. También existe la posibilidad de obtener plantas a través de micropropagación en cualquiera de las especies parentales (Kapusta y Skibinska, 1985; Stephens *et al.*, 1993; Naujoks y Von Wühlisch, 2004; Kang *et al.*, 2009).

3. Producción de plantas

Debido a que los chopos suelen rebrotar de cepa con facilidad, para la producción masiva de estaquillas se establecen campos de cepas madre (Fig. 2). El cultivo de un campo de cepas madre es similar al que se realiza en un vivero para la producción de plantas de chopos con destino a la plantación para producción de madera, que incluye la preparación del terreno, la plantación de las estaquillas, la aplicación de los tratamientos culturales necesarios, el aprovechamiento y la eliminación de los restos. Entre los tratamientos culturales debe tenerse en cuenta los gradeos del suelo, las escardas manuales y mecanizadas, la fertilización, los riegos y los tratamientos de plagas y enfermedades.

Las cepas se disponen en líneas paralelas, formando calles de anchura suficiente para permitir el paso de la maquinaria y los aperos, orientadas de manera que proporcione la máxima insolación. La densidad habitual del cultivo de las cepas oscila entre 25.000 y 50.000 pies ha⁻¹. La duración aconsejada de las cepas en el campo es de 2 a 5 años, teniendo en cuenta los costes de la nueva instalación y la dificultad del destocoñado de las cepas viejas.



Figura 2. Campo de cepas madre del clon I-214 en el Vivero de Villafer, León (Foto: A. Prada).

Para cumplir con la producción planificada, hay que considerar las marras que se producen después de la plantación de las estaquillas, que en condiciones normales alcanzan del 1% al 3%. De cada estaquilla plantada, al final del primer año se tiene una varetas que da lugar a 3 nuevas estaquillas de las dimensiones y lignificación adecuadas (Fig. 3); al final del segundo año se obtienen 2-3 varetas por cepa, al final del tercer año, 3-4 varetas por cepa, y este número de varetas se mantiene en el cuarto y en el quinto año. Las varetas se cortan casi a ras del suelo o a cierta altura, con objeto de facilitar el trabajo de la maquinaria empleada y permitir el rebrote de las cepas ya formadas (García Caballero *et al.*, 2008).

En la producción de plantas en vivero, éstas se obtienen cortándolas a ras del suelo después de haberlas podado totalmente, dejando sólo el tallo principal. En ocasiones, es conveniente realizar la plantación definitiva con chopos que mantienen parte de su sistema radical, con objeto de facilitar su anclaje, extrayendo las plantas con el pase de una cuchilla por debajo de la superficie del terreno. Se obtienen plantas de 1 ó 2 savias, dependiendo de las dimensiones que deban alcanzar para los sitios de plantación previstos (Fig. 4).



Figura 3. Estaquillas de MC (longitud: 20 cm) (Foto: A. Prada).



Figura 4. Plantas de una y dos savias del clon Rascalje (jalón de referencia de 2 m) (Foto: A. Prada).

Tabla 4. Requisitos de calidad externa requeridos por la Directiva 1999/105/CE para estaquillas y varetas de *Populus* spp.

Tipo de material	Estaquillas	Varetas
Número máximo de períodos vegetativos	2	3
Número mínimo de yemas bien conformadas	2	5
Sin necrosis o ataques de organismos nocivos	•	•
Sin signos de desecación, asfixia, enmohecimiento o podredumbre	•	•
Sin heridas excepto las causadas por poda		•
Sin ramificaciones		•
Sin curvatura o curvatura moderada		•

Tabla 5. Dimensiones requeridas por la Directiva 1999/105/CE para estaquillas y varetas de *Populus* spp.

Tipo de material	Región	Clase	Longitud mínima (m)	Díámetro mínimo superior (estaquillas) / en la mitad de la longitud (varetas) (mm)
Estaquillas		CE1	0,20	8
		CE2	0,20	10
Varetas	Regiones no mediterráneas	N1	1,50	6
		N2	3,00	15
	Regiones mediterráneas	S1	3,00	25
		S2	4,00	30

4. Uso en repoblaciones y restauraciones

En España, la selección y sistematización del cultivo tuvo su inicio en Gerona, a finales del siglo XIX, con la instalación de plantaciones regulares, empleando genotipos de *P. nigra* y cruces de ejemplares autóctonos con la variedad *italica* (Padró, 1992). A partir de 1920, se introdujeron desde Francia e Italia los híbridos euramericanos, cuyo uso se fue extendiendo a otras regiones. En la actualidad, la populicultura tiene relevancia en la cuenca del Duero, en el valle medio del Ebro, en Gerona y Lérida y en Granada.

Los clones de chopos han sido plantados en casi todas las regiones españolas, inicialmente para diversos fines y, en la actualidad, fundamentalmente para la producción de madera con destino al desarrollo. El clon más empleado es I-214, seguido de MC y, en menor medida, Beaupré, Unal, Raspalje, Triplo, Guardi y Canadá Blanco.

En los últimos años ha resurgido el interés por el cultivo de chopos a turno corto para la producción de biomasa leñosa con fines energéticos, motivado por la necesidad de aumentar la producción de energías renovables en España. Con el fin de profundizar en

el conocimiento de este tipo de cultivos, se han instalado ensayos que incluyen clones del Catálogo Nacional (I-214, MC, Guardi, 2000 Verde, Unal, USA 49-177) y otros inscritos provisionalmente en Italia para la producción de biomasa (AF2, Monviso, Pegaso) (Sixto *et al.*, 2007). Los resultados sobre la obtención de biomasa total por clones difieren de unas a otras localizaciones, debido al efecto del sitio (Sixto *et al.*, 2009). Las densidades de cultivo utilizadas suelen oscilar entre 25.000 y 50.000 pies ha⁻¹. Parece que los turnos de corta más aconsejables se fijan entre 2 y 4 años, con un solo aprovechamiento final, o bien con una corta después del primer año y, dejando brotar las cepas, otra al final.



Figura 5. Plantación experimental del clon I-214 para producción de biomasa (Foto: A. Prada).

5. Planificación de la repoblación

El proceso de establecimiento de una chopera con fines productivos se puede dividir en un conjunto de operaciones previas y la plantación propiamente dicha. Las operaciones previas incluyen el destocoado, la nivelación y el señalamiento de la parcela de plantación.

El destocoado es necesario para impedir el rebrote de las partes vivas de los chopos aprovechados que han quedado en el suelo y, también, para evitar que los tocones dificulten las posteriores labores culturales. Se puede efectuar con una máquina retroexcavadora, transportando los tocones fuera de la parcela de plantación. Cuando hay problemas en el transporte, se suele utilizar otro sistema que consiste en el volteo de los tocones en el

mismo sitio en que se encuentran y su enterramiento, quedando en posición invertida. Se han ensayado otros procedimientos empleando medios químicos y biológicos (Padró y Orensanz, 1987) y también se utiliza el astillado *in situ* con una barrena helicoidal.

La finalidad de la nivelación del terreno es facilitar el desplazamiento de otras máquinas en los cuidados culturales posteriores. Debe ser muy precisa si se van a efectuar riegos. Se realiza con un tractor pesado provisto de una pala empujadora frontal en posición *tilt*dozer (con inclinación vertical) o una pala cargadora, o con un tractor con una lámina.

El señalamiento consiste en marcar sobre el terreno los puntos donde posteriormente se abrirán los hoyos. Para ello se utilizan estacas, jalones o manchas de cal, o bien quedan determinados por los cruces de las pasadas de un tractor agrícola con un apero que señale líneas sobre el terreno.

En el establecimiento de una chopera, se puede utilizar la plantación profunda o la plantación superficial (Padró y Orensanz, 1987). Se llama plantación profunda a la introducción de plantas en el terreno a una profundidad tal que sus raíces, o la base de los plantones, alcancen el nivel de la capa freática en el período de máximo estiaje. Si dicha profundidad no se alcanza, la plantación recibe el nombre de superficial (Rueda *et al.*, 1997). En la plantación profunda, la capa freática no debe encontrarse a menos de 50 cm de la superficie del terreno ni a más de 3 metros (Boysen y Strobl, 1991). En la plantación profunda es más frecuente la utilización de una retroexcavadora, mientras que la barrena helicoidal se usa más comúnmente en el método superficial.

Salvo que las plantas vayan a utilizarse todas en el mismo día, lo que no es habitual, se debe proceder a su encamado al recibirlas en el sitio de plantación. Para ello, se excavan zanjas repartidas por la parcela o próximas a ella, de manera que se facilite su distribución posterior. El tiempo que puede permanecer la planta encamada depende del clon de que se trate; para los clones euramericanos e interamericanos de mayor utilización, este tiempo no debe ser superior a una semana.

La plantación debe hacerse siempre fuera del período vegetativo, pues, en caso contrario, las plantas superan difícilmente el arranque, transporte y asiento en el nuevo lugar. Se recomienda, si es posible, no plantar en período de heladas, ya que, cuando éstas se producen, es difícil apisonar bien la tierra en el hoyo de plantación. Es preferible plantar en otoño o a finales del invierno. En general, en otoño se da más tiempo para la formación de los nuevos sistemas radicales. Se debe elegir la época de finales del invierno únicamente cuando el terreno presenta una capa freática más alta en otoño y aparecen, por ello, riesgos de pudrición.

Generalmente los chopos se plantan en los vértices de un cuadrado (marco regular). Pero, cuando se pretende compatibilizar los primeros años de la chopera con un cultivo intercalar, se suele utilizar un marco rectangular. Cuanto mayor es el espaciamiento, mayor es el espacio aéreo y de suelo de que dispone cada árbol y, entonces, más elevado será el desarrollo que se puede esperar de cada uno de ellos. Si se busca madera de grandes dimensiones, habrá que tender a espaciamientos amplios. En condiciones medias de fertilidad del terreno, se admite que cada pie debe disponer de unos 50 metros cúbicos de suelo útil. Según esto, el espaciamiento se puede hacer depender de la

profundidad de la capa freática cuando todo el suelo que se encuentra por encima de ella es capaz de proporcionar agua, oxígeno y sustancias minerales. La Tabla 6 proporciona el espaciamiento adecuado en función de la profundidad de la capa freática. Si no es útil todo el suelo por encima de la capa freática, habrá que aumentar el espaciamiento proporcionalmente. También es conveniente tener en consideración el clon que se utiliza, pues los interamericanos soportan más la competencia entre sí que los euramericanos y los deltoides.

Tabla 6. Marco de plantación en función de la profundidad de la capa freática.

Profundidad (m)	Volumen de suelo útil (m ³ ha ⁻¹)	Nº pies ha ⁻¹	Espaciamiento (m)
1,0	10.000	200	7x7
1,4	14.000	280	6x6
1,7	17.000	340	5x6
2,0	20.000	400	5x5

En las plantaciones de chopos, los cuidados culturales comprenden principalmente los laboreos del suelo, las podas, la fertilización y, en su caso, los riegos. El manejo de las choperas se completa con los tratamientos preventivos y curativos de las posibles plagas y enfermedades. No se recomienda el uso generalizado de herbicidas, para evitar la contaminación del suelo y las aguas.

Los laboreos del suelo en las choperas conducen a un incremento de las reservas del agua útil para los chopos, aumentando su crecimiento; un efecto añadido es la disminución del riesgo de incendios. La incidencia de los laboreos sobre el crecimiento va disminuyendo con el tiempo, llegando a dejar de ser rentables a partir de un cierto momento, que depende fundamentalmente del tipo de suelo; se admite que hay que labrar el suelo todos los años, al menos hasta el quinto, debiendo abandonarse antes esta práctica en los suelos más húmedos y fértiles que en los más secos y pobres (Rueda *et al.*, 1997). El número de laboreos que hay que dar cada año varía de 1 a 3; por regla general, en los terrenos más arenosos basta con una labor anual, que en nuestras latitudes se debe realizar entre mediados de mayo y mediados de junio; en terrenos menos arenosos es indispensable, al menos, dos laboreos en el año, el primero en marzo o abril y el segundo en el mes de junio. El laboreo debe ser siempre superficial, alcanzando entre 5 y 10 cm de profundidad (gradeo). Si se dan dos laboreos en el año, conviene realizar el segundo en dirección perpendicular a la que se marcó en el primero (laboreo cruzado), para aumentar la eficacia de su acción. Un laboreo adecuado resulta un buen método de control de la vegetación competidora, sin necesidad de emplear herbicidas químicos (Grau Corbí *et al.*, 1996).

En el caso de los chopos, las podas tienen como finalidad la obtención de madera con las características que demanda la industria, lo que implica conseguir un fuste recto, limpio de nudos y del mayor volumen posible (Rueda, 1997). Hay dos tipos de podas: las de formación y las de conformación del fuste o podas propiamente dichas. Los dos

tipos de podas deben ser planificados en conjunto, de manera que se mantenga siempre un equilibrio entre la mejora de la calidad de la madera que se pretende conseguir y la cantidad de copa que el árbol necesita para mantener un nivel adecuado de sus procesos vegetativos.

La poda de formación tiene como objetivo el desarrollo de la guía principal, eliminando las horquillas terminales y las ramas que pueden competir con ella. La mejor época para realizarla es a finales del invierno o principios de la primavera, antes de la foliación del árbol, con objeto de poder elegir adecuadamente las ramas que hay que cortar. En clones con escasa dominancia apical (B-1M, Branagesi, Canadá Blanco, I-214, I-454/40, Triplo) es indispensable efectuar la poda de formación al menos los dos años siguientes al de la plantación; en clones con una dominancia apical más marcada (Anadolu, Beaupré, Boelare, Bordils, Dorskamp, Lux, Raspalje, Unal, USA 49-177), bastará actuar sólo cuando la guía terminal se haya perdido por rotura debida al viento o a otras causas.

La poda de conformación pretende obtener un fuste limpio de nudos, mediante la eliminación de las ramas laterales del árbol; al mismo tiempo, contribuye a la formación de un tronco recto y cilíndrico. La mejor época de poda de conformación es en verano, de mediados de junio a finales de julio, cuando la cicatrización de las heridas es más rápida; si se hace a finales del invierno, se puede simultanear con la poda de formación. En clones con tendencia a formar ramas gruesas (B-1M, Branagesi, Canadá Blanco, Guardi, I-114/69, I-214, Luisa Avanzo en buena estación, Triplo) la poda debe ser más continuada, efectuándose antes de que las ramas adquieran dimensiones que dificulten el proceso de cicatrización; cuando se trata de clones con ramas finas (Boelare, Raspalje, Unal), las podas pueden espaciarse más.

La fertilización en superficie, cuando se realiza en los primeros años de la plantación, debe aplicarse en corona alrededor de la base de los árboles, pues los sistemas radicales todavía no han ocupado todo el espacio de suelo disponible; una vez que lo han hecho, es mejor distribuir el abono por toda la superficie de la chopera. La fertilización sólo es conveniente en terrenos de escasa fertilidad y con mediana capacidad de retención de agua. Cuando existe una vegetación herbácea en la chopera, el efecto de la fertilización sobre los árboles disminuye; por eso conviene compaginar los abonados y los gradeos del suelo. En general, el nitrógeno en forma amoniacal y el fósforo son los dos elementos esenciales para los chopos euramericanos; el potasio, por el contrario, puede tener un efecto depresivo. Por su parte, los chopos interamericanos reaccionan favorablemente al potasio, siendo aconsejable para ellos un abono complejo N-P-K.

Las choperas plantadas a raíz superficial precisan, casi siempre, una dotación adicional de agua mediante riegos. Los caudales de agua que hay que aportar oscilan entre 2.500 y 4.500 m³ ha⁻¹ al año, dependiendo de la edad de la chopera y de las características del terreno, siempre que se distribuyan de manera apropiada; si no se distribuyen bien, se puede llegar a necesitar hasta 8.000 m³ ha⁻¹ al año. Es preferible dar riegos espaciados, cada semana o cada quince días y con un caudal abundante, en vez de otros más frecuentes y con menos cantidad de agua, porque en el primer caso se favorece un sistema radical más desarrollado y profundo.



Figura 6. Plantación del clon I-214 de 4 años en la Vega del Esla, León (Foto: A. Prada).

Son numerosas las plagas y las enfermedades que pueden afectar al crecimiento, al adecuado estado vegetativo e, incluso, a la supervivencia de los chopos cultivados. Entre los insectos perjudiciales, se puede citar: *Paranthrene tabaniformis*, *Sesia apiformis*, *Leucoma salicis*, *Operophtera brumata*, *Phloeomyzus passerinii* y *Lepidosaphes ulmi*. En cuanto a los hongos patógenos, son de tener en consideración: *Venturia populina*, *Melampsora allii-populina*, *Melampsora larici-populina*, *Marssonina brunnea* y *Dothichiza populea*. También se puede citar el virus del mosaico y la bacteria *Xanthomonas populi*.

Aunque existen tratamientos curativos que deben aplicarse en cuanto se detecten los primeros síntomas de una plaga o enfermedad, lo más eficaz es la prevención de los posibles daños mediante la práctica de unos adecuados cuidados culturales y la utilización de clones resistentes en las zonas que presenten una especial incidencia de alguno de los patógenos.

6. Bibliografía

AMARAL FRANCO J., 1993. *Populus* L. En: Flora Europaea. Vol 1. 2nd edn. (Tutin T.G. *et al.*, eds.). Cambridge University Press, Cambridge.

BOYSEN B., STROBL S. (eds.), 1991. A grower's guide to hybrid poplar. Ministry of Natural Resources, Ontario.

- COMISIÓN INTERNACIONAL DEL ÁLAMO, 2008. Los álamos, los sauces y el bienestar de las poblaciones. Síntesis de los Informes Nacionales de Progreso. En: 23ª Reunión de la Comisión Internacional del Álamo, 27-30 de octubre de 2008, Beijing.
- COMISIÓN NACIONAL DEL CHOPO DE ESPAÑA, 2008. Actividades relativas al cultivo del Álamo y del Sauce. Período de Sesiones 2004-2007. Inédito.
- DE LUCAS A.I., SANTANA J.C., RECIO P., HIDALGO E., 2008. SSR-based tool for identification and certification of commercial *Populus* clones in Spain. *Ann. For. Sci.* 65, 107.
- GARCÍA CABALLERO J.L., MARTÍNEZ SIERRA F., RUEDA J., 2008. Campos de cepas madre. En: Manual de propagación de árboles y arbustos de ribera. Una ayuda para la restauración de riberas en la región mediterránea (Prada M.A., Arizpe D., eds.). Generalitat Valenciana, Valencia. pp. 165-168.
- GRAU CORBÍ J.M., GONZÁLEZ ANTOÑANZAS F., MONTOTO QUINTEIRO J.L., 1996. Populicultura intensiva. Secretaría General Técnica, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid.
- KANG B., OSBURN L., KOPSELL D., TUSKAN G.A., CHENG Z.M., 2009. Micropropagation of *Populus trichocarpa* ‘Nisqually-1’’: the genotype deriving the *Populus* reference genome. *Plant Cell Tiss. Organ Cult.* 99, 251-257.
- KAPUSTA J., SKIBINSKA A., 1985. Induction of morphogenesis and regeneration in the callus of *Populus alba* L. and *P. nigra* L. *J. Tree Sci.* 4, 34-38.
- LEFÈVRE F., BORDÁCS S., COTTRELL J., GEBHARDT K., SMUDLERS M.J.M., VANDEN BROECK A., VORNAM B., VAN DAM B.C., 2002. Recommendations for riparian ecosystem management based on the general frame defined in EUFORGEN and results from EUROPOP. En: Genetic diversity in river populations of European Black Poplar (van Dam B., Bordács S., eds.). Csiszár Nyomda, Budapest.
- NAUJOKS G., VON WÜHLISCH G., 2004. Micropropagation of *Populus nigra* L.: a potential contribution to gene conservation and tree improvement. En: *Populus nigra* Network, Report of seventh (25-27 October 2001, Osiej, Croatia) and eighth meetings (22-24 May 2003, Treppeln, Germany) (Koskela J., de Vries S.M.G., Kajba D., Von Wühlisch G., comp). IPGRI, Rome.
- NOËL N., LEPLÉ J.C., PILATE G., 2002. Optimization of *in vitro* micropropagation and regeneration for *Populus x interamericana* and *Populus x euramericana* hybrids (*P. deltoides*, *P. trichocarpa*, and *P. nigra*). *Plant Cell Rep.* 20, 1150-1155.
- PADRÓ A., 1992. Clones de chopo para el valle medio del Ebro. Diputación General de Aragón, Servicio de Investigación Agraria, Zaragoza.
- PADRÓ A., ORENSANZ J., 1987. El chopo y su cultivo. Secretaría General Técnica, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid.
- POSPÍŠKOVÁ M., ŠÁLKOVÁ I., 2006. Population structure and parentage analysis of black poplar along the Moravia River. *Can. J. For. Res.* 36, 1067-1076.
- RUEDA J., 1997. Poda de choperas. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Castilla y León, Valladolid.
- RUEDA J., CUEVAS Y., GARCÍA-JIMÉNEZ C., 1997. Cultivo de chopos en Castilla y León. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, Junta de Castilla y León.
- SIXTO H., HERNÁNDEZ M.J., BARRIO M., CARRASCO J., CAÑELLAS I., 2007. Plantaciones del género *Populus* para la producción de biomasa con fines energéticos: revisión. *Invest. Agr.: Sist. Recur. For.* 16(3), 277-294.
- SIXTO H., RUEDA J., GARCÍA-CABALLERO J.L., MONTOTO J.L., 2009. Evaluación de genotipos para la producción de biomasa con fines energéticos en Castilla y León. En: Actas del 5 Congreso Forestal Español. [cd-rom]. (Sociedad Española de Ciencias Forestales, Junta de Castilla y León, eds.). Ávila. Disponible en: <http://congresoforestal.es>

SORIANO C., 1993. *Populus* L. Flora Ibérica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares. Vol III. *Plumbaginaceae* (partim)-*Capparaceae*. (Castroviejo S., Aedo C., Cirujano S., Lainz M., Montserrat P., Morales R., Muñoz Garmendia F., Navarro C., Paiva J., Soriano C., eds.). Real Jardín Botánico, Madrid. pp. 471-477.

SOULIERES G., 1992. Les milieux de la populiculture. Institut pour le Développement Forestier, Paris.

STEPHENS C.J., DINUS R.J., JOHNSON S., OZTRUK S.J., 1993. Shoot induction from internodes of elite *Populus deltoides* clones. Southern Forest Tree Improvement Conference, June 14-17, Atlanta, Georgia. pp. 106-113.

VANDEN BROECK A., STORME V., COTTRELL J.E., BOERJAN W., VAN BOCKSTAELE E., QUATAERT P., VAN SLICKEN J., 2004. Gene flow between cultivated poplars and native black poplar (*Populus nigra* L.): a case study along the river Meuse on the Dutch-Belgian border. *For. Ecol. Manage.* 197, 307-310.

Populus alba L.

Álamo, álamo blanco, álamo alvar, álamo blanquillo, chopo, chopo blanco, peralejo, pobo; *cat.*: álber, alba, alba vera, albar, àlbercotoner, albi, auba, aubi, clopblanc, mosquiter, pollblanc, pòpulblanc, xopblanc; *eusk.*: zurzuria, ezkia, izaia, osta-zuria, zumarra, zumartxuria, zumarzuria; *gall.*: chopo branco, lamagueiro

Nuria ALBA MONFORT, Carmen MAESTRO TEJADA

1. Descripción

1.1. Morfología

El álamo blanco es una especie muy polimorfa, lo que ha llevado a la identificación de diferentes variedades y subespecies. Esta especie puede llegar a los 35 m de altura y a los 100 (80-150) años de vida. En condiciones óptimas, a los 45-50 años puede alcanzar los 30 m de altura y continuar creciendo hasta los 60-80 años (Llensa de Gelcen, 1943; Vicioso, 1951). Su tronco es cilíndrico y con pocas ramas; con los años se ahueca y se inicia la decrepitud. Tiene una corteza blanco-agrisada o verdosa, que es lisa cuando el árbol es joven; más tarde aparecen unas formas romboidales que se alargan longitudinalmente y que, al agrietarse y resquebrajarse, dan a la corteza un aspecto fisurado. Esta apariencia es más patente en la parte inferior del tronco y en los árboles de más edad. La forma de la copa es variable, con un aspecto ancho e irregular, la forma de las ramas y del ángulo de inserción es más o menos abierta. Los brotes, con un tomento blanquecino, son cilíndricos y delgados (López-Lillo y Sánchez de Lorenzo, 2001). Las yemas son ovoides y un poco apuntadas, revestidas por cinco a seis escamas; inicialmente con un tomento blanquecino, llegan a ser rojizas y lampiñas, pero sin viscosidad.

En el inicio de su desarrollo, las hojas tienen tomento en las dos caras, para tomar posteriormente un aspecto coriáceo y de color verde oscuro que las hace brillantes en el haz; por el envés son verde-grisáceas y pueden mantener el tomento más o menos denso. La forma de las hojas varía según el tipo de tallo: las de los turiones (o macroblastos) y las de los braquiblastos. Las de los turiones son muy polimorfas, se describen como palmeado-lobuladas o aovado-oblongas, con los lóbulos de profundidad variable, truncadas o acorazonadas en la base, con un limbo de 6-12 cm. Es característico el pecíolo cilíndrico aunque se aplana en la base del limbo; es largo, hasta 17 cm, en estas hojas turionales. Las hojas de los braquiblastos son aovado-orbiculares, elípticas o aovado-trianguulares truncadas en la base e irregularmente sinuado-lobuladas, de margen entero o sinuado-dentado con dientes agudos u obtusos muy numerosos; con tomento blanco en el envés o recubiertas, cuando se inicia la brotación, por un tomento grisáceo característico que desaparece al final de la primavera, quedando lampiñas las dos caras. El limbo tiene una longitud de 4-9 cm y una anchura de 3-7 cm; el pecíolo es casi cilíndrico y de 2-3 cm (Ceballos y Ruiz de la Torre 1979; Ruiz de la Torre, 2006).

La variación presente a nivel morfológico puede reflejar adaptación a condiciones ambientales (Abbruzzese *et al.*, 2009); así la presencia de hojas pequeñas, pequeños estomas y alta densidad estomática, se identifican como caracteres xeromórficos. Es evidente la adaptación de los estomas como respuesta a los diferentes ambientes, pero no se han relacionado con caracteres de crecimiento (Alba *et al.*, 2007).

La raíz es pivotante inicialmente, después pivotante y superficial. Forma un entramado superficial que ejerce una tarea de protección del suelo frente a las avenidas y de filtrado de los aportes de agroquímicos. Este entramado de raíces es un verdadero elemento de reproducción por vía vegetativa, que facilita la propagación de la especie a través de los renuevos de raíz.

1.2. Biología de la reproducción

Los chopos, como se denomina de manera genérica a las especies del género *Populus*, han sido descritos de forma general como especies dioicas y con polinización y dispersión de semillas por el viento. Dentro del género existen excepciones a la dioecia, como *P. lasiocarpa*, que es monoica. También a nivel intraespecífico se han descrito individuos con flores o amentos bisexuales, a los que no se les ha atribuido ninguna ventaja reproductora ni adaptativa sobre los otros morfos sexuales. En las poblaciones naturales de álamo blanco hay predominio de plantas masculinas, aunque la proporción entre pies femeninos y masculinos es variable según poblaciones. En algunos rodales de esta especie también se presentan individuos hermafroditas y con diferente nivel de hermafroditismo y en distinta proporción (Alba *et al.*, 2008).

Las flores se disponen en amentos que elongan en la primavera, antes de la brotación vegetativa. Los amentos masculinos, de 3-7 (15) cm de longitud, tienen inicialmente un aspecto lanudo. Las escamas son oblongas o elíptico-cuneiformes, irregularmente festoneado-dentadas o casi enteras en la parte superior, vellosas pestañosas en los bordes. La flor masculina del amento tiene, por lo común, ocho estambres, con un rango que va de 3 a 10; las anteras son de un color púrpura que torna al amarillo con la madurez. Los amentos femeninos, más largos que los masculinos, pueden llegar hasta los 14 cm, son delgados y con las escamas aovado-lanceoladas, festoneadas y casi enteras, poco pelosas. La flor femenina, con un breve pedicelo, tiene un estilo corto y dos estigmas bipartidos en forma de horquilla y de color verde-amarillento.

Lo habitual en el álamo blanco es que a los seis años ya sea fértil, pero limitado a unos pocos amentos y a la facultad germinativa de sus semillas; el óptimo se ha estimado a los 10-12 años. En individuos propagados vegetativamente la edad de la primera floración puede ser muy temprana; se han observado flores en algunos clones a los dos años de la instalación de la estaquilla en vivero.

Como en el resto de *Populus*, las yemas reproductivas son simples y la iniciación floral tiene lugar en las yemas axilares en los brotes del año anterior. Los ápices reproductivos se determinan a mediados de junio y el desarrollo de las yemas florales continúa durante septiembre, de modo que las anteras y los óvulos están desarrollados antes de la parada vegetativa (OCDE, 2001); en invierno estas yemas florales se presentan como un pequeño ápice con una escama. Aunque varía entre zonas, la época de floración de los amentos

masculinos se inicia a finales del mes de enero y mediados de febrero, solapándose con la apertura de las flores femeninas para asegurar que el polen pueda fecundar las primeras flores receptivas, pudiendo durar hasta abril. La polinización es anemófila y puede extenderse durante dos o tres semanas. El polen germina en las primeras horas después de la polinización, que se completa en dos semanas.

Los amentos pueden llegar a tener algunas decenas de cápsulas de forma oblonga-cónica y lampiñas, que a su vez contienen de 10 a 30 semillas. Éstas, de consistencia blanda, oblongo-piriformes y de color blanco, son pequeñas y ligeras (Tabla 1), están envueltas en un algodón sedoso que les permite ser transportadas por el viento a considerable distancia, lo que facilita el proceso de diseminación natural y de colonización. La producción de semilla es anual, aunque pueden alternarse cosechas abundantes cada 3 ó 5 años (Screiner, 1974). El proceso de desarrollo de las semillas es rápido, entre marzo y junio, y está determinado por la suma de las temperaturas diarias, siendo bastante uniforme dentro de las zonas ecotípicas (OCDE, 2001). En el marco de los trabajos de hibridación controlada se ha observado que el tiempo de maduración de las semillas es de 40-60 días desde el momento de la polinización. La diseminación tiene lugar un mes después de la polinización y antes del total desarrollo de las hojas; generalmente se produce antes en las zonas de menor latitud y altitud.

Poco tiempo después de la diseminación, normalmente a las 24 horas, se produce la germinación, que es epigea. En estudios sobre germinación y longevidad de semillas de *P. alba* se han obtenido porcentajes de germinación del 92% inmediatamente después de la recolección y del 82% a las dos semanas; a los 30 días esta tasa se reduce al 50%, llegando algunas semillas, conservadas en bolsas de papel y a temperatura ambiente, a germinar después de 70 días (González *et al.*, 2010). Estos valores son más altos que los estimados por otros autores para *P. nigra* (50% de germinación a los 15 y 23 días) (Van Splunder *et al.*, 1995; Karrenberg y Suter, 2003), pero menores que en el caso de *P. deltoides* (50% de germinación a los 85 días) (Fenner *et al.*, 1984).

Estudios recientes sobre las estrategias de reproducción natural de la especie confirman su carácter de especie riparia. Así, la presencia de suelo mineral humedecido y abierto favorece la propagación generativa. La regeneración natural a partir de semillas se produce en el período de posible establecimiento, que se define por el período de dispersión de las semillas y su longevidad, en el que se han de dar las condiciones de humedad en el suelo que haga efectivo el reclutamiento. En ocasiones la concurrencia de estas exigentes condiciones no se produce en décadas, y puede darse la circunstancia de que se satisfacen en episodios raros o quizás únicamente en el momento de la colonización como especie pionera (Brundu *et al.*, 2008). Estas conclusiones toman consistencia si se tiene en cuenta que en ciertas regiones semiáridas de Estados Unidos se ha observado que desde la última glaciación, hace diez mil años, no se ha producido el establecimiento de plántulas de semillas (Einspahr y Winton, 1976).

Para llegar a tener un reclutamiento eficaz, a las circunstancias necesarias para la germinación, hay que añadir que las plántulas puedan sobrevivir, ya que la mayoría mueren durante el primer año de vida como consecuencia de la erosión y sedimentación de las siguientes inundaciones, de desbordamientos prolongados, de insuficiente luz o de



Figura 1. Amentos de *Populus alba* con cápsulas en proceso de maduración (Foto: A. Prada).



Figura 2. Semillas de *Populus alba*.

sequía. Además, la supervivencia de las plantitas a más largo plazo continuará estando condicionada por las inundaciones, la competencia interespecífica, la tolerancia a la sombra, las fluctuaciones climáticas y la herbivoría, entre otros factores.

Actualmente los cambios en los picos de inundación y la reducción de los sedimentos, como consecuencia de las alteraciones en los regímenes hídricos, inciden de manera acusada sobre la regeneración y amenazan la permanencia de sotos y riberas. La falta de reproducción por semillas en *P. alba* se considera que es un efecto ligado a la reducción de la frecuencia de las grandes inundaciones y a las modificaciones en las perturbaciones de la dinámica fluvial (González *et al.*, 2010).

En España, es más fácil y frecuente observar la presencia de plantitas procedentes de reproducción vegetativa que un regenerado a partir de semillas, prácticamente inexistente en los rodales naturales estudiados. La reproducción natural vegetativa se puede producir a partir de brotes de cepa o de raíz, o por brotación directa de árboles caídos por las grandes avenidas. Este tipo de reproducción va conformando una alta estructuración clonal en las poblaciones, como lo han constatado estudios a nivel local y regional. En el caso de poblaciones con un fuerte impacto humano, los clones pueden llegar a estar presentes a lo largo de varios kilómetros de ribera (Macaya *et al.*, 2008; Santos de Blanco, 2009).

El álamo blanco presenta híbridos naturales con *P. tremula* (*P. x canescens*). Aunque la sincronía floral favorece que el parental masculino sea *P. tremula* (Lexer *et al.*, 2005), el cruzamiento es viable en los dos sentidos, pudiendo actuar ambas especies como parental masculino o como femenino. Algunos de estos híbridos naturales han tenido su interés local en algunas zonas de España (Padró y García, 1992; Sierra *et al.*, 2008) y pueden considerarse cultivares tradicionales. *P. x canescens* es fértil y, por tanto, puede dar lugar a diferentes generaciones de híbridos que presentan una gran variación morfológica dependiendo del nivel de cruzamiento, circunstancia que introduce más variación y dificulta la taxonomía de las especies parentales. Los resultados de estudios sobre híbridos han identificado marcadores específicos (Fossati *et al.*, 2004; Lexer *et al.*, 2005; Santos del Blanco, 2009) que resultan de gran ayuda para resolver parte de estos problemas de identificación taxonómica.

1.3. Distribución y ecología

Se localiza desde el centro y sur de Europa al oeste de Siberia y Asia central, llegando hasta el Himalaya, también está presente en el norte de África. Se encuentra en toda la Península Ibérica, pero no se considera natural en la Cornisa Cantábrica, en la Galicia más húmeda y en Baleares. Su cultivo desde antiguo hace difícil deslindar su área como planta espontánea (Soriano, 1993). La elaboración del mapa de distribución de la especie (Fig. 3) (Alía *et al.*, 2009) ha recogido la información de los mapas forestales, inventarios forestales y otros mapas locales y bases de datos. La metodología y escala de la cartografía de referencia puede hacer que se deje ocasionalmente al margen riberas y sotos con presencia de *P. alba*.

La amplia área de distribución de esta especie va asociada a una gran variación morfológica y genética. El marcado polimorfismo de la especie ha llevado a la identificación de diferentes variedades y subespecies que, añadido a la gran variación funcional, ha sido interpretado por algunos autores (Fussi y Heinze, resultados no publicados, en Hidalgo *et al.*, 2010) como el reflejo de procesos de diferenciación adaptativa o de especiación ecológica que se están produciendo.

Su estación son los lugares frescos y húmedos de los valles, con preferencia por los terrenos ricos y depósitos fértiles. Evita los suelos silíceos y calcáreos secos, pero tolera los arcillosos o incluso los arcillosos calcáreos. Su presencia ligada a los cursos de agua permite que pueda desarrollarse en climas relativamente secos, con precipitaciones de hasta 350 mm e, incluso, 220 mm (Ruiz de la Torre, 2006) y períodos de sequía de hasta 5 meses (Alía *et al.*, 2009). Tolerancia bien las altas temperaturas (18 °C de temperatura media anual y máximas de 50 °C), soportando períodos de heladas de dos meses y temperaturas mínimas de -15 °C. En España puede alcanzar los 1.100 m (Ruiz de la Torre, 2006; Alía *et al.*, 2009). Como especie pionera, no es tolerante a la sombra. Está bien adaptada a condiciones de estrés, en particular sequía y salinidad, y también a algunos contaminantes del suelo.

El álamo blanco forma sotos o bosquetes, presentándose también como árboles aislados. Se asocia con especies de temperamento similar como *Alnus glutinosa*, *Celtis australis*, *Fraxinus angustifolia*, *P. nigra*, *Salix alba*, *Tamarix africana*, *T. gallica* y *Ulmus minor*.

Su período de crecimiento se inicia en mayo y se detiene en octubre; de forma general el proceso de brotación comienza durante los meses de marzo, abril y mayo, pudiendo haber una diferencia de un mes entre unas plantas y otras, siendo más precoces las procedencias de zonas más meridionales que las de mayores latitudes.

2. Materiales forestales de reproducción

2.1. Marco normativo. Identificación de los materiales de reproducción

El género *Populus* está incluido en la normativa europea y estatal relativa a la comercialización de los materiales forestales de reproducción, cuya aplicación está condicionada a su empleo con fines selvícolas. Sus regiones de procedencia han sido establecidas por el método divisivo (Fig. 3), siendo una de las especies con mayor número



Figura 3. Distribución de *Populus alba* y Regiones de Procedencia de sus materiales de reproducción (Alía *et al.*, 2009).

de ellas; sus características se definen en la Tabla 1 (García del Barrio *et al.*, 2001; Alía *et al.*, 2009).

En la utilización de los materiales de reproducción de esta especie, los criterios y recomendaciones se dirigen a la promoción de la diversidad genética de las nuevas poblaciones para asegurar su adaptabilidad. Se recomienda el uso de mezclas de clones no relacionados genéticamente, obtenidos a través de la propagación vegetativa de árboles individuales y testados para caracteres de adaptación (Maestro y Alba, 2008). Para la elaboración de las mezclas de clones se establecen, de forma general, los siguientes principios (Lefèvre y Heinze, 2001):

- Utilizar un número elevado de clones no relacionados y un número elevado de plantas por clon.
- Recoger la suficiente variación para caracteres adaptativos (fenología, aptitud a la propagación y supervivencia).
- Establecer mezclas para cada cuenca fluvial. En esta especie, la variación genética observada entre cuencas (Alba, 2001; Macaya *et al.*, 2008; Santos del Blanco, 2009) debe ser considerada en las recomendaciones de uso de sus materiales forestales de reproducción.

Tabla 1. Descripción de las áreas con presencia de *Populus alba* por región de procedencia (RP: número de la región de procedencia; Pres: presencia de la especie en cada una de las regiones, estimada como el cociente del área de la especie en dicha región respecto del área total de la especie; A: número de meses de déficit hídrico (precipitación media mensual <2 temperatura media mensual); Osc: media anual de la oscilación térmica diaria; Hs: número de meses con helada segura (media mínimas <0 °C); Med: valor medio; Max: valor máximo; Min: valor mínimo; MaxMC: valor máximo del mes más cálido; MinMF: valor mínimo del mes más frío); Tipo de suelo: porcentaje del tipo de suelo según la cartografía Soil Map of the European Communities dentro de cada región de procedencia. La clasificación de suelos utilizada en dicha cartografía es la de FAO de 1974. Las abreviaturas se han actualizado a la clasificación FAO de 1989. Los tipos de suelos inexistentes en la nueva clasificación se han mantenido con los nombres antiguos, asignándoseles nuevas abreviaturas (Rankers: RK, Xerosoles: XE). Sólo se incluyen aquellos suelos que superan el 10% en el conjunto del territorio estudiado).

RP	Pres		Altitud (m)			Precipitación (mm)		A		Temperatura (°C)			Osc	Hs	Tipo de suelo (FAO)
	(%)	(%)	Med	Max	Min	Anual	Estival	(meses)	Med	MaxMC	MinMF	(°C)	(meses)		(%)
1	0	126	245	7	1607	153	0,3	13,7	25,8	4,1	10,9	0	0	CMu(50) RK(50)	
2	0,1	335	559	96	931	99	2,1	13,4	29,3	2,3	14,7	0	0	CMu(89) RK(11)	
3	0,4	99	512	4	1413	216	0	14	24,1	5,2	10,6	0	0	FLe(58) CMu(18) LVx(18)	
4	0,2	351	521	242	1015	140	1,4	13,3	27	1,9	13,1	0	0	CMu(93)	
5	0,3	923	1277	748	855	111	1,4	9,9	26,2	-2,0	15,6	3,2	3,2	CMu(32) CMc(28) CMg(12)	
6	0,2	256	600	18	1457	230	0	12,9	25	3,2	12,4	0	0	CMc(63) CMu(25) LVx(12)	
7	3,3	625	1080	284	782	127	1,1	11,3	26,6	0,5	15	0,3	0,3	CMc(78) CMu(11)	
8	0,2	1120	1572	597	1146	259	0	9	25,2	-3,6	16,3	4,5	4,5	CMc(45) CMu(35) FLe(20)	
9	1	575	1038	355	792	162	0,8	12,1	28,9	-0,6	17,5	1,4	1,4	CMc(59) VRx(19) CMg(18)	
10	0,8	127	591	2	690	135	1,4	15,1	29,5	2,7	16,2	0	0	CMc(59) FLe(24)	
11	5,5	418	992	20	504	106	2,3	13,8	31,6	0,4	19,2	0,4	0,4	CMc(62) CMg(16) XEy(14)	
12	9,4	219	596	36	354	75	4,4	15	33,1	1,6	19,3	0	0	FLe(37) XEy(22) XEc(15) CMc(13) CMg(13)	
13	3,6	713	1133	312	410	94	2,9	12,9	30,7	0,1	17,8	0,8	0,8	CMc(45) CMg(25) CMc(10) FLe(10)	
14	7,3	420	981	231	471	96	2,9	13,5	30	1,5	17,3	0	0	CMc(54) CMg(26) FLe(17)	
15	0,2	823	1219	609	524	115	2	11,7	28,6	-0,1	17	1	1	CMc(41) CMg(27) CMu(27)	

RP	Pres (%)	Altitud (m)			Precipitación (mm)		A (meses)	Temperatura (°C)			Osc (°C)	Hs (meses)	Tipo de suelo (FAO)
		Med	Max	Min	Annual	Estival		Med	MaxMC	MinMF			
16	3,1	870	1427	674	504	87	2,7	11,3	29,6	-1,2	17,6	2,4	CMc(48) FLe(33) CMg(15)
17	10,6	754	1076	610	433	66	3,2	11,8	30,3	-0,8	17,9	1,9	FLe(33) CMc(25) CMg(18) LVv(12) ARb(10)
19	0,2	1199	1576	281	725	81	2,3	10,7	29,3	-1,8	17,7	3,4	CMd(50) CMu(21) FLe(14)
20	0,6	836	1434	643	557	71	3,1	12,7	31,2	-0,1	18,3	0,8	FLe(30) CMc(19) CMu(19) CMc(17)
21	2,7	808	1304	530	487	85	2,8	12,6	31,8	-0,7	18,3	1,6	CMc(78) FLe(17)
22	0,2	1005	1468	795	715	97	2,2	11,5	31,5	-2,2	18,7	3,5	CMc(94)
23	0,7	750	1484	205	488	104	2	13,2	29,6	0,7	17,4	0,8	CMc(94)
24	1,1	90	394	4	499	80	2,9	16,3	31	4	16,9	0	CMc(68) FLe(17) CMg(15)
25	0,7	535	1242	15	427	69	3,7	15,1	32,9	2,1	18	0	CMc(93)
26	2,4	904	1254	712	564	81	2,7	12,6	32,1	-0,8	19	1,9	CMc(94)
27	2,8	532	786	430	405	48	4,3	14,5	34,3	0,5	19,9	0,1	FLe(70) CMc(20)
28	4,8	510	830	296	451	50	4,1	14,7	34,2	0,8	19,7	0,1	FLe(54) LVv(18) CMc(14)
29	1	557	778	319	446	49	4,3	15	34,7	1,1	20,1	0	CMc(40) FLe(19) CMd(11) LVx(11)
30	0	355	356	354	550	38	4,1	16,2	35,1	3,3	18,7	0	CMd(100)
31	0,6	373	653	183	474	36	4,6	16,5	34,8	3,3	18,5	0	CMc(46) FLe(24) LPe(16)
32	1,2	649	1009	551	525	47	3,9	14,7	34,5	0,9	20	0	LVx(48) CMc(30) PLd(12)
33	2,8	628	909	357	394	60	3,9	14,3	33,4	0,8	19,2	0,2	CMc(70) CMg(23)
34	0,6	847	1216	716	510	49	3,8	14	33,8	0,3	20	0,2	CMc(34) CMc(27) FLe(27) LVk(12)
35	1,5	727	1264	281	540	55	3,9	15,1	33,4	1,9	18,4	0,2	CMc(93)
36	2,6	624	1567	144	316	41	5,5	15,4	32,9	2,1	17,6	0,1	CMc(72)

RP	Pres (%)	Altitud (m)			Precipitación (mm)		A (meses)	Temperatura (°C)			Osc (°C)	Hs (meses)	Tipo de suelo (FAO)
		Med	Max	Min	Annual	Estival		Med	MaxMC	MinMF			
37	0	75	113	16	314	25	7,3	17,9	31,2	6,7	14,7	0	XEc(75) CMc(25)
38	0,4	564	965	207	372	15	6	16,8	32	5	15,7	0	CMc(44) CMe(29) XEc(21)
39	0,9	1200	1980	248	473	36	4,3	13,1	30,1	0,5	16,8	1,1	CMc(51) CMe(40)
40	5,7	584	1468	94	502	31	4,6	15,9	34,5	2,2	18,4	0	CMc(82) FLe(15)
41	7	303	995	29	576	27	4,5	17,3	35,4	3,9	18,2	0	CMc(58) FLe(18) LVk(10)
42	0,9	502	1193	67	824	29	4	15,9	32,5	3,9	16,4	0	CMc(83)
43	2,4	66	683	5	723	20	4,6	18,1	32,7	6,9	14,6	0	VRx(28) FLe(21) CMc(17) ARJ(11) CMfg(10)
44	6,4	74	318	2	578	27	4,6	17,9	36,2	4,4	17,4	0	FLe(38) PLd(20) LVk(17)
45	2,6	163	638	30	619	27	4,3	17,4	36	3,8	18,1	0	CMe(39) LVk(27) FLe(14) PLd(11)
46	1,1	561	736	219	593	37	4,1	16	34,9	2,6	18,7	0	CMe(55) LVx(25) PLd(11)
49	0	80	84	76	628	50	3	16,3	28,3	6,5	-	0	CMc(100)
50	0	35	35	35	606	46	4	16,6	28,2	7,2	-	0	CMc(100)

Actualmente hay catalogadas 228 fuentes semilleras, casi en su totalidad localizadas en regiones de procedencia de la cuenca del Duero, destacando, por su número, las 193 fuentes semilleras correspondientes a la región Tierras del Pan y del Vino.

La norma sobre comercialización de los materiales forestales de reproducción es especialmente exigente en el caso de clones y mezcla de clones, que sólo puede hacerse bajo la categoría de material cualificado o controlado. Estas categorías fueron establecidas en su momento para material clonal procedente de programas de mejora genética con fines productivos (madera, biomasa, etc.). Ante la ausencia de material clonal de estas dos categorías cuya finalidad sea su uso en restauraciones y para evitar el empleo masivo de los clones productivos en las mismas, el Comité Nacional de Mejora y Conservación de Recursos Genéticos aprobó un procedimiento de recolección y certificación de material autóctono. Este procedimiento tiene su base en el artículo 4.5 del RD. 289/2003, sobre conservación de los recursos genéticos, y pretende poner a disposición de los restauradores un material policlonal con suficiente diversidad genética acreditada y ligado a una identidad geográfica. Para facilitar la obtención de dicho material resultaría oportuno el establecimiento de campos de plantas madre, que deben renovarse cada cierto tiempo para evitar la difusión masiva de un mismo material.

Populus alba y su híbrido *P. x canescens* gozan de especial protección en la zona de Levante. Así, en la Región de Murcia (D. 50/2003) la primera está catalogada como “De interés especial”, y la segunda como “En peligro de extinción”. En la Comunidad Valenciana (O. 6/2013) al híbrido se le otorga la calificación de “Especie vigilada”.

El género *Populus* está incluido en la normativa sobre pasaporte fitosanitario.

2.2. Técnicas de manejo y propagación

2.2.1. Semillas

El período de recolección de los frutos abarca de marzo a junio, cuando las cápsulas ya están lo suficientemente engrosadas. Se recomienda recoger ramas enteras que porten amentos, que posteriormente se mantienen protegidas en umbráculo o invernadero hasta la apertura total de los frutos, y recolectar las semillas cuando se inicia la dehiscencia. La recolección de los amentos antes de la maduración puede llegar a reducir significativamente el porcentaje de germinación. La recogida de ramas se efectúa con herramientas con pértiga o a partir de material desprendido naturalmente o aprovechando cortas.

Para su conservación se recomienda limpiar las semillas eliminando la masa algodonosa que las acompañan y otras impurezas. Esta operación puede ser muy tediosa, particularmente cuando se trabaja con gran cantidad de material. Se han utilizado distintos sistemas que facilitan la separación mecánica, como fuentes de aire con diferentes filtros y cedazos o pequeños aspiradores. En lotes pequeños la limpieza se realiza de forma manual.

La longevidad de las semillas en condiciones naturales es de dos a cuatro semanas. Si se mantienen en recipientes herméticos a baja temperatura (de -18 a 5 °C) y contenido de humedad del 5-8%, el período de conservación se puede alargar considerablemente (OCDE, 2001); sin embargo, con el tiempo se reduce notablemente el porcentaje de germinación y también se favorece la aparición de plántulas anormales.

La germinación de las semillas empieza al día siguiente de su colocación en cámaras de germinación a 20 °C. En el caso de realizar una siembra en invernadero, la experiencia indica que se efectúe sobre una mezcla de arena y turba. Pocos días después de la siembra (aproximadamente 10 días) la germinación se hace patente. Las tasas de germinación muestran un amplio rango de variación. En un estudio realizado sobre 24 familias de procedencias españolas, la germinación media obtenida fue del 51% (Tabla 2); en este mismo ensayo, el 90% de las plantas sobrevivieron al segundo año (Alba, 2001) en condiciones de invernadero. Al finalizar el primer año las plántulas pueden alcanzar los 20-50 cm.

Tabla 2. Datos característicos de los lotes de semillas de *Populus alba*.

Pureza (%)	Facultad germinativa (%)	Nº semillas kg ⁻¹	Referencia
	51 (2,26-87,3)		Alba (2001)
40-50		6.000.000-8.000.000	Prada y Arizpe (2008)
40-50	10-100	1.600.000-1.800.000	Alía <i>et al.</i> (2009)
	<92		González <i>et al.</i> (2010)

El método indicado por la ISTA (2011) para la evaluación de la germinación de las semillas del género *Populus* es una alternancia térmica de 20-30 °C, según un ciclo de 16-8 horas, durante al menos 10 días.

2.2.2. Vegetativa

La técnica de propagación vegetativa es sencilla en el caso de *P. alba* y el éxito está garantizado siempre que la planta madre esté en buenas condiciones fitosanitarias. La capacidad de emitir raíces presenta variación intraespecífica; con una heredabilidad muy alta, los porcentajes de enraizamiento pueden variar del 10 al 90%, en función del genotipo (Sabatti *et al.*, 2001), manifestándose, asimismo, una importante componente genética a nivel de población. El comportamiento al recepado también es variable, con una media del 77% de clones que sobreviven al mismo. No se ha encontrado una relación clara entre la aptitud al recepado y a la propagación vegetativa (Alba, 2001).

Cuando se pretende propagar asexualmente un individuo procedente de un rodal natural, el material de reproducción que se obtiene de árboles adultos suele ser de peor calidad que el obtenido de cepas madre, ya que *P. alba* presenta crecimientos del año muy reducidos, en contraposición con lo que ocurre con *P. nigra*, que se propaga de una forma eficaz a partir de los brotes epicórmicos o de las ramas vigorosas del año. Por ello, para propagar vegetativamente el álamo blanco se recomienda utilizar estaquillas de un año obtenidas de cepas expresamente preparadas para ello. Éstas pueden producirse a partir de una estaquilla anterior o bien de una planta procedente de semilla establecida previamente en el vivero.

El tamaño de las estaquillas ha de ser adecuado para que tengan suficientes reservas que faciliten su enraizamiento y brotación. A tal efecto, se considera adecuado un tamaño



Figura 4. Estaquillas de *Populus alba* sobre mesa de enraizamiento (Foto: J. Pemán).

de 30-40 cm de longitud y 1 cm de diámetro. Aunque se recomienda recolectarlas en época de parada vegetativa, en algunos estudios se ha identificado el tamaño como el factor fundamental para el éxito de la multiplicación, más que el período de propagación (Sabatti *et al.*, 2001). El material recolectado puede conservarse en cámara fría, a unos 4 °C, teniendo especial cuidado para que no se deshidrate durante su conservación. Para ello, se pueden utilizar sacos de yute humedecidos o bolsas de plástico. Para mejorar los porcentajes de enraizamiento se sugiere la inmersión en agua de las estaquillas al menos durante las 24 horas previas a su instalación en vivero.

Pueden utilizarse otros métodos de propagación vegetativa, como el injertado y el cultivo *in vitro* (Bueno *et al.*, 2003). La aplicación de estas técnicas es más frecuente en trabajos de mejora genética o de investigación, donde los objetivos perseguidos pueden justificar el esfuerzo técnico y de infraestructura adicional que las mismas requieren.

3. Producción de plantas

La forma habitual de multiplicación de *P. alba* es por vía vegetativa, por la facilidad en el manejo del material y la garantía de éxito. Lo habitual es la producción de plantas en vivero, aunque ocasionalmente se puede utilizar directamente las estaquillas en la plantación definitiva. Su cultivo en vivero mediante propagación vegetativa es prácticamente igual al de los chopos euramericanos (ver la ficha correspondiente a los

clones de chopo), por lo que únicamente se remarcarán consideraciones especiales para la especie. La propagación por semilla se utiliza en planes de mejora genética, aunque también se está empleando por algunos viveristas, ya que se puede producir rápidamente gran cantidad de plantas a partir de unos pocos gramos de semillas.

Para la producción masiva de estaquillas se recomienda la instalación de campos de cepas madre, que facilitan la obtención de gran cantidad de material de tamaño relativamente homogéneo y con la identidad genética deseada. Como se mencionó anteriormente, las cepas se pueden establecer a partir de estaquillas o de plantas de semilla, realizándose el primer corte al segundo año de instalación. Las cepas de *P. alba* son más sensibles al recepado que las de *P. nigra* o *P. x euramericana*, necesitando ser repuestas al sexto corte, ya que el rendimiento en la producción y calidad de las estaquillas disminuye, al producirse procesos de pudrición y debilitamiento de la cepa. Los espaciamientos son variables, en función de las características y prácticas del vivero, y han de permitir que el laboreo y otras actividades de gestión y producción puedan realizarse fácilmente. Para el recepado, se propone un corte bajo de la cepa, a 15 cm del suelo. La experiencia de recepado a 50 cm del suelo, buscando evitar las pudriciones y facilitar el trabajo sobre la planta, no ha dado buenos resultados. No se dispone de resultados sobre rendimiento de las cepas de *P. alba*, pero su capacidad de rebrote es menor que en las de *P. nigra*.

Las estaquillas se obtienen de los brotes vigorosos del año, siguiendo los criterios de tamaño y número de yemas suficiente para asegurar la calidad del material. En este sentido, el Real Decreto 289/2003 sobre comercialización de material forestal de reproducción establece unos requisitos de calidad exterior para las estaquillas de *Populus*, que pueden consultarse en la ficha correspondiente a clones de chopos con fines productivos.

El proceso de producción de plantas se inicia con la instalación de las estaquillas, que se mantienen en vivero durante uno o dos años hasta el momento de su levantamiento para su instalación en campo. El uso final al que va destinada la planta al final del turno condiciona poco la forma de producirla; lo más habitual es R1T1 o R2T1.

4. Uso en repoblaciones y restauraciones

El álamo blanco tiene un gran interés en la recuperación de riberas, como ecosistemas altamente perturbados por la actividad humana, hecho que ha motivado la adopción de políticas para su recuperación o conservación. El aumento de proyectos de restauración en estas áreas ha significado un incremento de la demanda de sus materiales. Por otra parte, uno de los aspectos que caracteriza a esta especie es su tolerancia a aguas eutróficas y calientes, poco oxigenadas y con arcillas en suspensión (Ruiz de la Torre, 2006), lo que la hace interesante para incluir en restauraciones de ambientes muy degradados.

Por otra parte, el álamo blanco no es una especie considerada tradicionalmente como productiva, aunque lo ha sido a nivel local. La existencia de clones y cultivares tradicionales de *P. alba* y su mantenimiento en el *Populetum* de Roma nos da idea de la importancia que en un pasado reciente ha tenido la especie para fines multifuncionales, constructivos, como fuente de energía, alimento para el ganado y con fines ornamentales. En España ha sido utilizada a nivel local como fuente de madera y de alimento para el ganado, dando



Figura 5. Campo de cepas madre de *Populus alba* en el CNRGF *El Serranillo*, Guadalajara (Foto: N. Alba).

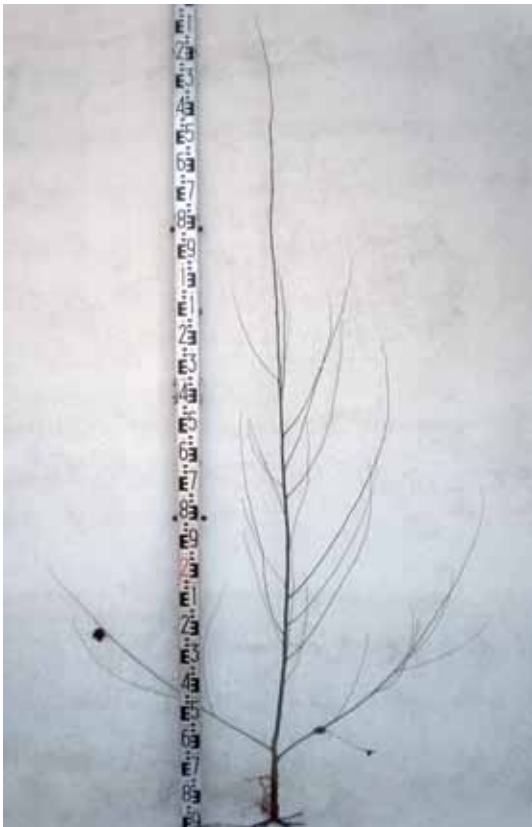


Figura 6. Planta de *Populus alba* de dos savias a raíz desnuda (Foto: CNRGF *El Serranillo*).

como resultado selecciones locales que se identifican como cultivares tradicionales, como por ejemplo el cultivar ‘Siberia extremeña’ y otros de difícil identificación y recuperación, como los utilizados en algunas zonas del río Bullaque (Toledo).

Actualmente es considerada una especie interesante en diferentes aspectos productivos y adaptativos. En el ámbito de la producción tiene potencial para explotaciones de turno corto y en la obtención de clones resistentes a condiciones de estrés hídrico y salinidad (Sekawin, 1975; Alba, 2001; Sixto *et al.*, 2005 y 2006; Abruzzese *et al.*, 2009).

Aunque existen pocos estudios de rendimiento en plantaciones, la aptitud productiva de la especie se hace patente en los crecimientos obtenidos en algunas de las instalaciones experimentales. Al primer año de plantación el crecimiento alcanzó de media 2,4 m de altura, llegando algunas plantas hasta los 3,71 m; en el segundo año la media fue de casi 4 m, con un máximo que superaba los 7 m (Gambi, 1958; Alba, 2001). Las heredabilidades estimadas a nivel de familia son altas para las variables de crecimiento ($h^2= 0,146$; $h^2f= 0,303$), morfología del árbol ($h^2=0,244$; $h^2f= 0,865$), fenología ($h^2= 0,2$; $h^2f= 0,817$) y densidad ($h^2= 0,77$; $h^2f= 0,835$). Su crecimiento, generalmente menor que el de los chopos euramericanos, hace que el turno de aprovechamiento sea de 18-20 años. En plantaciones intensivas, el incremento medio anual al final del turno se sitúa en el rango $10-22 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$ (Gambi, 1958).



Figura 7. Plantación de *Populus alba* en una restauración en Cáceres (Foto: N. Alba).

Se ha iniciado una línea de estudio con el objetivo de identificar clones de *P. alba* para producción de biomasa adecuados para cultivo de turno medio y de turno corto (Alba y Sixto, 2008). Se han evaluado algunos clones para caracteres como crecimiento, fenología, arquitectura, peso seco y poder calorífico, con unos resultados interesantes. Su poder calorífico se ha estimado en 19.500 Jg^{-1} , valores comparables o superiores a los de otras especies del género (Alba *et al.*, 2007). En Italia ya hay algunos clones de esta especie seleccionados para biomasa (por ejemplo, ‘Marte’, con una producción de $87,9 \text{ t ha}^{-1}$ a los 5 años) (Spinelli *et al.*, 2008).

La facilidad para los cruzamientos interespecíficos, incluso entre especies de diferentes secciones de *Populus*, ha propiciado el desarrollo de trabajos de cruzamientos controlados dentro de programas de mejora genética; en algunos de ellos se ha incluido a *P. alba*. En esta especie, perteneciente a la sección *Populus* (antes *Leuce*), las posibilidades de cruzamiento se limitan a las de su misma sección (Zsuffa, 1975), aunque cabe destacar los híbridos obtenidos de cruzamientos controlados con *P. deltoides* (sección *Aigeiros*) (Alba, 1992; Sixto *et al.*, 2005), que han pretendido aunar los aspectos productivos y adaptativos y que están siendo caracterizados con diferentes objetivos. Los resultados son todavía preliminares y se necesita el establecimiento de parcelas experimentales para llegar a conclusiones más definitivas sobre el comportamiento en campo de estos nuevos materiales.

Populus alba muestra resistencia a ciertas enfermedades e insectos xilófagos (Sekawin, 1975). Los cultivos en alta densidad, como son los establecidos para producción de biomasa, pueden llevar asociados serios problemas fitosanitarios. Por ejemplo, en Italia se ha detectado la presencia del perforador *Cryptorhynchus lapathi* en este tipo de plantaciones (Allegro *et al.*, 2007). Al respecto, una de las posibilidades de gestión planteadas es el empleo de genotipos de chopo poco sensibles, como alternativa a los tratamientos insecticidas. En concreto, se propone el uso de clones de *P. alba* poco sensibles para plantaciones a turno corto. *P. alba* ‘42/57’ ha sido seleccionado como resistente a *Saperda carcharias* y a *Cryptorhynchus lapathi* (FAO, 1985).

En España se está utilizando en jardinería la variedad *bolleana*, procedente del Turkestán. De esta variedad se emplea el cultivar ‘Roumi’, de origen sirio, que también ha sido utilizado como parental para la obtención del híbrido *P. x canescens* ‘Platero’ (Llensa de Glecén, 1943).

5. Planificación de la repoblación

Una descripción detallada de los aspectos relacionados con la planificación de las repoblaciones destinadas a restauraciones fluviales se desarrolla en la ficha de *P. nigra*, donde se detallan aspectos sobre la densidad y distribución de las plantas. Estas acciones de revegetación llevan implícita la identificación de unidades ambientales/rodales de repoblación en las que la actuación será homogénea, tomando como referencia la estructura de la formación, y sobre los cuidados culturales, dirigidos al mantenimiento de las plantas y a favorecer la regeneración natural.

6. Bibliografía

- ABBRUZZESE G., BERITOGNOLO I., MULEO R., PIAZZAIM., SABATTI M., SCARASCIA-MUGNOZZA G., KUZMINSKY E., 2009. Leaf morphological plasticity and stomatal conductance in three *Populus alba* L. genotypes subjected to salt stress. *Environ. Exp. Bot.* 6, 381-388.
- ALBA N., 1992. Mejora genética de *Populus alba* L. En: Proceedings 19ª Sesión de la Comisión Internacional del Álamo. Vol II. (Padró A., ed.). Zaragoza. pp. 57-168.
- ALBA N., 2001. Variabilidad genética de *Populus alba* L. mediante caracteres isoenzimáticos y fenotípicos: aplicación a la selección y conservación de recursos genéticos. Tesis Doctoral. UPM-ETSI Montes, Madrid.
- ALBA N., SIXTO H., 2008. Evaluation of *Populus alba* L. clones for biomass production for energy. En: International Poplar Commission 23 Session, Beijing.
- ALBA N., GODOY N., SIXTO H., 2007. Growth and potential production of different *Populus alba* L. clones for biomass. 15th European Biomass Conference and Exhibition Biomass for Energy, Industry and Climate Protection From Research to Market Deployment .ICC International. Congress Center- Berlin, Germany.
- ALBA N., MACAYA D., MAESTRO C., CLIMENT J., GONZÁLEZ-MARTINEZ S.C., 2008. Occurrence of hermaphroditism in *Populus alba*, a mostly dioecious riparian tree. En: International Poplar Commission 23 Session, Beijing.
- ALÍA R., GARCÍA DEL BARRIO J.M., IGLESIAS S., MANCHA J.A., DE MIGUEL J., NICOLÁS J.L., PÉREZ MARTÍN F., SÁNCHEZ RON D., 2009. Regiones de procedencia de especies forestales en España. Organismo Autónomo Parques Nacionales, Madrid. pp. 211-214.
- ALLEGRO G., PICCO F., BAZZANI R., 2007. Il punterulo del pioppo negli impianti da biomassa. Un rischio da non sottovalutare. *Sherwood* 129, 13-15.
- BRUNDU G., LUPI R., ZAPELLI I., FOSSATI T., PATRIGNANI G., CAMARDA I., SALA F., CASTIGLIONE S., 2008. The origin of clonal diversity and structure of *Populus alba* in Sardinia: evidence from nuclear and plastid microsatellite markers. *Ann.Bot.* 102, 997-1006.
- BUENO M.A., GÓMEZ A., MANZANERA J.A., 2003. Propagation and DNA markers characterization of *Populus tremula* L and *Populus alba* L. En: Micropropagation of Woody Trees and Fruits (Jain S.M., Ishii K., eds.). Forestry Sciences Vol. 75. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. pp. 37-74.
- CEBALLOS L., RUIZ DE LA TORRE J., 1979. Árboles y arbustos de la España peninsular. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes, Madrid.
- EINSPAHR D.W., WINTON L.L., 1976. Genetics of quaking aspen. Res. Pap. WO-25, USDA For. Serv.
- FAO, 1985. Informe de la 31 Sesión del Comité Ejecutivo de la Comisión Internacional del Álamo. 6-8 September, 1982, Casale Monferrato.
- FENNER P., BRADY W.W., PATTON D.R., 1984. Observations on seeds and seedlings of Fremont cottonwood. *Desert Plants* 6(1), 55-58.
- FOSSATI T., PATRIGNANI G., ZAPELLI I., SABATTI M., SALA F., CASTIGLIONE S., 2004. Development of molecular markers to assess the level of introgression of *Populus tremula* into *P. alba*. *Plant Breed.* 123, 382-385.
- GAMBI G., 1958. Il pioppo bianco della Lucchesia. *Monti e Boschi* 9, 659-665.
- GARCÍA DEL BARRIO J.M., DE MIGUEL J., ALÍA R., IGLESIAS S., 2001. Regiones de identificación y utilización de material forestal de reproducción. Dirección General de Conservación de la Naturaleza. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- GONZÁLEZ E., COMIN F.A., MULLER E., 2010. Seed dispersal germination and early seedling establishment of *Populus alba* L. under simulated water table declines in different substrates. *Trees* 24, 151-163.
- HIDALGO E., GONZÁLEZ-MARTÍNEZ S.C., LEXER C., HEINZE B., 2010. Conservation genomics. En: Genetics and genomics of *Populus*. Plant genetics and genomics: crops and models. Vol. 8 (Janson S., Groover A.T., Bhalerao R.P., eds.). Springer Verlag, New York. pp. 349-368.

- ISTA (International Seed Testing Association), 2011. International rules for seed testing. Edition 2011. ISTA, Bassersdorf, Switzerland.
- KARRENBERG S., SUTER M., 2003. Phenotypic trade-offs in the sexual reproduction of *Salicaceae* from Floodplains. *Am. J. Bot.* 90(5), 749-754.
- LEFÈVRE F., HEINZE B., 2001. Genetic considerations for the restoration of riparian populations. EUFORGEN Technical Bulletin: *In situ* conservation of *Populus nigra*. IPGRI, Rome. pp. 25-35.
- LEXER C., FAY M.F., JOSEPH J.A., NICA M.S., HEINZE B., 2005. Barrier to gene flow between two ecologically divergent *Populus* species, *P. alba* white poplar and *P. tremula* European aspen: the role of ecology and life history in gene introgression. *Molec. Ecol.* 14, 1045-1457.
- LLENSA DE GELCEN D.S., 1943. Estudio botánico forestal de los chopos (Genero *Populus*). Ensayo monográfico de la cuenca inferior del río Tordera. Anales de la Escuela de Peritos Agrícolas y Superior de Agricultura Vol. III nº del I al IV. Diputación Provincial de Barcelona.
- LÓPEZ LILLO A., SÁNCHEZ DE LORENZO J.M., 2001. Árboles en España. Manual de identificación. Ed. Mundi-Prensa, Madrid.
- MACAYA D., ALBA N., LOPEZ DE HEREDIA U., MAESTRO C., HEURTZ M., ALÍA R., GONZÁLEZ-MARTÍNEZ S.C., 2008. Spatial genetic structure of natural White poplar (*Populus alba* L.) populations at regional and local scales. En: International Poplar Commission 23 Session, Beijing. pp. 121.
- MAESTRO C., ALBA N., 2008. Material forestal de reproducción de *Populus* autóctonos: propuestas para la restauración de riberas. En: Actas de la IV Reunión sobre Genética Forestal. Cuad. Soc. Esp. Cienc. For. 24, 57-62.
- OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico), 2001. Consensus document on the biology of *Populus* L (Poplar). Series on harmonization of regulatory oversight in Biotechnology 16. Environment Directorate OCDE, Paris.
- PADRÓ A., GARCIA A., 1992. El álamo blanco de La Alfambra (*Populus x canescens*). Caracterización y medidas de conservación. En: Actas de la 19ª Sesión de la Comisión Internacional del Alamo. Vol I. . (Padró A., ed.). Zaragoza. pp. 489-495.
- PRADA M.A., ARIZPE D. (coords.), 2008. Manual de propagación de árboles y arbustos de ribera. Una ayuda para la restauración de riberas en la región mediterránea. Generalitat Valenciana, Valencia.
- RUIZ DE LA TORRE J., 2006. Flora Mayor. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Dirección General para la Biodiversidad, Madrid. pp. 489-493.
- SABATTI M., NARDIN F., OLIVERO M., ALASIA F., SCARASCIA-MUGNOZZA G., 2001 a. Propagazione vegetativa del pioppo bianco (*Populus alba*) mediante talee legnose: variabilità genetica e modalità di trattamento del materiale. En: 3 Congresso Nazionale SISEF - Viterbo. Disponible en: <http://www.sisef.it/sisef/main.php?action=cong&k=3&n=4&id=504>. [5 Feb, 2010].
- SANTOS DEL BLANCO L., 2009. *Populus alba* L. y *P. x canescens* (Ait.) Sm. en la cuenca del Duero: identificación, carácter híbrido y clonalidad. Tesis de Master en investigación para la conservación y uso sostenible de sistemas forestales. Universidad de Valladolid, Palencia.
- SCREINER E.J., 1974. *Populus* L. En: Seeds of woody plants in the United States. (Schopmeyer C.S., coord). United States Department of Agriculture, Forest Service, Agriculture Handbook 450, Washington. pp. 645-655.
- SEKAWIN M., 1975. La genetique du *Populus alba* L. *Ann. For. Zagreb* 6(6), 159-189.
- SIERRA DE GRADO R., REQUE J., ORIA DE RUEDA J.A., 2008. Selvicultura de *Populus tremula*, L, *Populus nigra* L. *Populus alba* L y *Populus x canescens* (Aiton) Sm. En: Compendio de Selvicultura aplicada en España (Serrada R., Montero G., Reque J.A., eds.). Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Agroalimentaria, Madrid. pp. 587-604.
- SIXTO H., GRAU J.M., ALBA N., ALIA R., 2005. Response to sodium chloride in different species and clones of genus. *Forestry* 78(1), 93-104.

SIXTO H., ARANDA I., GRAU J.M., 2006. Assessment of salt tolerance in *Populus alba* clones using chlorophyll fluorescence. *Photosynthetica* 44, 169-173.

SORIANO C., 1993. *Populus*. En: Flora Ibérica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares. Vol III. *Plumbaginaceae* (partim)-*Capparaceae*. (Castroviejo S., Aedo C., Cirujano S., Lainz M., Montserrat P., Morales R., Muñoz Garmendia F., Navarro C., Paiva J., Soriano C., eds.). Real Jardín Botánico, Madrid. pp. 471-477.

SPINELLI R., NATI G., MAGAGNOTTI N., PICCHI G., 2008 Harvesting Poplar Medium-Rotation Coppice with light equipment. En: International Poplar Commission 23 Session, Beijing.

VAN SPLUNDER J., COOPS H., VOESENEK L.A.C.J., BLOM C.W.P.M., 1995. Establishment of alluvial forest species in floodplains: the role of dispersal timing, germination, characteristics and water level fluctuations. *Acta Bot. Neerl.* 44(3), 269-278.

VICIOSO C., 1951. Salicáceas de España. IFIE, año XXII, nº 57. Madrid.

ZSUFFA L., 1975. A summary review of interspecific breeding in the genus *Populus* L. En: Proceedings 14th Meeting of the Canadian Association, Part 2, Department of Environment, CFS, Ottawa. pp. 107-123.

Populus nigra L.

Chopo, álamo, álamo negro, chopo mosquitero, negrillo, pobo; *cat.*: pollancre, almudella, arbre poll, clop, clum, colpe, mudella, om de riu, pígol, poll, poll bordissot, poll negre, polla, polla borda, pollaponcella, polla vimenera, pollanc, poncella, pòpul, populina, xop, bíbol y píbol (Valle de Arán); *eusk.*: makal, beltza, ezkia, izaia, zumarbeltza, zumarra; *gall.*: chopo negro, lamagueiro

Carmen MAESTRO TEJADA, Nuria ALBA MONFORT

1. Descripción

1.1 Morfología

Populus nigra es un árbol caducifolio, de porte y copa muy variable, que puede alcanzar los 40 m de altura y 70-100 cm de diámetro. En poblaciones naturales las dimensiones y conformación general del árbol varía en función de la estructura y densidad de la población, así como del origen del rodal (sexual o asexual) y de la interacción con la dinámica fluvial. El fuste es erguido, con ramificación abundante e irregular. La corteza es clara, blanco-amarillenta, y lisa en árboles jóvenes, y oscura, rugosa y agrietada longitudinalmente, formando un entrecruzado característico, en individuos adultos. Es muy característico de esta especie la formación de protuberancias en el tronco y la proliferación de brotes epicórmicos, así como la presencia de contrafuertes en la base de los troncos de árboles longevos. Su sistema radical es fuerte, formado por un eje principal que se ramifica y alcanza capas profundas del terreno, mientras que las raíces secundarias se extienden horizontalmente de forma superficial. Algunos ejemplares pueden alcanzar los 300 años.

Los brotes del año son claramente cilíndricos en la base, a veces subangulares en la zona apical, pero nunca acostillados. Este conjunto de caracteres tiene un gran valor de diagnóstico para la identificación de ejemplares adultos y han sido recopilados por el grupo de trabajo de *P. nigra* de EUFORGEN en una ficha técnica de identificación.

Las hojas son glabras, de color verde en ambas caras, nervio principal amarillento muy destacado en el envés y con pecíolo largo comprimido lateralmente. Presenta dimorfismo foliar: las hojas turionales son aovado-triangules o aovado-rómbicas, acuminadas y con borde festoneado-aserrado; las hojas de los braquiblastos son más pequeñas y anchas, romboidales, anchamente cuneiformes en la base (Zsuffa, 1974). Las yemas vegetativas son aovado-oblongas y agudas, aplicadas sobre el ramillo, cubiertas de escamas rojizas, viscosas y olorosas.

Se han descrito varias subespecies, variedades y cultivares (Zsuffa, 1974). El cultivar más conocido y extendido en España es el cv. 'Itálica', originario de Asia central e introducido y extendido en Europa desde el siglo XVIII. Es masculino, de porte fastigiado (columnar) con copa estrecha y corteza oscura y estriada. Se considera que procede de la propagación

de uno o varios árboles que presentan el mismo fenotipo. En España y resto de Europa se lo conoce con la denominación de chopo lombardo.

1.2. Biología reproductiva

Es una especie dioica con polinización anemófila. Las yemas florales se presentan en posición axilar sobre los brotes de un año, a menudo agrupadas por debajo de la yema terminal. Las yemas florales femeninas están curvadas hacia fuera y son más pequeñas que las masculinas.

La floración se produce en febrero-marzo y precede a la brotación. Tanto las flores masculinas como las femeninas se disponen agrupadas en amentos colgantes. Los masculinos son gruesos, cilíndricos, de 3-9 cm de longitud, con flores de 10 a 20 estambres con anteras púrpuras que dan un color característico al amento en la fase de brotación y elongación. Tras la fase de dispersión del polen, los amentos se marchitan y caen. Los amentos femeninos son largamente pedunculados, laxos, verdosos, de 7-15 cm. Las flores femeninas se presentan sobre un pedicelo corto, con ovario aovado-cónico de color verde y dos estigmas lobulados de color verde-amarillento adosados al ovario.

La floración masculina se inicia 1-2 semanas antes que la femenina, prolongándose durante 2-3 semanas. Dentro de un mismo rodal existe variación en la fenología floral, tanto entre los árboles masculinos como en los femeninos, que asegura un solapamiento, durante dos semanas entre la dispersión de polen y la fase receptiva de los árboles femeninos. Los cruzamientos entre individuos de un rodal no surgen al azar y un árbol femenino generalmente se cruza con un limitado número de individuos masculinos, con los que tiene solape fenológico (Vanden Broeck, 2007).

Los amentos fructíferos portan 40 a 45 frutos. Éstos son cápsulas bivalvas aovado-cónicas, con pedicelo corto, verdosas inicialmente y pardas en la madurez, cada una de las cuales contiene 10-14 semillas. La producción de semillas es anual. Las semillas son de muy pequeño tamaño (2 mm), de color marfil a blanco-grisáceo, piriforme, con unos filamentos blancos adheridos al extremo proximal, de aspecto algodonoso y carácter hidrófobo, que facilitan su dispersión por el viento y el agua.

La maduración tiene lugar de marzo a junio. La dehiscencia de las cápsulas se inicia a las 4-6 semanas de la polinización, en abril-junio, y está favorecida por la sequedad ambiental. La diseminación es anemócora y, secundariamente, está favorecida por los cursos de agua. Las semillas tienen una corta viabilidad en condiciones naturales (1-2 semanas) y precisan condiciones hídricas del suelo muy específicas para germinar. No tienen período de dormición; en contacto con la humedad germinan en unas horas. Sin embargo, las plántulas son muy vulnerables durante las primeras semanas y la tasa de mortalidad puede alcanzar el 85% (Barsoum, 2000).

Su regeneración natural está fuertemente asociada a la dinámica fluvial (Braatne *et al.*, 1996). En condiciones naturales, la diseminación de gran cantidad de semillas coincide con el período de postinundación, cuando las condiciones de humedad de los sedimentos recién depositados son idóneas para la colonización. Sin embargo, el éxito de la regeneración sólo tiene lugar aquellos años en los que la humedad del suelo se mantiene



Figura 2. Semillas de *Populus nigra*.

Figura 1. Amentos fructíferos de *Populus nigra*
(Foto: C. Maestro).

lo suficientemente elevada para permitir una tasa de crecimiento de las raíces similar a la de retirada del agua del frente de saturación, pero no tanto como para que prevalezcan condiciones de anoxia (Barsoum, 2001). De ello resulta que muchos años no haya regeneración y que en los rodales naturales exista una fuerte estructuración por edades, reflejando la historia reproductiva de la población, ligada a los períodos de inundaciones pasadas (Vanden Broeck, 2007). La proporción entre pies femeninos y masculinos es variable, dependiendo de las zonas y, en algunos casos estudiados, parece favorecer a los masculinos (Zsuffa, 1974). En esta especie no se ha detectado diferencias fenotípicas entre sexos (Stanton y Villar, 1996).

Los árboles alcanzan el estado reproductivo entre los 6 y los 10 años, aunque puede haber variaciones según las condiciones ambientales (Zsuffa, 1974; Stanton y Villar, 1996). Las observaciones realizadas en el arboreto del CITA en Montaña (Zaragoza) sitúan la madurez sexual a los 5-6 años de edad.

Populus nigra también se multiplica de forma natural por vía vegetativa, como una estrategia alternativa. Sin embargo, la propagación asexual no es espontánea en esta especie, como ocurre en el álamo blanco. En *P. nigra* la propagación vegetativa está inducida por las perturbaciones asociadas a las inundaciones, que ocasionan fracturas con arrastre de ramas y árboles y lesiones en raíces superficiales que estimulan las yemas durmientes en ramas y raíces. Así, las copias de la planta madre producidas por este tipo de propagación pueden ser transportadas a distancia por el agua (Barsoum, 2001; Rood *et al.*, 2003), dando origen a una estructura clonal en algunos rodales y poblaciones. Esta reproducción asexual es considerada como una compensación a la irregularidad de los episodios de regeneración por semilla y como una forma de abastecimiento de material vegetal en el intervalo entre dos episodios de inundación (Rood *et al.*, 1994).

La coexistencia de ambas estrategias reproductivas aumenta la amplitud ecológica de los nichos de regeneración (Barsoum, 2001).

Populus nigra puede hibridarse espontáneamente con otras especies de *Populus*, especialmente con especies de su misma Sección (Aigeiros), como *P. deltoides*, especie americana introducida en Europa desde el siglo XVIII, dando origen a los híbridos denominados *P. x canadensis* Munch. (syn. *P. x euramericana* Guinier.) (Zsuffa, 1974). Esos híbridos han sido de gran importancia para la populicultura desde mediados del siglo XX y ampliamente extendidos y cultivados en Europa.

En polinizaciones controladas con *P. deltoides* y *P. x canadensis* los cruzamientos sólo son compatibles si el parental masculino es *P. nigra* (Zsuffa, 1974), si bien, en polinización abierta, se ha detectado ocasionalmente descendencia híbrida del cruce *P. nigra* x *P. deltoides* cuando no hay ejemplares masculinos de *P. nigra* en las proximidades (Vanden Broeck *et al.*, 2004). Esta circunstancia puede ocasionar introgresión en la especie autóctona de genes de *P. deltoides* procedentes de las plantaciones productivas cultivados en las proximidades. En España los clones híbridos cultivados más extendidos son femeninos (I-214 y MC) y, por tanto, existe la posibilidad de hibridación espontánea con individuos de *P. nigra* masculinos. El fenómeno de introgresión en las poblaciones naturales se puede producir también con la forma piramidal de la especie (*P. nigra* cv. 'Italica'). En España, la hibridación entre la especie autóctona y el cv. 'Italica' ha dado lugar a la selección de algunos de los genotipos utilizados tradicionalmente, como el clon 'Bordils'.

Las técnicas moleculares han permitido evaluar el nivel de introgresión en la regeneración natural a partir de semillas en diversas cuencas europeas; se han detectado valores de introgresión del orden del 3-10% (Agúndez *et al.*, 2001; Vanden Broeck *et al.*, 2003; Heinze, 2008). La hibridación espontánea, unida a la facilidad de propagación vegetativa ha propiciado la extensión en el hábitat ripario de individuos introgredidos, en muchas ocasiones difíciles de detectar por sus caracteres morfológicos, que compiten por el hábitat y pueden ocasionar localmente la sustitución de la especie nativa. La presencia de individuos adultos introgredidos en las poblaciones naturales puede tener consecuencias en la adaptación y viabilidad futura de las poblaciones naturales de *P. nigra* y debe ser tenida en cuenta en las actividades de gestión y manejo de las poblaciones y plantaciones.

1.3. Distribución y ecología

El chopo negro tiene una amplia distribución por toda Europa, encontrándose también en el norte de África y en el centro y oeste de Asia. Su área de distribución se extiende desde el sur del Mediterráneo hasta aproximadamente 64° de latitud norte y desde las Islas Británicas por el oeste, hasta Kazakhstan y China en el este. El área de distribución también incluye al Cáucaso y a amplias zonas del Medio Oriente (Zsuffa, 1974; Vanden Broeck, 2007). Habiendo sido cultivado y difundido desde la antigüedad, es difícil precisar su área original, que podría situarse en las estepas arboladas de Asia occidental y Europa oriental (Ruiz de la Torre, 2006)

Está presente en toda la Península Ibérica (Fig. 3), especialmente en los sistemas fluviales más importantes (Ruiz de la Torre, 2006). Sin embargo es difícil precisar la superficie y

densidad real ocupada, debido, en parte, a la metodología utilizada por la cartografía de base y a las dificultades mencionadas anteriormente en relación con las introgresiones genéticas y la diferenciación morfológica. Es probable que su presencia esté sobreestimada en áreas con plantaciones de clones híbridos o ejemplares del cultivar *P. nigra* cv. 'Italica', muy extendido en la Península Ibérica. Las prospecciones parciales realizadas en las cuencas del Ebro, Duero y Tajo, en el marco del programa de Conservación de Recursos Fitogenéticos del INIA, muestran al Valle medio del Ebro como una de las áreas con mayor densidad de poblaciones naturales y con un estado aceptable de conservación (Alba *et al.*, 2002). En las formaciones de ribera de las cuencas del sur de España esta especie es mucho menos frecuente, estando representada por rodales relicticos de pequeño tamaño (Maestro, 2007), a veces de dudoso origen e identidad.

También se encuentra, de forma artificial, en algunas zonas frías de la Península, como restos de antiguas plantaciones lineales asociadas a pequeños cursos de agua, barrancos y ramblas, donde se ha manejado con la técnica del desmoche para la obtención de ramón y de leñas. El abandono de este tipo de explotación en las últimas décadas ha acelerado el envejecimiento y deterioro de estas masas.

A pesar de su amplia distribución, *P. nigra* está sufriendo una fuerte regresión y es considerada una de las especies forestales con mayor grado de amenaza en el ámbito europeo debido, principalmente, a la reducción y alteraciones a las que está sometido su hábitat y a la falta de dinámica natural en los ríos, así como a la polución genética ocasionada por cruzamientos espontáneos con las especies e híbridos cultivados (Arbez, 1993; White 1993; Lefèvre *et al.*, 2001). Desde 1994 el Programa Europeo para la Conservación de los Recursos Genéticos Forestales (EUFORGEN) ha impulsado y coordinado actividades para la conservación de *P. nigra* (Van Slycken, 1996; Heinze, 1998; Alba, 2000 a; Lefèvre y Heinze, 2001; Van Dam y Bordacs 2002). En el caso de España, se han preservado en colección *ex situ* genotipos de esta especie procedentes de las cuencas del Ebro, Duero y Tajo (Alba, 2000 b; Maestro *et al.*, 2001; Alba *et al.*, 2002; Maestro y Alba, 2008 a).

El análisis genético realizado sobre un conjunto de poblaciones de diversos ríos europeos señala a las poblaciones españolas como las de mayor diversidad genética y al Valle medio del Ebro como una zona de refugio para la especie durante la última glaciación (Cottrel *et al.*, 2004; Storme *et al.*, 2004; Smulders *et al.*, 2008).

Como especie hidrófila y heliófila, sus poblaciones se establecen normalmente por la colonización de áreas abiertas en tierras aluviales a través de semillas, estaquillas o fragmentos de raíz. Presenta una gran diversidad de tipos de población, desde árboles aislados a amplios rodales puros o mixtos. Es una especie fundamental en los ecosistemas de ribera por su carácter colonizador y estabilizador del bosque ripario, por su función protectora frente a inundaciones y por su papel de filtro natural. Domina, junto con otras especies de la familia *Salicaceae*, las primeras etapas de la sucesión del bosque de ribera en áreas de clima templado. También está presente, de forma natural o artificial, en ambientes antrópicos temporalmente húmedos fuera del entorno ripario. Su amplitud ecológica es muy grande, tolerando climas húmedos, pero también los más secos, así como las fuertes oscilaciones térmicas. Se desarrolla en cualquier tipo de sustrato y

sólo rehúye los salinos. Aparece desde el nivel del mar hasta el límite altitudinal de los caducifolios (Lara *et al.*, 2004; Ruiz de la Torre, 2006).

2. Materiales forestales de reproducción

2.1. Marco normativo. Identificación de los materiales de reproducción

Como para todas las especies de *Populus*, la producción y comercialización de los materiales de reproducción para uso forestal de *P. nigra* está regulada por el Real Decreto 289/2003. Sus regiones de procedencia han sido establecidas por el método divisivo (Fig. 3); sus características se muestran en la Tabla 1 (García del Barrio *et al.*, 2001; Alía *et al.*, 2009). Su extensa distribución territorial hace que el número de procedencias asignado sea muy amplio.

Actualmente hay catalogadas 289 fuentes semilleras, prácticamente restringidas a regiones de procedencia de la cuenca del Duero. En cuanto a material vegetativo, el material clonal disponible para producción en vivero y comercialización se reduce a tres clones de tipo fastigiado, catalogados para un uso productivo dentro de la categoría controlada. Se trata del clon Anadolu, de origen turco, y los clones Bordils y Lombardo Leonés, ambos de origen español. El origen del clon Bordils se remonta a la segunda mitad del siglo XIX, por selección fenotípica realizada en las riberas del Ter y del Fluvià (Gerona), procedente probablemente de cruzamiento entre un genotipo de *P. nigra* autóctono y el cv. 'Italica'. Ha sido muy utilizado para repoblaciones productivas hasta la mitad del siglo XX por su elevado potencial de crecimiento y resistencia al viento. El clon Lombardo Leonés ha sido muy cultivado en la provincia de León para madera de sierra, antes de la introducción de los clones híbridos euramericanos, y ha sido objeto de experimentación a principio de los 70, lo que ha justificado su inclusión en el Catálogo. Ambos presentan interés por su rusticidad. No obstante, el principal valor de *P. nigra* como especie pura radica en su idoneidad para la utilización en restauración de riberas.

Ante la falta de materiales de base catalogados de *Populus* autóctonos para la obtención de material vegetativo a usar en restauraciones de riberas, y para responder a la demanda actual, el Comité Nacional de Mejora y Conservación de Recursos Genéticos Forestales aprobó, con fecha de 27 de Octubre de 2007, un procedimiento temporal, basado en el artículo 3.5 del RD. 289/2003 sobre conservación de recursos genéticos. Este procedimiento autoriza la recolección masiva en campo de partes de plantas y la producción de estaquillas en campos de plantas madre para su comercialización.

Debido a la vulnerabilidad de los recursos genéticos de esta especie, el sistema de control en la producción y comercialización de los materiales de reproducción debe promover medidas que garanticen que el material genético utilizado para restauraciones esté adecuadamente identificado y que tenga una calidad genética apropiada para este uso. En este sentido, se considera como material de base más adecuado para su utilización en este tipo de actuaciones al establecido a partir de mezclas de clones no relacionados genéticamente, obtenidos por propagación vegetativa de árboles individuales y testados para caracteres de adaptación (Maestro y Alba, 2008 b).



Figura 3. Distribución de *Populus nigra* y Regiones de Procedencia de sus materiales de reproducción (Alía *et al.*, 2009).

La propuesta para una futura catalogación es la de configurar mezclas de clones teniendo en cuenta los criterios citados anteriormente, teniendo en cuenta área geográfica (cuencas y subcuencas fluviales) y, dentro de cada cuenca, agrupando según criterios de variación fenológica, morfológica y molecular (Maestro y Alba, 2008 b). La composición de estas mezclas de clones, que tendrían una caducidad, es de gran importancia para la evolución futura de las poblaciones naturales, por lo que se han indicado unas recomendaciones a nivel europeo (Lefèvre y Heinze, 2001) como:

- Utilización de un número elevado de clones en la mezcla, no relacionados genéticamente para limitar el riesgo de endogamia y pérdida de diversidad, y con un número elevado de plantas por clon para minimizar el riesgo de pérdida.
- Establecimiento, en lo posible, de mezclas de clones con una relación entre sexos próxima a uno.
- Presencia en la mezcla de suficiente variación para caracteres adaptativos, fenología, aptitud a la propagación y supervivencia.
- Establecimiento de mezclas de clones específicas para cada cuenca fluvial, con el fin de asegurar la adaptación.

El Banco de Germoplasma de *P. nigra*, establecido durante esta última década en el marco del Programa de Conservación de Recursos Fitogenéticos de Interés Agroalimentario del INIA y mantenido en el CITA (Montañana, Zaragoza), reúne una colección de varios

Tabla 1. Descripción de las áreas con presencia de *Populus nigra* por región de procedencia (RP: número de la región de procedencia; Pres: presencia de la especie en cada una de las regiones, estimada como el cociente del área de la especie en dicha región respecto del área total de la especie; A: número de meses de déficit hídrico (precipitación media mensual <2 temperatura media mensual); Osc: media anual de la oscilación térmica diaria; Hs: número de meses con helada segura (media mínimas <0 °C); Med: valor medio; Max: valor máximo; Min: valor mínimo; MaxMC: valor máximo del mes más cálido; MinMF: valor mínimo del mes más frío); Tipo de suelo: porcentaje del tipo de suelo según la cartografía Soil Map of the European Communities dentro de cada región de procedencia. La clasificación de suelos utilizada en dicha cartografía es la de FAO de 1974. Las abreviaturas se han actualizado a la clasificación FAO de 1989. Los tipos de suelos inexistentes en la nueva clasificación se han mantenido con los nombres antiguos, asignándoseles nuevas abreviaturas (Rankers: RK, Xerosoles: XE). Sólo se incluyen aquellos suelos que superan el 10% en el conjunto del territorio estudiado).

RP	Pres	Altitud (m)			Precipitación (mm)		A	Temperatura (°C)			Osc	Hs	Tipo de suelo (FAO)
	(%)	Med	Max	Min	Anual	Estival	(meses)	Med	MaxMC	MinMF	(°C)	(meses)	(%)
1	0,1	66	448	4	1512	131	1	14,1	25,7	4,9	10,9	0	CMu(89) RK(11)
2	1,3	600	1290	236	926	102	1,9	12,1	27,9	0,8	15,4	0,5	CMu(66) RK(34)
3	0,8	128	511	10	1223	190	0	13,5	24,4	3,7	11,2	0	CMc(40) CMu(23) LVx(15) FLe(11)
4	1,5	769	1756	112	1188	139	0,7	11	25,9	-0,3	14,5	1,4	RK(55) CMu(33)
5	5,5	1047	1701	391	932	109	1,4	9,5	26,4	-2,4	16	3,7	CMu(44) RK(28)
6	0,4	451	799	35	1611	236	0	12,1	25,6	1,9	13,9	0	FLe(43) CMc(38) CMu(17)
7	3,5	617	1107	195	759	123	1,3	11,6	27,2	0,5	15,4	0,4	CMc(65) CMu(21)
8	2,9	1116	2081	473	975	239	0	9,3	26	-3,8	17	4,5	CMu(50) CMc(30)
9	5,4	649	1961	99	826	195	0,4	11,9	28,9	-1,4	17,5	2,2	CMc(66) CMg(14) VRx(10)
10	2,5	128	840	1	755	152	1	14,9	29,3	2,3	15,9	0	FLe(30) CMc(29) CMu(16) CMd(14)
11	3,9	435	957	20	549	120	1,9	13,6	31,2	0,3	18,9	0,6	CMc(77) CMg(12)
12	3,4	223	602	36	359	76	4,2	15	33,1	1,4	19,5	0	FLe(29) XEy(26) XEc(19) CMc(14) CMg(12)
13	3,1	787	1282	314	433	99	2,7	12,5	30,4	-0,3	17,9	1,2	CMc(43) CMg(22) CMc(15) FLe(10)

RP	Pres (%)	Altitud (m)			Precipitación (mm)		A (meses)	Temperatura (°C)			Osc (°C)	Hs (meses)	Tipo de suelo (FAO)
		Med	Max	Min	Anual	Estival		Med	MaxMC	MinMF			
14	4,2	469	1119	231	489	101	2,8	13,1	29,6	1,3	17,1	0,1	CMc(59) CMg(24) FLe(16)
15	3	1053	1495	558	645	125	1,4	10,2	27,1	-1,6	16,5	2,8	CMc(69) CMtu(21)
16	9,4	911	1427	642	544	93	2,4	11	29	-1,3	17,3	2,5	CMc(47) FLe(28) CMg(15)
17	9,3	790	1267	280	462	69	3,1	11,7	30	-0,8	17,7	1,9	FLe(27) CMc(18) LVv(14) CMg(12) ARb(11)
18	0,6	690	1236	271	911	69	2,7	13,6	31,6	1	17,5	0,4	CMtu(52) LPd(27) CMd(12)
19	2,1	862	1724	228	865	70	2,6	12,7	31,4	-0,2	18	1,9	CMtu(33) CMd(26) FLe(23)
20	2,9	998	1961	542	637	84	2,6	11,7	30	-0,8	18	1,8	CMtu(27) CMc(24) CMd(16) CMc(14)
21	3,8	949	1461	530	510	102	2,2	11,7	30,5	-1,4	18,1	2,5	CMc(75)
22	1,1	1183	1620	795	706	114	1,8	10,3	29,3	-3,0	18	4,2	CMc(98)
23	1,1	1010	1671	385	514	125	1,4	11,8	28,5	-0,6	16,8	1,6	CMc(87)
24	0,3	177	504	4	542	98	2,3	15,5	30	3,6	16,2	0	CMg(47) CMc(44)
25	0,2	702	1099	119	457	78	3,3	14,3	31,8	1,6	17,8	0	CMc(79)
26	1,8	938	1291	712	582	85	2,7	12,4	31,8	-0,9	18,9	2,1	CMc(92)
27	0,7	547	771	432	413	50	4,2	14,4	34,2	0,4	19,8	0,2	FLe(67) CMc(24)
28	4,2	495	849	233	544	50	3,9	15	34,3	1,2	19,6	0	LVv(39) FLe(28) PLe(10)
29	1,5	606	1175	228	627	53	3,7	14,9	34,3	1,4	19,8	0	CMc(21) LPd(18) LVx(16) PLd(14) CMd(10)
30	0,9	270	415	198	673	44	3,7	16,3	34,6	3,1	18,5	0	CMc(32) PLd(21) FLe(17) LVv(17) CMd(13)
31	1,5	269	575	151	483	33	4,6	16,6	34,9	3,5	18,3	0	FLe(45) CMc(15) PLd(13) LPe(10)
32	0,5	633	954	516	520	46	3,9	14,9	34,7	1	20	0	CMc(59) LVx(32)

RP	Pres (%)	Altitud (m)			Precipitación (mm)		A (meses)	Temperatura (°C)			Osc (°C)	Hs (meses)	Tipo de suelo (FAO)
		Med	Max	Min	Anual	Estival		Med	MaxMC	MinMF			
33	0,8	663	909	390	401	60	3,8	14,1	33,4	0,6	19,3	0,2	CMc(66) CMg(26)
34	0,5	887	1417	640	523	56	3,6	13,8	33,1	0,3	19,8	0,2	CMc(60) LVk(15) FLe(13)
35	2,6	915	1705	365	681	57	3,4	14,1	33	0,9	19	0,4	CMc(90)
36	1,1	786	1671	357	333	43	4,8	14,8	32,6	1,6	17,9	0,1	CMc(63) FLe(12) LPd(10)
38	0,5	792	1679	207	439	26	5,1	15,5	31,8	3,1	16	0	CMc(71) CMe(23)
39	1,9	1181	2036	297	508	37	3,9	13,2	31	0,2	17,3	0,8	CMc(50) CMe(25) FLe(12)
40	4	762	1511	200	521	33	4,5	15	33,6	1,7	18,2	0	CMc(82) FLe(13)
41	1,2	397	974	115	564	30	4,5	17	35,5	3,6	18,7	0	CMc(41) FLe(24) LVk(18)
42	0,8	521	958	87	823	27	4	15,8	32,2	3,8	16,3	0	CMc(64) CMe(18) LVk(13)
43	0,5	85	419	1	734	22	4,5	17,9	33,1	6,5	15	0	CMu(20) CMg(16) FLe(14) VRx(12) CMc(11)
44	0,3	142	515	15	604	28	4,5	17,5	36	4	17,5	0	CMe(31) PLd(28) CMd(16)
45	1,7	310	740	39	742	34	3,9	16,9	35	4,1	17,1	0	CMe(73) CMd(16)
46	1	527	827	200	724	40	3,8	15,8	34	3,1	17,5	0	CMe(73) CMd(16)
49	0	102	178	5	672	52	3	16,2	28,1	6,5	-	0	CMc(100)

cientos de clones procedentes de las principales cuencas fluviales de España. Estos materiales pueden ser el punto de partida para la catalogación de diversas mezclas de clones para su uso en restauración.

El género *Populus* está incluido en la normativa sobre pasaporte fitosanitario.

2.2. Técnicas de manejo y propagación

2.2.1. Semillas

Aunque la propagación de *P. nigra* por semillas es técnicamente posible, sin embargo no presenta gran interés como método de producción masiva de plantas de esta especie. Uno de los inconvenientes es la dificultad para establecer la genealogía de la descendencia obtenida, por lo que la existencia de una posible introgresión debe ser analizada antes de su incorporación al ciclo productivo.

La obtención de las semillas requiere la recogida previa de ramas, de árboles en pie, utilizando herramientas con pértiga, o bien aprovechando material desprendido naturalmente, o en cortas. Se recomienda recoger ramas cuando las cápsulas ya están lo suficientemente engrosadas, entre los meses de marzo a junio, variable según la zona. La recolección de los amentos antes de la maduración puede llegar a reducir significativamente los porcentajes de germinación de las semillas. Las ramas se mantienen protegidas en umbráculo o invernadero hasta la apertura total; las semillas se recolectan directamente de los amentos cuando se inicia la dehiscencia. Se recomienda limpiar las semillas para su conservación y para facilitar las labores de siembra. La limpieza es muy laboriosa por el tamaño diminuto de las semillas y por la presencia de la masa algodonosa que las acompaña. Se han utilizado ingeniosos sistemas que facilitan la separación de las semillas, como fuentes de aire con diferentes filtros y cedazos o pequeños aspiradores. Cuando la semilla disponible es escasa se realiza la limpieza de forma manual.

Las semillas recién recolectadas tienen una alta viabilidad, pero la pierden rápidamente en condiciones ambientales normales. Así, Karrenberg y Suter (2003) comprobaron que lotes de semillas conservados a 20 °C veían reducida su viabilidad inicial del 91% a la mitad en el plazo de 23 días. Muller y Teissier du Cros (1982), constataron que su viabilidad puede prolongarse hasta cinco años conservándolas en recipientes herméticos, a baja temperatura (4 °C) y reducido contenido de humedad (8%). Para plazos mayores se recomienda mantenerlas a temperatura inferior a 0 °C.

Tabla 2. Datos característicos de lotes de semillas de *Populus nigra*.

Pureza (%)	Facultad germinativa (%)	Nº semillas kg ⁻¹	Referencia
		1.450.000	Zsuffa (1974)
40-50	85-95		Catalán (1991)
	91 (90,3-91,8)		Karrenberg y Suter (2003)
40-50	0-100	1.000.000-1.100.000	Alía <i>et al.</i> (2009)

El método consignado por la ISTA (2011) para evaluar de la germinación de lotes de semillas del género *Populus* es una alternancia térmica de 20-30 °C, según un ciclo de 16-8 horas, durante al menos 14 días. El crecimiento de las plántulas es muy lento en las fases iniciales por la falta de reservas de las semillas.

2.2.2. Vegetativa

La multiplicación vegetativa es la forma de propagación más común, muy utilizada tradicionalmente por su sencillez y eficacia. *Populus nigra* muestra una gran aptitud para la propagación vegetativa a partir de estaquillas leñosas de brotes del año (Fig. 4). La recolección se realiza en parada vegetativa en invierno, entre los meses de diciembre y febrero, preferentemente de brotes lignificados de un año. Las estaquillas pueden conservarse en bolsas de plástico a 4 °C hasta su instalación en el vivero.

Su multiplicación no reviste dificultad; se aplican las condiciones de cultivo en vivero practicadas habitualmente para las especies e híbridos productivos (Padró y Orensanz, 1987). Debido a su facilidad de propagación no precisa tratamientos hormonales ni abonado del terreno. Es conveniente, aunque no imprescindible, la rehidratación de las estaquillas durante 24-48 horas antes de su instalación en vivero.



Figura 4. Estaquillas de *Populus nigra*
(Foto: C. Maestro).

recolectar brotes del año, preferentemente epicórmicos, de un diámetro no inferior a 5-7 mm, características que permiten mejorar el resultado de la multiplicación en esta fase inicial. Entre árboles de un mismo rodal se observa una gran variación en cuanto a aptitud a la propagación en el primer ciclo de multiplicación (0-100%), con un promedio de estaquillas enraizadas del 60%. El primer ciclo de multiplicación provee de estaquillas más homogéneas y de mayor calidad, que permiten establecer una propagación masiva con tasas de enraizamiento que alcanzan el 95%. Cuando las estaquillas son producidas a partir de cepas madre la tasa de propagación se aproxima al 100%.

En su cultivo, el principal cuidado cultural es el relativo al control de las malas hierbas durante el primer período vegetativo, así como la aplicación de tratamientos fitosanitarios y riegos periódicos.



Figura 5. Campo de cepas madre de *Populus nigra* (Fotos: C. Maestro).

3. Producción de plantas

Se recomienda producir la estaquilla a partir de cepas madre (Fig. 5) establecidas con anterioridad a partir de estaquillas de árboles (ortets) identificados, de origen conocido. Este tipo de instalación permite el manejo de un elevado número de genotipos en una superficie reducida así como la disponibilidad de materiales de reproducción de calidad todos los años (varetas de un año para estaquillado).

El marco de plantación se establece en función de la maquinaria que se va a utilizar; un espaciamiento de 2,5 x 3 m o de 3 x 3 m se considera adecuado para un turno de 8 años. El recepado puede realizarse desde el primer año, pero se obtienen rebrotes más vigorosos si el mismo se lleva a cabo al final del segundo año. Este recepado puede efectuarse a ras del suelo, para evitar la acumulación de parásitos en el tronco de la cepa, o a unos 50 cm del suelo, facilitando el manejo y limpieza de la parcela. El número de plantas madre por clon dependerá de las necesidades de producción, teniendo en cuenta que la producción de la cepa variará en función del clon, su edad, el espaciamiento y los cuidados culturales. Para garantizar un estado sanitario y productivo óptimo, la parcela debe ser renovada con cepas nuevas en un turno en torno a 8 años.

Los criterios de calidad externa y dimensiones requeridas para varetas y estaquillas de *P. nigra* son los mismos que para el resto de las especies e híbridos de *Populus*, tal

como indica el Real Decreto 289/2003. Estos requisitos pueden consultarse en la ficha correspondientes a los chopos para producción de madera. En el caso de las especies autóctonas los requerimientos de dimensión en diámetro pueden resultar de difícil consecución, excepto si se dispone de cepas en plena producción (4-5 años).

La principal característica de un vivero de chopo autóctono para la producción de plantas para restauración ha de ser, sin duda, la composición y el manejo de su campo de cepas madre, con la inclusión de diferentes genotipos no relacionados genéticamente y su sustitución con el tiempo. Esta diversidad genética del material de partida tiene su reflejo en las características del material de multiplicación y la gestión del cultivo: grosor de



Figura 6. Planta de *Populus nigra* de una savia cultivada en alvéolo de 300 cm³ (Foto: CNRGF El Serranillo).

las estaquillas, porcentajes de enraizamiento, densidad de ramificación, tamaño de hojas, sinuosidad del fuste y crecimiento final; caracteres todos para los que existe una variación significativa entre clones de un mismo rodal (Alba *et al.*, 2002). En este contexto, no se debe efectuar selección fenotípica para caracteres asociados al porte (ramificación abundante, sinuosidad del fuste, débil dominancia apical, etc.) y crecimiento, ya que debe priorizarse el criterio de diversidad y de adaptación.

Técnicamente, el único factor que puede limitar la producción de plantas de un genotipo determinado es su capacidad de enraizamiento. Por razones de costes, el viverista debe establecer un umbral mínimo de tasa de enraizamiento por debajo del cual el clon puede ser considerado “no apto” para la propagación masiva.

Populus nigra tiene un crecimiento rápido en vivero, pudiendo alcanzar entre 4-5 m el primer año y 7-8 m en dos años con un marco de plantación de 0,40 x 2 m y en las condiciones del Valle medio del Ebro en Montañana (Zaragoza). Ambos tipos de planta (1 ó 2 savias) son adecuados para plantación. La utilización de plantas de una savia simplifica las labores de preparación para su instalación (poda, arranque y transporte). Para un objetivo no productivo,

puede plantearse una diversificación del tipo de plantas que se ofrece (estaquillas, varetas de 1 año e, incluso, plantas de 1 año en contenedor), en función de las características de la zona que se va a restaurar.

La metodología para la producción de plantas a partir de semillas que se ofrece es la habitualmente empleada en los programas de mejora genética y conservación. Se siembra lo antes posible, una vez obtenidas las semillas, sobre un sustrato del tipo mezcla de



Figuras 7 a y b. Vivero de *Populus nigra* al final del primer año (arriba) y después de dos años (izquierda) (Fotos: C. Maestro).

arena, turba y perlita blanca (1:1:1) bien húmedo, cubriendo las semillas ligeramente. La germinación comienza a las 6-8 horas después de la siembra, obteniéndose generalmente altos porcentajes (87 al 94%); sin embargo, la supervivencia de las plántulas es baja durante las primeras semanas debido a su sensibilidad a las condiciones de humedad y por el ataque de babosas, hormigas o la proliferación de algas. También se producen pérdidas importantes en las operaciones de aclareo y repicado a contenedor. El rendimiento final en el número de plantas disponibles no supera el 5%.

4. Uso en repoblaciones y restauraciones

Populus nigra no tiene valor productivo en la actualidad, si bien su utilización tradicional como fuente de madera para construcción, leñas y alimento para el ganado a lo largo del siglo XIX y primera mitad del XX, previo a la llegada y expansión de los clones híbridos productivos, reflejan su valor económico y social. Algunos antiguos clones procedentes de selecciones locales, como Blanquillo de Granada, Poncella, Lombardo y Bordils, tuvieron amplia difusión como cultivo en España.

Hasta hace unas décadas ha sido manejado como cultivo agroforestal para un aprovechamiento local con la técnica del desmoche en zonas del Sistema Ibérico (chopos cabeceros). Este tipo de plantaciones se extendía linealmente bordeando cauces, arroyos, ramblas y barrancos, en un amplio rango altitudinal (500 a 1.400 m), constituyendo la única fuente de madera en zonas deprimidas con condiciones climáticas extremas (Herrero, 2004; De Jaime y Herrero, 2007).

Actualmente, junto con *P. alba*, es una especie fundamental para la restauración de riberas y zonas degradadas. Debido a su gran plasticidad, es susceptible de ser utilizado en programas de recuperación de suelos en zonas afectadas por contaminación industrial (Lefevre *et al.*, 1998).

La demanda de plantas de esta especie se ha incrementado en estos últimos años debido a las políticas comunitarias de aguas (Directiva 2000/60/CE) y al desarrollo de las mismas por parte del Gobierno de España (MARM, 2010), entre las que se incluye la restauración de ríos y riberas para garantizar su persistencia y sostenibilidad (González del Tánago y García de Jalón, 2006). Sin embargo, la situación general es la escasa disponibilidad de planta autóctona a escala local, lo que ha provocado en ocasiones la utilización de clones de uso ornamental, como *P. nigra* cv. 'Italica' e incluso el clon de origen turco 'Anadolu'. No se dispone de datos sobre la superficie restaurada con esta especie.

5. Planificación de la repoblación

Uno de los aspectos que debe tenerse en cuenta con antelación, al planificar la repoblación, es la disponibilidad de planta para la ejecución de las plantaciones en la época adecuada. En este sentido debe contarse con una previsión en la producción de un mínimo de 1-2 años.

Para las especies arbóreas de ribera, los manuales presentan técnicas de establecimiento similares a las de las plantaciones con clones de chopo productivos (tipo de planta,



Figura 8. Restauración con *Populus nigra* y *P. alba* en Cáceres (Foto: N. Alba).

preparación del terreno, cuidados culturales), si bien la forma de ejecución (manual, mecanizada o mixta) estará condicionada por el estado de conservación del lugar y su perfil topográfico.

El diseño del proyecto requiere el conocimiento de las características del medio, de las preferencias ecológicas de las especies y de la estructura de las comunidades que se pretende regenerar, siendo la textura del suelo y la influencia de la capa freática los principales factores que determinan la distribución de la comunidad riparia. Esta caracterización permite establecer “rodales de repoblación” dentro de los cuales las actuaciones serán similares.

El diseño de la actuación en una ribera tiene que considerar la evolución futura de las plantaciones, buscando una diversificación horizontal y vertical de la vegetación ajustada al mosaico de condiciones ambientales (Castro *et al.*, 2001). Se recomienda utilizar como referencia la estructura de las formaciones vegetales riparias presentes en el sector que se pretende restaurar (composición, proporción de especies, patrón de distribución espacial) y partir de densidades bajas. Una baja densidad puede resultar más ventajosa para reducir la competencia entre individuos, favoreciendo una estructura multiestratificada, a la vez que se reduce los gastos de plantación. La alternancia de módulos de plantación y el empleo de distintos tipos de planta dentro de una misma especie imitarían la heterogeneidad natural y podría favorecer su regeneración.

El volumen y profundidad del ahoyado debe adecuarse al tamaño de las plantas, a sus necesidades hídricas y a la profundidad de la capa freática. Se recomiendan marcos de plantación asimétricos, que para una especie arbórea pueden oscilar entre 2 x 2 m y 5 x 5 m, así como la posibilidad de actuar sobre la topografía para diversificar ambientes (Castro *et al.*, 2001).

La edad del material vegetal es un factor importante, como muestran los resultados obtenidos por Martínez (1996) en la ribera del Henares, que señalan un aumento del porcentaje de marras con plantas de dos años respecto a las de un año.

Los manuales de restauración editados por algunos organismos responsables de la gestión de cuencas (CHS, 2008) incluyen directrices y recomendaciones sobre el manejo de especies potenciales, en general, árboles y arbustos. En el caso de *Populus* (*P. nigra* y *P. alba*) se incide en los siguientes aspectos, algunos de carácter general y otros específicos para el género:

- La relevancia de una correcta identificación de las especies y su distinción respecto de variedades no autóctonas.
- La importancia del origen local del material que se va a utilizar y el criterio de máxima adaptación genética al medio, no sólo a nivel de cuenca, sino a los distintos tramos.
- El tipo de material que se va a utilizar. Las plantas de 1-2 savias a raíz desnuda son las más adecuadas. Sin embargo, se recomiendan otras alternativas, como las plantas producidas en contenedores de 1-2 litros, especialmente indicados para cultivo de árboles de ribera.
- La conveniencia de un control de malas hierbas antes de la plantación y del uso de mallas protectoras frente a herbívoros los 2-3 primeros años.
- La adecuación de la época de plantación. Para el formato de plantón a raíz desnuda el período especialmente recomendado es entre diciembre y febrero.
- La importancia de acortar al máximo el período entre la recepción de la planta y su plantación, particularmente para plantones a raíz desnuda, así como las recomendaciones para el aviveramiento de las plantas.

Las recomendaciones que se derivan de actuaciones realizadas con *P. nigra* y *P. alba* en diversos países europeos (Peterken y Hughes, 1995; Vietto y Charabaglio, 2004; Vietto *et al.*, 2008) inciden en los aspectos siguientes:

- Se considera como principales factores para garantizar el éxito de las plantaciones el riego y el control de malas hierbas durante los primeros años.
- Se estima una duración mínima de 5 años de seguimiento para evaluar el grado de éxito.

5. Bibliografía

AGÚNDEZ D., FLUCH S., ALBA N., MAESTRO C., 2001. Introgresión genética procedente de plantaciones de híbridos en rodales naturales de *Populus nigra*. En: Actas del III Congreso Forestal Español (Junta de Andalucía, ed.). Granada. Mesa 1 y 2. pp. 546-552. Disponible en: <http://congresoforestal.es>

- ALBA N., 2000 a. Standardized list of descriptors for inventories of *P. nigra* L. stands. En: *Populus nigra* network Report of the SIXTH meeting. 6-8 February 2000, Isle sur La Sorgu, France (Borelli S., De Vries S., Lefevre F., Turok J., eds.) IPGRI, Rome. pp. 15-28.
- ALBA N., 2000 b. Conservación de recursos genéticos del Género *Populus* en España. Invest. Agr.: Sist. Recur. For. Fuera de Serie 2, 45-58.
- ALBA N., MAESTRO C., AGÚNDEZ D., NOTIVOL E., 2002. Advances in the preservation of *Populus nigra* L. in Spain. En: Genetic diversity in river populations of european black poplar. Implications for riparian eco-system management. En: Proceedings of an International Symposium (Van Dam B., Bordacs S., eds.), Szekszard, Hungary. pp. 125-136.
- ALÍA R., GARCÍA DEL BARRIO J.M., IGLESIAS S., MANCHA J.A., DE MIGUEL J., NICOLÁS J.L., PÉREZ MARTÍN F., SÁNCHEZ RON D., 2009. Regiones de procedencia de especies forestales en España. Organismo Autónomo Parques Nacionales, Madrid. pp. 215-218.
- ARBEZ M., 1993. Conservation of forest genetic resources. Report on the follow-up of the Strasbourg Resolution 1990. En: Ministerial Conference on the protection of forest in Europe. Ministry of Agriculture and Forestry of Finland Publisher, Helsinki. pp. 59-64.
- BARSOUM N., 2000. The balance of black poplar (*Populus nigra*) regeneration strategies as a function of hydrology on floodplains. En: *Populus nigra* network. Report of the sixth meeting, 6-8 February, 2000, Isle sur La Sorgue, France. IPGRI, Rome. pp. 46-50.
- BARSOUM N., 2001. Regeneration - requirements and promotion measures. En: *In situ conservation of Populus nigra* (Lefèvre F., Barsoum N., Heinze B. et al., eds.) IPGRI, Rome. pp. 16-24.
- BRAATNE J.F., ROOD S.B., HEILMAN P.E., 1996. Life history, ecology and conservation of riparian cottonwoods in North America. Biology of *Populus* and its implications for management and conservation. NRC Research Press, Ottawa. 539 pp.
- CASTRO P., GUERRERO J., MUÑOZ M.A., 2001. Plan de restauración del bosque de ribera en la Reserva Natural de los Galachos (Zaragoza). Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón - Serie: Investigación. Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón, Zaragoza.
- CATALÁN G., 1991. Semillas de árboles y arbustos forestales. Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid. pp. 300-304.
- CHS (Confederación Hidrográfica del Segura), 2008. Manual de Restauración de riberas en la Cuenca del río Segura [en línea]. Disponible en: <http://www.chsegura.es/chs/cuenca/restauracionderios/riberas/> [6 Jun 2010]
- COTTREL J.E., TABBENER H.E., MILNER A., CONNELLY T., STORME V., BOERJAN W., VANDEN BROECK A., IVENS B., HALFMAERTEN D., VAN SLYCKEN J., CASTIGLIONE S., GRASSI F., FOSSATI T., LEFÈVRE F., IMBERT E., FLUCH S., KRYSZTUFK V., BURG K., BORDACS S., GEBHARDT K., VORNAM B., POHL A., ALBA N., AGÚNDEZ D., MAESTRO C., NOTIVOL E., BOVENSCHEN J., VAN DAM B.C., VAN DERSCHOOT J., VOSMAN B., SMULDERS J.M., 2004. Postglacial migration of *Populus nigra* L.: lessons learnt from chloroplast DNA. For. Ecol. Manage. 203, 71-90.
- DE JAIME C.H., HERRERO F., 2007. El chopo cabecero en el Sur de Aragón: identidad de un paisaje. Colección 'El patrimonio olvidado' nº 3. Centro de Estudios del Jiloca, Calamocha.
- EUFORGEN (European Forest Genetic Resources Program). Identification sheet for black poplar [en línea]. Disponible en: http://www.euforgen.org/public_awareness_material.html. [5 Jun 2010].
- GARCÍA DEL BARRIO J.M., DE MIGUEL J., ALÍA R., IGLESIAS S., 2001. Regiones de identificación y utilización de material forestal de reproducción. Dirección General de Conservación de la Naturaleza. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- GONZÁLEZ DEL TÁNAGO M., GARCÍA DE JALÓN D., 2006. Propuesta de guía metodológica para la restauración de los ríos y sus riberas. En: Seminario Internacional de Restauración de Ríos. 19-21 de septiembre. Madrid.

- HEINZE B., 1998. Biochemical and molecular genetic methods available for the characterization of *Populus nigra* L. En: *Populus nigra* Network. Report of the fourth meeting, Geraardsbergen, Belgium. IPGRI, Rome. pp. 43-70.
- HEINZE B., 2008. Genetic traces of cultivated hybrid poplars in the Offspring of native *Populus nigra* in Austria. *Preslia* 80, 365-374.
- HERRERO F., 2004. El chopo cabecero (*Populus nigra* L.): cartografía y estudio de la población actual en los bosques de ribera de la cuenca del río Pancrudo (Teruel). Propuestas de gestión. Memoria Fin de Carrera, Escuela Politécnica Superior de Gandía. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.
- ISTA (International Seed Testing Association), 2011. International rules for seed testing. Edition 2011. ISTA, Bassersdorf, Switzerland.
- KARRENBERG S., SUTER M., 2003. Phenotypic trade-offs in the sexual reproduction of *Salicaceae* from Floodplains. *Am. J. Bot.* 90(5), 749-754.
- LARA F., GARILLETI R., CALLEJA J.A., 2004. La vegetación de ribera de la mitad norte española. Centro de Estudios de Técnicas Aplicadas del CEDEX. Serie Monografías, 81. Madrid.
- LEFÈVRE F., HEINZE B., 2001. Genetic considerations for the restoration of riparian populations. EUFORGEN Technical Bulletin: *In situ* conservation of *Populus nigra*. IPGRI, Rome. pp. 25-35.
- LEFÈVRE F., LEGIONNET A., DE VRIES S., TUROK J., 1998. Strategies for the conservation of a pioneer tree species, *Populus nigra*, in Europe. *Genet. Evol.* 30 (1), S181-S196.
- LEFÈVRE F., KAJBA D., HEINZE B., ROTACH P., DE VRIES S., TUROK J., 2001. Black Poplar: a model for gene resource conservation in forests ecosystems. *For. Chron.* 77(2), 239-244.
- MAESTRO C., 2007. Guía técnica para la conservación genética y utilización del Chopo negro europeo (*Populus nigra*) en España. *Foresta* 37.
- MAESTRO C., ALBA N., 2008 a. Germplasm collections of native poplars (*Populus nigra* and *Populus alba*) in Spain: management and use. En: International Poplar Commission 23 Session, Beijing.
- MAESTRO C., ALBA N., 2008 b. Material Forestal de Reproducción de *Populus* autóctonos: propuestas para la restauración de riberas. *Cuad. Soc. Esp. Cienc. For.* 24, 57-62.
- MAESTRO C., ALBA N., AGÚNDEZ D., 2001. Conservación *ex situ* de *Populus nigra* en España: caracterización morfológica e isoenzimática de las colecciones establecidas. En: Actas del I Simposio del Chopo. Junta de Castilla y León. pp. 401- 409.
- MARM (Ministerio de Medio Ambiente, Rural y Marino), 2010. Restauración de Ríos. Bases de la Estrategia Nacional de Restauración de Ríos. [en línea] Disponible en: (http://www.mma.es/portal/secciones/acm/aguas_continent_zonas_asoc/dominio_hidraulico/conserv_restaur/Jornadas_Publicaciones_ENRR.htm) [15 Dic 2010]
- MARTINEZ T., 1996. Datos preliminares sobre la evolución de la reforestación-restauración efectuada en las riberas del Henares en la Finca 'El Encín'. *Boletín Agrario* 1, 26-30.
- MULLER C., TEISSIER DU CROS E., 1982. Conservation pendant 5 ans de graines de peupliers noirs (*Populus nigra* L.). *Ann. For. Sci.* 39, 179-185.
- PADRÓ A., ORENSANZ J., 1987. El chopo y su cultivo. Secretaría General Técnica, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid.
- PETERKEN G.F., HUGUES F.M.R., 1995. Restoration of floodplain forests in Britain. *Forestry* 68(3), 187-202.
- ROOD S.B., HILLMAN C., SANCHE T., MAHONEY J.M., 1994. Clonal reproduction of riparian cottonwoods in southern Alberta. *Can. J. Bot.* 72, 1766-1774.
- ROOD S.B., KALISCHUK A.R., POLZIN M.L., BRAATNE J.H., 2003. Branch propagation, not cladogenesis, permits dispersive, clonal reproduction of riparian cottonwoods. *For. Ecol. Manage.* 186, 227-242.

- RUIZ DE LA TORRE J., 2006. Flora Mayor. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Dirección General para la Biodiversidad, Madrid. pp. 495-501.
- SMULDERS M.J.M., COTTRELL J., LEFÈVRE F., VAN DER SCHOOT J., ARENS P., VOSMAN B., TABBERNER H.B., GRASSI F., FOSSATI T., CASTIGLIONE S., KRYSSTUFEK V., FLUCH S., BURG K., VORNAM V., POHL A., GEBHARDT K., MAESTRO C., ALBA N., AGÚNDEZ D., NOTIVOL E., VOLOSYANCHUCK R., POSPIŠKOVÁ M., BOVENSCHEN J., VAN DAM B.C., HALFMAERTEN D., IVENS B., VAN SLYCKEN J., VANDEN BROECK A., STORME V., BOERJAN W., 2008. Structure of the genetic diversity in Black poplar (*Populus nigra* L.) populations across European river systems. Consequences for conservation and nature development. *For. Ecol. Manage.* 255, 1388-1399.
- STANTON B.J., VILLAR M., 1996. Controlled reproduction of *Populus*. En: *Biology of Populus and its implications for management and conservation*. NRC Research Press, Ottawa. 539 pp.
- STORME V., VANDEN BROECK A., IVENS B., HALFMAERTEN D., VAN SLYCKEN J., CASTIGLIONE S., GRASSI F., FOSSATI T., COTTRELL J.E., TABBERNER H.E., LEFÈVRE F., SAINTAGNE C., FLUCH S., KRYSSTUFEK V., BURG, K., BORDACS S., BOROVIĆ A., GEBHARDT K., VORNAM B., POHL A., ALBA A., AGÚNDEZ D., MAESTRO C., NOTIVOL E., BOVENSCHEN J., VAN DAM B.C., VAN DER SCHOOT J., VOSMAN B., BOERJAN W., SMULDERS M.J. M., 2004. *Ex-situ* conservation of Black poplar in Europe: genetic diversity in nine gene bank collections and their value for nature development. *Theor. Appl. Genet.* 108, 969-981.
- VAN DAM B.C., BORDACS S., 2002. Genetic diversity in river populations of European Black Poplar. Implications for riparian eco-system management. En: *Proceedings of an International Symposium* (Van Dam B., Bordacs S., eds.), Szekszard, Hungary.
- VANDEN BROECK A., 2007. EUFORGEN Guía técnica para la conservación genética y uso del chopo negro europeo (*Populus nigra*).
- VANDEN BROECK A., QUATAERT P., ROLDÁN-RUIZ I., VAN BOCKSTAELE E., VAN SLYCKEN J., 2003. Pollen competition in *Populus* females revealed by microsatellite markers. *For. Genet.* 10(3), 219-227.
- VANDEN BROECK A., STORME V., COTTRELL J.E., BOERJAN W., VAN BOCKSTAELE E., QUATAERT P., VAN SLYCKEN J., 2004. Gene flow between cultivated poplars and native black poplar (*Populus nigra* L.): a case study along the river Meuse on the Dutch-Belgian border. *For. Ecol. Manage.* 197, 307-310.
- VAN SLYCKEN J., 1996. Plant descriptors for *Populus nigra*. En: *Populus nigra* Network. Report of the second meeting, 10-12 September, 1995, Casale Monferrato, (Turok J., Lefèvre F., Cagelli L., De Vries S., eds.). IPGRI, Rome. pp. 13-24.
- VIETTO L., CHIARABAGLIO P.M., 2004. Restoration of floodplain woodlands with native poplars (*Populus nigra* L. and *Populus alba* L.) in Italy: some cases study on the Po river. En: *River restoration. Principles, Processes, Practices*. Proceedings of the 3rd International Conferences on River Restoration in Europe. Zagreb. pp. 375-381.
- VIETTO L., VANDEN BROECK A., VAN LOOY K., TAUTENHAHN M., CHIARABAGLIO P.M., 2008. Matching the needs for the European Black Poplar (*Populus nigra* L.) gene conservation and river restoration: case studies in Italy, Belgium and Germany. En: *Proceedings of the 4th ECRR Conference on River Restoration*. Venice S. Servolo Island, Italy. pp. 157-166.
- WHITE J., 1993. Black poplar: the most endangered native timber tree in Britain. *For. Comm. Res. Information Note* 239.
- ZSUFFA L., 1974. The Genetics of *Populus nigra* L. *Ann. For.* 6(2), 29-53.

Populus tremula L.

Temblón, álamo temblón, chopo temblón, lamparilla, tiemblo, tremolín, tremoleta (Pirineos); *cat.*: trèmol, alba borda (Ampurdán), àlber bord, tremolí, tremolisos (Lérida), trem y trémo (Valle de Arán); *eusk.*: lertxuna, busontza, burzuntza, ikara, zunzuna

Rosario SIERRA DE GRADO, Pablo MARTÍNEZ ZURIMENDI

1. Descripción

1.1. Morfología

El álamo temblón pertenece a la sección *Leuce* (= sección *Populus*) subsección *Trepidae* del género *Populus*. Es una especie caducifolia, cuyo tronco típicamente alcanza los 15 a 25 m de altura y 50 cm de diámetro normal. El fuste es cilíndrico, con buena poda natural, que a veces deja señales muy marcadas de la cicatrización. Es de porte esbelto, con una copa oval y ligera, dando en general poca sombra (Ceballos y Ruiz de la Torre, 1971). La corteza es lisa, gris-verdosa y con marcadas lenticelas. Sin embargo, como en muchos de los caracteres morfológicos, se observa una gran variación entre diferentes localidades. Así, la corteza puede ser verdosa, amarillenta, grisácea o blanquecina. En los ejemplares más viejos se agrieta longitudinalmente y oscurece en la base del tronco, aunque en algunas zonas se encuentran ejemplares de escaso diámetro con ese aspecto (Villar, 1998; Oria de Rueda, 2003).

Los ramillos del año son cilíndricos, lampiños y lustrosos, de color pardo grisáceo o verde oliva. Las yemas son lampiñas, lustrosas y algo pegajosas, debido a la secreción dulzona que cierra las escamas. Su color es pardo rojizo, marrón claro o pardo oscuro. En general son puntiagudas, siendo las foliares más alargadas y las florales más globosas.

La característica más notable de las hojas es su movimiento, agitándose o “temblando” con la mínima brisa que sople. Esta circunstancia se debe a su pecíolo, largo (4-8 cm), plano y flexible, del que la hoja cuelga frecuentemente. El limbo es redondeado o suborbicular (3-8 cm de longitud) y el margen festoneado con dientes ondulados. Las hojas son lampiñas en su madurez. Su color pasa del rojizo al brotar al verde en pleno desarrollo, más pálido en el envés. En otoño exhibe una policromía de dorados, rojos, morados, verdes y un sinfín de matices que le confieren un gran atractivo paisajístico. Otra marcada característica de las hojas del temblón es su alta palatabilidad para los herbívoros. Las hojas turionales o juveniles se diferencian mucho de las de los braquiblastos, presentando formas acorazonadas, agudas o truncadas, con envés grisáceo tomentoso, de pecíolo corto y a veces tamaño más grande. La diversidad en la morfología foliar ha permitido definir multitud de variedades (Barnes y Han, 1993; Oria de Rueda, 2000). Gran parte de ellas se pueden encontrar en España, como la forma *microphylla* Brown & Schneid (1-3 cm de limbo), la *macrophylla* Hn., de hojas muy grandes, la var. *villosa* (Lang) Wesm. con ramillos pelosos, *flavelliformis* Karhu. con el limbo en abanico o la *gredense*, de hojas

alargadas (Oria de Rueda, 2003). El sistema radical es muy extenso y superficial. La longevidad del álamo temblón es de unos 70 a 80 años, siendo escasos los ejemplares que superan el siglo de edad, aunque por su capacidad de propagación vegetativa pueden existir clones de varios siglos.

1.2. Biología reproductiva

El chopo temblón es un árbol dioico de floración previa a la aparición de las hojas. Las inflorescencias consisten en amentos péndulos, de 8 a 10 cm de longitud los masculinos y de 12 a 15 cm los femeninos. Las brácteas de los amentos son pelosas y de forma palmeada con lóbulos estrechos y laciniados. La flor masculina porta entre 4 y 12 estambres con filamentos cortos y blanquecinos y anteras purpúreas y la femenina dos estigmas bífidos también purpúreos. Los amentos masculinos pueden distinguirse en el árbol por el color amarillo del polen; se marchitan rápidamente y pierden brácteas, dejando parte del raquis desnudo antes de caer. Florece a partir de los 15-20 años de edad.

La iniciación de las yemas ocurre justo después de brotar las hojas en la primavera, y la diferenciación de las yemas –en vegetativas o florales– un mes después (Easton, 1997). La floración tiene lugar entre febrero y abril en nuestras latitudes, madurando los frutos a continuación, de manera que en pocas semanas (4 a 8) se completa la producción de semillas y su diseminación. En invernadero, en ramas cortadas de 1,5 a 2 m de longitud, con su base sumergida en agua, desde la apertura de las yemas femeninas hasta la diseminación pasan alrededor de 26 días. En el caso de las yemas masculinas, desde su apertura hasta la dispersión del polen transcurren entre 7 y 10 días (Marciel, 2002).

La abundancia de la floración está condicionada por las características del año en que se forman las yemas florales. Veranos secos y cálidos e inviernos fríos favorecen la floración en la siguiente primavera, mientras que veranos templados y húmedos, propios del clima oceánico, la inhiben. En el norte de España y Europa central el álamo temblón florece y produce semilla con frecuencia, aunque con fuertes oscilaciones, mientras que en las Islas Británicas lo hace muy raramente (Easton, 1997; Worrell *et al.*, 1999; Sierra de Grado *et al.*, 2003). La fenología de la floración también sufre variaciones con las condiciones climáticas de cada año. Además, existe variación entre y dentro de rodales en la fecha de comienzo de la floración. Dentro del mismo árbol, no todos los amentos maduran a la vez, ampliando el período fértil del árbol. Y dentro de un mismo amento puede hablarse también de un gradiente de maduración, de forma que ésta comienza en las flores ubicadas en la base del amento y continúa hacia el ápice del mismo. Se ha observado que la floración masculina es más variable dentro de un rodal que la femenina, pudiendo encontrarse en una misma fecha amentos masculinos en un más amplio rango de fases fenológicas que los femeninos (Álvarez, 2000; Marciel, 2002). Es importante tener en cuenta la sincronía de la floración masculina y femenina para valorar las posibilidades de cruzamiento entre distintos árboles o rodales. La polinización es anemófila. Los frutos son capsulares, verdes, de unos 3-4 mm.

Diversos estudios apuntan a un frecuente desequilibrio de sexos en las poblaciones de *Populus tremula*. Parece más común encontrar predominancia masculina (MacKenzie, 2010), como es el caso de las poblaciones de Castilla y León, pero también hay referencias

de equilibrio o predominancia femenina (Worrell, 1995 a; Worrell *et al.*, 1999; Sierra de Grado *et al.*, 2003). Para explicar esta situación se ha apelado a factores ambientales y de edad del rodal, planteando una posible mortalidad diferencial de los sexos (Grant y Mitton, 1979; Stanton y Villar, 1996), pero hay aún bastante incertidumbre sobre el tema. Aunque la especie es eminentemente dioica, hay referencias sobre ejemplares monoicos (Seitz, 1952 y Gramuglio, 1962 citados en Worrell, 1995 a). Lester (1963) encontró en *Populus tremuloides*, especie americana muy semejante al álamo temblón europeo, flores con formas intersexuales, flores bisexuales con estambres y carpelos bien desarrollados e inflorescencias bisexuales con flores femeninas y flores masculinas, así como formas de transición entre yema floral y foliar. En *Populus alba* se ha encontrado también este tipo de variantes (ver la ficha de esta especie). La insuficiente polinización puede ser un factor importante en la producción de semillas. Los amentos con escasa o nula polinización pueden llegar a desarrollar frutos, aunque ralos, poco vigorosos y sin semillas (Marciel, 2002). Rodales unisexuales femeninos alejados de pies masculinos pueden presentar este problema. Álvarez *et al.* (2001) refieren que de cuatro rodales femeninos estudiados sólo dos produjeron semillas fértiles, mientras que en cuatro rodales mixtos se obtuvo semillas de todos ellos. El polen del álamo temblón es difícil de distinguir del de otras especies del género *Populus* y su fina pared lo hace menos duradero que el de otros géneros, por lo que su utilidad en estudios palinológicos es limitada. La ausencia de polen de *P. tremula* en Inglaterra y Gales desde hace 8.000 años y en Escocia desde hace 4.000 ha llevado a especular sobre su posible persistencia a través de propagación vegetativa durante ese período (Easton, 1997).

Las semillas son muy pequeñas, dotadas de una pelusa blanca y algodonosa que le permite ser arrastrada por el viento a muy larga distancia. La formación de las semillas es rápida y su diseminación comienza enseguida. Gracias al vilano y a su ligereza pueden llegar a grandes distancias. La producción de semillas es muy elevada si la polinización ha sido adecuada. Un álamo temblón puede llegar a desarrollar decenas de miles de amentos en un buen año de floración (Worrell *et al.*, 1999) y cada amento produce entre 100 y 500 semillas. Las semillas son diminutas (en un kilogramo puede haber entre 6 y 17 millones de semillas), lo que hace que su manejo sea delicado.

Las semillas del álamo temblón se dispersan por el viento a grandes distancias y forman un tapiz algodonoso sobre el suelo o quedan retenidas en oquedades del terreno. Este banco de semillas es, sin embargo, efímero por la rápida pérdida de viabilidad de las mismas. Estas semillas son bastante exigentes en cuanto a las condiciones de temperatura y humedad para la germinación, pero si las encuentran germinan en pocas horas y en gran abundancia. Posteriormente, el establecimiento de las pequeñas plántulas también es una etapa delicada, necesitando un sustrato húmedo y removido, en un terreno descubierto, sin competencia. En su primera etapa las plántulas son muy vulnerables, una lluvia puede descalzarlas y un poco de sequedad superficial provocar su marchitamiento (Easton, 1997). Otro factor que puede acabar con ellas es la presencia de herbívoros, para los que los jóvenes álamos temblones son muy apetecibles. En Finlandia, analizando los efectos de la humedad del suelo y de quemas prescritas en la regeneración natural, Latva-Karjanmaa *et al.* (2003 y 2006) constataron que la frecuencia de aparición de plantas es cuarenta veces mayor en suelo mineral que en el humus. La eliminación de la competencia y de los efectos alelopáticos de las plantas competidoras mediante el fuego también son

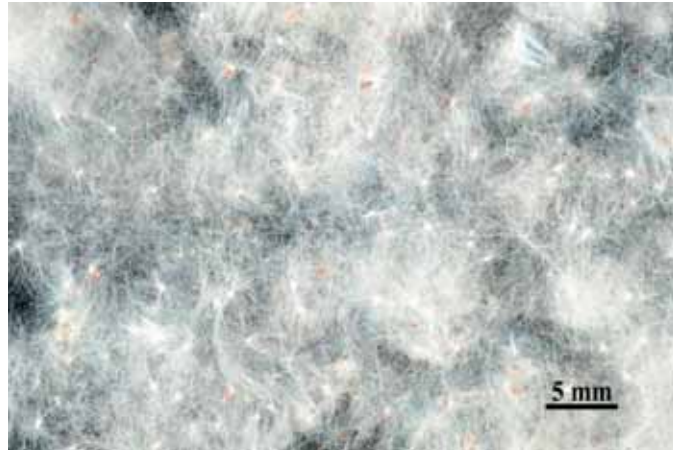


Figura 2. Semillas de *Populus tremula*.

Figura 1. Amentos fructíferos de *Populus tremula*
(Foto: J.I. García Viñas).

favorables para la regeneración. La supervivencia de las plantas en su primer verano es baja (10-20%) y el primer invierno sobrevive el 45% de las restantes en función de las condiciones de humedad del terreno.

Una vez que uno o varios individuos hayan conseguido establecerse, comienzan a desarrollar un extenso sistema de raíces que pueden producir numerosos brotes de raíz. Si bien no está clara la edad a la que los brinzales comienzan a brotar de raíz, se sabe que muchos brotes surgen de raíces finas, con diámetros entre 0,5 y 2 cm. Con estos brotes el rodal se hace más denso y se extiende, y en este estado ya puede soportar un cierto empedramiento, capas de hojarasca y algo de sombra. La emisión de brotes de raíz permite al álamo temblón propagarse cuando alrededor vegetan especies alelopáticas, como algunas ericáceas (*Vaccinium myrtillus*, *Erica australis*, *E. umbellata*, etc.) (Jäderlund *et al.*, 1996; Bengoa *et al.*, 2003). La capacidad de emitir brotes de raíz del álamo temblón es muy destacable: un árbol puede producir cientos o incluso miles de brotes, a partir de una adecuada red de raíces superficiales y someras. El temblón posee una gran capacidad de emisión de renuevos: esta característica es notoria en todas las ubicaciones de la planta y se agudiza de manera extraordinaria en prados de siega y en parcelas de césped próximas a temblones; las heridas causadas a las raíces y el recorte de los brotes promueve la proliferación de éstos; esta gran proliferación se da también en las inmediaciones de los árboles cortados. Se han citado árboles que emiten brotes a 40 m de distancia y densidades de regenerados de 100.000 brotes por hectárea (Johansson, 1996). Incluso, si la principal parte aérea es destruida, por ejemplo por incendio, corta o vendaval, las raíces pueden permanecer vivas durante mucho tiempo, emitiendo de cuando en cuando brotes que, según las condiciones, podrían volver a restablecer el rodal (Bengoa *et al.*, 2003). Esta estrategia origina generalmente una estructura policlonal y con distribución en falange de los clones, y causa que la forma principal de masa tienda a ser regular o semirregular, apareciendo en muchos casos una sola clase de edad o dos

clases de edad consecutivas. La composición multiclonal de muchos bosquetes de álamo temblón ha sido avalada por diversos estudios realizados con marcadores moleculares, principalmente isoenzimas y microsatélites (Culot, 1993; Easton, 1997; López de Heredia *et al.*, 2001; Suvanto y Latva-Karjanmaa, 2005; Sierra de Grado *et al.* 2006; De Woody *et al.*, 2009; Escudero, 2009). Se observa en estos estudios una correlación positiva entre el tamaño de la población muestreada y el número de clones encontrado, así como entre la intensidad de muestreo y el número de clones. No obstante, se puede concluir que salvo en golpes de árboles muy pequeños, la situación esperable es la coexistencia de varios clones que aluden al origen del rodal a partir de varias semillas.

Una vez colonizado el terreno y establecido el rodal, comienza una fase de competencia entre clones, en la que tendrían ventaja aquéllos con mayor capacidad de propagación vegetativa y mayor adaptabilidad a las diferentes condiciones ambientales que se fueran sucediendo. El rodal llegaría a estar formado por varios clones de diferentes tamaños, algunos de los cuales, con el tiempo, se harán dominantes en el rodal. La disminución de la diversidad genética del rodal, el envejecimiento de los clones y la competencia originada por otras especies de etapas sucesionales más avanzadas podría significar el final del rodal, cuyas últimas fases probablemente presentarán menor vigor y peor estado fitosanitario. En el tiempo que dure el rodal, que puede ser de varios siglos, si no hay perturbaciones que abran claros, la regeneración por semillas dentro del rodal sería prácticamente nula. Incluso si se abren claros, los brinzales tendrían que competir con los brotes de raíces ya establecidos. Por tanto, la regeneración sexual tendría éxito principalmente en la instalación de nuevos rodales en territorios despoblados, mientras que la persistencia de los bosquetes se mantendría más bien a costa de la propagación vegetativa. Las poblaciones de esta especie, por tanto, encajarían en el concepto de metapoblación descrito para *Populus nigra* (Lefèvre *et al.*, 2001), con procesos continuos de colonización y extinción local. Muchos autores han relacionado una decadencia de las tembledas en las últimas décadas, tanto en Europa como en América (refiriéndose a *P. tremuloides*), con el control del fuego, avenidas extraordinarias y otras perturbaciones, más el efecto de los herbívoros, incrementado al descender las poblaciones de depredadores (Mackenzie, 2010). Estos factores intensificarían la extinción de bosquetes al tiempo que restarían posibilidades a la colonización.

El temblón se hibrida naturalmente con *P. alba* dando origen al álamo cano (*P. x canescens*). Como también se ha mencionado en la parte referida a *P. alba*, se han descrito rasgos intermedios para caracterizarlo, pero la gran variación morfológica en los híbridos y en los parentales origina gran incertidumbre. El hábitat suele ser una fuente complementaria de información, que hace sospechar el carácter híbrido de ejemplares de aspecto morfológico de temblón fuera de su hábitat montano o viceversa. Los estudios con marcadores moleculares corroboran la existencia de enjambres híbridos, en los que conviven parentales, híbridos de varias generaciones y sucesivos retrocruzamientos (Lexer *et al.*, 2005; Santos, 2009; Fussi *et al.*, 2010), dando lugar a poblaciones que ofrecen una variada morfología, desde las formas más típicas del álamo blanco hasta las clásicas del temblón, pasando por todos los tipos intermedios (Brendell, 1990). El álamo cano tiene gran interés en reforestación, por sus adaptaciones a terrenos más secos, básicos y pesados que el temblón, incluso margosos y con yeso como en algunas comarcas de Castilla y León, Rioja alavesa, Castilla-La Mancha o Aragón (Oria de Rueda, 2003).

Se ha citado también en terrenos con salinidad edáfica y próximos al mar (Brendell, 1990). Dadas sus múltiples adaptaciones edáficas y climáticas, y su buen desarrollo en muchas estaciones, el álamo cano se destaca como una fuente de variabilidad genética fundamental para desarrollar nuevos clones para la populicultura española.

Populus tremula hibrida también fácilmente con *P. tremuloides*, dando semilla fértil y viable. Dadas las grandes similitudes morfológicas y genéticas se ha llegado a proponer que en realidad ambas especies, junto con *P. davidiana* (álamo coreano), son una única superespecie circumpolar, procedente de un ancestro común que sufrió una separación geográfica (Cervera *et al.*, 2005).

1.3. Distribución y ecología

El álamo temblón presenta un área de distribución extensísima, apareciendo desde los 38° de latitud en el norte de África hasta los 71° en Noruega. Su ámbito abarca toda Europa, y gran parte de Asia, principalmente por Rusia (hasta Siberia), Mongolia, China y Japón. Una amplia distribución por Norteamérica presenta *Populus tremuloides* que, como se ha dicho, es una especie muy cercana a la que nos ocupa y con la que comparte características ecológicas y una notable variabilidad genética, morfológica y ecotípica (Barnes y Han, 1993).

En consonancia con su amplia área de distribución, la valencia ecológica del temblón es asimismo muy amplia, especialmente en sus exigencias climáticas. Presenta una notable tolerancia al frío en invierno, con referencias en Escandinavia hasta de heladas de -40 °C y requerimientos de calor muy bajos durante el período vegetativo, siendo suficiente una temperatura media de 7,6 °C entre junio y septiembre (Börset, 1960). Esta tolerancia le permite alcanzar altitudes y latitudes muy elevadas. Por otra parte, también es capaz de vegetar en altitudes bajas, en zonas templadas y secas, siempre que haya suficiente humedad edáfica.

Prefiere suelos sueltos y con cierta riqueza nutritiva. Aunque no es muy exigente, se han observado correlaciones positivas entre el contenido en nutrientes del suelo y el índice de sitio del álamo temblón (Walters *et al.*, 1990; Johansson, 1996). Se desarrolla en suelos arenosos, limosos y algo arcillosos (con porcentajes de arcilla menores del 40%). Asimismo, aparece con preferencia en suelos sin caliza, aunque a veces se lo encuentra en rendzinas no descarboxatadas (Bengoa *et al.*, 2003). Los suelos habituales del álamo temblón son los bien drenados, pero en las zonas más secas puede abastecerse de las aguas freáticas, incluso en turberas y suelos de gley. Por eso en la Península Ibérica, límite sudoccidental de su distribución mundial, se encuentra con frecuencia en bordes de pantanos, sotos y riberas.

Es una especie heliófila, como corresponde a su carácter pionero, si bien los brotes de raíz soportan algo de sombra, sobre todo en los sitios más cálidos. Las tembledas en España suelen ser pequeñas, generalmente no mayores de una o dos hectáreas. Aparecen *de novo* solamente en zonas desnudas. Por ello son típicos en zonas que han sido perturbadas por incendios, avalanchas o cortas, taludes y cunetas, antiguos claros abiertos para el carboneo, prados de siega y huertos abandonados. En estos sitios se comporta como especie pionera y frecuentemente acompaña a otras pioneras, como los abedules. La

colonización de campos y praderas abandonados se ha observado también en el norte y centro de Europa (Kuusela y Salminen, 1991). Es muy conocida la capacidad del álamo temblón de colonizar terrenos incendiados y pueden verse numerosos ejemplos de ello en las montañas del norte peninsular (Bengoa *et al.*, 2003).

Las comunidades micorrícicas de los rodales de álamo temblón son especialmente profusas y diversas. *Populus tremula* mantiene tanto ectomicorrizas como endomicorrizas de tipo vesicular-arbuscular (VA). Esta ambivalencia es útil para que las semillas que germinen muy alejadas del árbol puedan verse ayudadas con las micorrizas VA que tengan las herbáceas que encuentren en el lugar de germinación. Al crecer, los árboles mejorarán las condiciones del suelo y la cantidad de materia orgánica, pudiendo formarse las ectomicorrizas, que son más exigentes (Smith y Read, 1997). Dentro de los hongos micorrícicos hay que distinguir entre el grupo de los pioneros o colonizadores, en el que se incluye a especies como *Hebeloma crustuliniforme* o *Laccaria laccata*, poco específicos, que fructifican abundantemente con árboles muy jóvenes y que se asocian con los álamos temblones en los primeros años. Más tarde podrán instalarse y fructificar los consolidadores o específicos, propios de los estadios de madurez de los árboles, como son *Leccinum aurantiacum* y *Lactarius controversus* (Oria de Rueda, 2003).

Es árbol de escasa longevidad, alcanzando muy raramente los 100 años, y siendo lo normal que crezca hasta una edad entre 50 y 80 años. No obstante, hay referencias de ejemplares con 150 ó 200 años (Kuusinen, 1995). Hay que tener en cuenta que la desaparición de un pie no indica la desaparición del organismo, ya que pueden persistir las raíces, con capacidad de rebrote, y otros ramets del mismo clon. Como ya se ha comentado anteriormente, hay indicios de clones con varios siglos de antigüedad e incluso se especula con clones que han podido durar varios milenios (Easton, 1997; Suvanto y Latva-Karjanmaa, 2005). Esto permite al temblón tener un comportamiento de especie pionera y, a la vez, persistir en las posteriores etapas seriales, sobre todo en zonas de suelos húmedos con episodios de encharcamiento, pero también en gleras y canchales móviles, donde compite con ventaja frente a otras especies arbóreas más tolerantes a la sombra. Se trata, pues, de formaciones de gran estabilidad.

2. Materiales forestales de reproducción

2.1. Marco normativo. Identificación de los materiales de reproducción

El género *Populus* y sus híbridos están incluidos en la normativa europea y estatal relativa a la comercialización de los materiales forestales de reproducción, cuya aplicación estará condicionada a su empleo con fines selvícolas. Sus regiones de procedencia han sido establecidas por el método divisivo (Fig. 3), cuyas características se definen en la Tabla 1 (García del Barrio *et al.*, 2001; Alía *et al.*, 2009).

En el caso del álamo temblón, hay actualmente registradas un total de 102 fuentes semilleras correspondientes a diez regiones de procedencia, siendo reseñable que las regiones pirenaicas y del extremo nororiental, donde hay mayor representatividad de la especie, no cuentan con ninguna. En el capítulo dedicado a *P. alba* en este volumen, se indican ciertos aspectos normativos que deben tenerse en cuenta en relación con

las especies autóctonas del género *Populus* cuando se van a dedicar a objetivos de restauración ecológica y forestal. Para estos casos conviene resaltar el interés de producir plantas a partir de semillas de categoría identificada, que permite obtener lotes con mayor diversidad genética.



Figura 3. Distribución de *Populus tremula* y Regiones de Procedencia de sus materiales de reproducción (Alía *et al.*, 2009).

Para recoger una alta diversidad se recomienda recolectar en el máximo número de rodales posible y, dentro de rodales, en pies distantes y, a ser posible, con barreras entre sí, como cambios bruscos de pendiente, existencia de ríos, etc. que hayan podido dificultar el avance de las raíces. Indicadores de diferentes genotipos en el campo son la fenología y la morfología foliar, especialmente en caracteres no relacionados con el tamaño (López de Heredia *et al.*, 2004). Si se pretende propagar vegetativamente es importante incluir en las recolecciones materiales de ambos sexos.

Populus tremula está catalogada como “De interés especial” en Castilla-La Mancha (D. 33/1998) y como “Especie protegida no catalogada” en la Comunidad Valenciana (O. 6/2013), donde los tremolares tienen la consideración oficial de “Hábitats protegidos”.

El género *Populus* está incluido en la normativa de sanidad vegetal, por lo que sus materiales deben ir acompañados por el correspondiente pasaporte fitosanitario.

Tabla 1. Descripción de las áreas con presencia de *Populus tremula* por región de procedencia (RP: número de la región de procedencia; Pres: presencia de la especie en cada una de las regiones, estimada como el cociente del área de la especie en dicha región respecto del área total de la especie; A: número de meses de déficit hídrico (precipitación media mensual <2 temperatura media mensual); Osc: media anual de la oscilación térmica diaria; Hs: número de meses con helada segura (media mínimas <0 °C); Med: valor medio; Max: valor máximo; Min: valor mínimo; MaxMC: valor máximo del mes más cálido; MinMF: valor mínimo del mes más frío); Tipo de suelo: porcentaje del tipo de suelo según la cartografía Soil Map of the European Communities dentro de cada región de procedencia. La clasificación de suelos utilizada en dicha cartografía es la de FAO de 1974. Las abreviaturas se han actualizado a la clasificación FAO de 1989. Los tipos de suelos inexistentes en la nueva clasificación se han mantenido con los nombres antiguos, asignándoseles nuevas abreviaturas (Rankers: RK, Xerosoles: XE). Sólo se incluyen aquellos suelos que superan el 10% en el conjunto del territorio estudiado).

RP	Pres		Altitud (m)			Precipitación (mm)		A		Temperatura (°C)			Osc	Hs	Tipo de suelo (FAO)
	(%)	(%)	Med	Max	Min	Annual	Estival	(meses)	Med	MaxMC	MinMF	(°C)	(meses)	(%)	
1	0,2	272	536	8	1525	127	0,9	13,4	26,7	3,1	12,1	0	RK(100)		
2	0,5	536	641	471	1184	124	1,1	11,6	25,7	1,7	12,9	0	CMtu(75) RK(25)		
3	0,8	229	421	78	1328	194	0	13	23,7	3,5	10,7	0	CMtu(72) LPc(14) LVx(14)		
4	1,8	893	1650	242	1369	179	0,1	9,9	24,2	-0,9	13,8	2,3	CMtu(63) CMc(25) RK(12)		
5	4,9	1156	1623	795	1072	131	0,8	8,7	25	-3,0	15,4	4,2	CMtu(53) RK(19) CMc(14)		
6	2,5	382	937	52	1517	234	0	12,4	24,1	3	12,3	0	CMc(45) CMtu(32) LVx(18)		
7	2,9	786	1125	236	988	145	0,3	10,5	25,2	0,2	14,6	0,7	CMc(68) CMtu(24)		
8	24,7	1384	2221	644	1047	267	0	8,1	24,7	-4,8	16,9	5,2	CMtu(53) CMc(29)		
9	42	801	1885	218	1025	264	0	11,3	26,9	-1,5	16,5	2,4	CMc(74) CMtu(17)		
10	5,6	376	924	54	894	185	0,5	13,9	28,2	1,4	15,7	0,2	CMd(39) CMc(27) CMtu(18)		
11	3,7	704	1192	457	712	175	0,6	12,2	29,2	-1,0	18,3	1,9	CMc(81) CMe(19)		
14	0,2	783	975	591	536	122	2	11,3	27,5	0	16,3	1	CMc(50) CMg(50)		
15	2,1	1240	1743	691	769	145	0,6	8,9	25,8	-2,7	16,2	4,1	CMc(67) CMtu(28)		
16	1,1	1033	1129	839	682	105	1,8	10,1	27,5	-1,8	16,5	3,2	CMc(30) CMtu(30) CMg(20) CMe(10) FLc(10)		
17	0,6	936	952	909	605	75	2,6	10,6	28,3	-1,4	16,1	3,1	CMc(50) CMtu(25) LVv(25)		

RP	Pres (%)	Altitud (m)			Precipitación (mm)		A (meses)	Temperatura (°C)			Osc (°C)	Hs (meses)	Tipo de suelo (FAO)
		Med	Max	Min	Anual	Estival		Med	MaxMC	MinMF			
19	1,5	1315	1579	804	743	81	2,3	10,1	28,8	-2,4	17,5	4	CMtu(54) CMd(31)
20	2,9	1429	1896	861	925	113	1,6	9,1	26,6	-2,5	17,3	3,8	CMtu(80)
21	0,1	982	982	982	572	83	2,8	12	31,2	-0,6	17,9	1,8	CMc(100)
22	0,6	1281	1487	1007	796	119	1,7	9,9	28,9	-2,8	17,8	4,3	CMc(100)
26	0,5	968	1016	891	606	80	2,7	12,3	31,8	-0,9	19,3	2,2	CMc(75) CMtu(25)
28	0,2	467	535	398	478	51	4,1	15,1	34,5	1,2	19,8	0	FLe(50) LVv(50)
29	0,1	830	830	830	788	72	3	13,6	33,1	0,4	19,4	0	CMe(100)
30	0,2	411	470	351	605	39	3,9	16,1	34,7	3,5	18,5	0	CMe(100)
39	0,1	1632	1632	1632	499	53	3	10,5	28,7	-2,3	16,8	3,7	CMe(100)

2.2. Técnicas de manejo y propagación

Como ya se ha comentado, el temblón produce un gran número de semillas, aunque la expansión de los bosquetes se produce principalmente de manera asexual mediante brotes de raíz. En plantaciones con fines de protección, de conservación de la especie, paisajísticos o multifuncionales se recomienda el uso de plantas de semilla, aunque una mezcla de clones de la procedencia adecuada es una alternativa aceptable (Sierra de Grado *et al.*, 2008). Si el fin es establecer una plantación productiva, pueden utilizarse clones seleccionados para los objetivos deseados.

La propagación de esta especie por semillas es lo más aconsejable y económico (McKenzie, 2010). Las principales dificultades en este tipo de multiplicación son: la obtención de semillas en masas naturales, a menudo alejadas y poco extensas; su laborioso manejo, por su pequeño tamaño y por estar rodeadas de borra, la escasa producción de semilla fértil algunos años, la efímera viabilidad en condiciones naturales y las grandes exigencias para la germinación y la supervivencia de los brinzales (Vicioso, 1951; Ceballos y Ruiz de la Torre, 1971; Padró y Hernández, 1992). No obstante, los brinzales pueden dar muy buen resultado. Carrillo *et al.* (2001) compararon crecimientos de plantas obtenidas por diferentes métodos y cultivadas bajo umbráculo. Comprobaron que los mayores crecimientos se obtuvieron en plantas producidas a partir de semillas, seguidas por las obtenidas mediante cultivo *in vitro*; las producidas a partir de estaquillas de raíz siguieron a las anteriores y las de estaquillas herbáceas presentaron los crecimientos inferiores. Es destacable el mejor comportamiento de las plantas obtenidas de semilla, tanto en supervivencia como en crecimiento, frente a las otras plantas en vivero. La estructura del sistema radical de las plantas procedentes de semilla y de cultivo *in vitro* son similares: densamente fasciculado, con raíces delgadas y flexibles, muy abundantes; las plantas obtenidas a partir de estaquilla de raíz tienen raíces más gruesas y quebradizas, más largas y menos abundantes.

2.2.1. Semillas

La recolección de la semilla puede hacerse en el campo en el momento de la diseminación, bien directamente del árbol o bien en el suelo, aprovechando su acumulación en irregularidades del terreno. Para facilitar y sistematizar la recolección se pueden cortar ramas florales femeninas de 1 a 2 m de longitud y conservar en invernadero, manteniéndolas en cubos con agua renovada cada 2 días, hasta la maduración de los frutos. Una vez maduros, se procede a la recogida manual de las semillas, antes de su dispersión. La eficacia de este sistema depende de que las ramas sean recolectadas en la fase fenológica adecuada. La opción más sencilla es recogerlas desde la plena floración (máxima receptividad de los estigmas) en adelante, para que la fecundación haya sido completada en campo, y así no se requiera polinización artificial. En ese caso, es preferible recoger ramas florales de rodales mixtos y asegurarse de que la dispersión del polen ya se haya efectuado. No obstante, también pueden recolectarse ramas de ambos sexos con las yemas cerradas y, una vez abiertos los amentos, espolvorear polen sobre las flores femeninas. En conjunto, el plazo de recolección va de abril a junio.

Eliminar las fibras de los vilanos facilita la manipulación, aunque no es necesario si se siembran inmediatamente. Para conservar las semillas sí es imprescindible limpiarlas

Tabla 2. Datos característicos de los lotes de semillas de *Populus tremula*.

Pureza (%)	Facultad germinativa (%)	Nº semillas kg ⁻¹	Referencia
40-50	0-100	5.900.000-16.700.000	García del Barrio <i>et al.</i> (2001)
40-50	90-95	6.250.000-16.700.000	Prada y Arizpe (2008)

antes de que transcurra una semana desde su obtención, mediante cribado con una malla fina y aplicando aire comprimido (Prada y Arizpe, 2008). Con semilla recién obtenida se pueden obtener porcentajes muy elevados de germinación (en torno al 90%), tanto en cámara de cultivo –en placas de Petri con papel de filtro o en sustrato–, como en semilleros –con turba y vermiculita–. No obstante, estos resultados pueden variar en diferentes años, por lo que es recomendable sembrar una cantidad elevada de semillas (varias veces superior a la cantidad de planta necesaria), aprovechando la gran producción de semillas de esta especie y su reducido tamaño. Si la siembra no se realiza inmediatamente, las semillas pueden conservarse en frigorífico (a 4 °C) durante al menos mes y medio sin grandes pérdidas de potencia germinativa (Álvarez *et al.*, 2001). Algunas empresas nacionales de suministro de semillas forestales han constatado su viabilidad durante al menos un año a temperaturas bajo 0 °C y, según la bibliografía, las semillas de temblón pueden conservarse viables durante 3 a 5 años guardadas al vacío y a temperaturas de 10 a 20 °C (FAO, 1980). Prada y Arizpe (2008) referencian su conservación en recipientes herméticos, con un contenido de humedad entre el 6 y 8% y a –18 °C, hasta dos años. En este caso la rehidratación debe ser gradual cuando se preparen para la siembra. García del Barrio *et al.* (2001) recomiendan recipientes herméticos con gel de sílice y en ambiente seco y frío (2 °C) para conservar semilla a corto plazo (tres meses) y recipientes herméticos, con temperatura entre –40 °C y 0 °C y 4-8% de contenido de humedad para plazos medios (2 años).

El procedimiento establecido por la ISTA (2011) para la evaluación de la germinación de lotes de semillas del género *Populus* es una alternancia térmica de 20-30 °C, según un ciclo de 16-8 horas, durante al menos 10 días. Las semillas en cámara de germinación tardan unas horas en comenzar el proceso germinativo. A los tres o cuatro días la radícula mide unos 3 mm, el hipocótilo eleva los cotiledones y se desprende el tegumento. Si el semillero se establece directamente en sustrato de turba con vermiculita, el crecimiento de las plantas es muy lento durante el primer mes, acelerándose posteriormente. A los 10-12 días, los cotiledones alcanzan su tamaño final (alrededor de 4 x 4 mm) y aparecen las primeras hojas. Al mes, las plantas miden alrededor de 2 cm y tienen tres o cuatro hojas, y a los dos meses alcanzan alturas entre 15 y 20 cm, mostrando un buen número de hojas juveniles de forma acorazonada.

2.2.2. Vegetativa

Los métodos de producción de plantas de esta especie por multiplicación vegetativa pueden utilizar sierpes, estaquillas de raíz y estaquillas herbáceas, pudiendo obtenerse también mediante cultivo *in vitro*. La multiplicación a partir de estaquillas leñosa de ramas de un año, que es el método usual de propagación de otras especies del mismo

género, no es viable para el temblón; con este método se obtienen tasas de enraizamiento inferiores al 0,01%.

La propagación por sierpe es fácil y bien conocida, siendo el método tradicionalmente practicado en zonas rurales para hacer nuevas plantaciones, mediante el trasplante de los chirpiales generados naturalmente a parcelas próximas. Este método es sencillo y práctico para establecer pequeñas plantaciones, pero es limitado si pretendemos producir plantas a mayor escala, principalmente porque la obtención de estos propágulos en campo es laboriosa. La sierpe es el tallo emitido por la raíz, que puede dar lugar a un nuevo pie de la planta. Las sierpes pueden obtenerse de los rodales en campo: los brotes se descalzan mediante la azada, se separan de su planta original con azada, montero o tijeras de podar, y a continuación se plantan en su ubicación definitiva. En su empleo tradicional, la plantación inmediata en el nuevo destino, generalmente muy próximo, facilitaba el éxito de la operación. El momento adecuado para la obtención de estas plantas es la parada vegetativa. Si puede preverse con antelación, se independizan en el verano las plantas del árbol emisor por corte de las raíces, y se realiza el trasplante en el invierno siguiente (Nesom, 2003).

Se entiende por estaquilla de raíz un esqueje de raíz del árbol que, colocado bajo tierra o sustrato, es capaz de emitir tanto raíces secundarias funcionales como tallos. El empleo de este tipo de estaquilla también es un método tradicional para obtención de plantas. En este caso debe utilizarse material joven, ya que aplicado a material de edad heterogénea recién obtenido en campo da resultados engañosos, a menudo decepcionantes; la calidad de las plantas se controla mal, obteniéndose lotes muy heterogéneos en cuanto a forma y vigor.

Las estaquillas de raíz del temblón emiten primero los tallos y, con retraso de varias semanas, las raíces secundarias. Esto origina que las plántulas procedentes de estaquillas de raíz necesiten riegos frecuentes y un ambiente húmedo para no marchitarse. La aparición de raíces viene inducida por la temperatura, pero la planta requiere un fotoperíodo largo (15 ó 16 horas de luz al día) para brotar: si la temperatura es adecuada pero el día es corto, la planta languidece terminando por morir. La raíz obtenida en campo, cuya edad suele ser desconocida, de grosor heterogéneo y consecución laboriosa e incómoda, genera un bajo porcentaje de plántulas (en torno al 42%) y buena parte de ellas son muy ramosas incluso con tamaños pequeños y presentan portes achaparrados o arrastran pudriciones que terminan con la vida de la planta (Fiz, 2007). Todos estos importantes inconvenientes pueden soslayarse ateniéndose a unas prácticas de cultivo que se indican a continuación y que optimizan los resultados. Con estas prácticas se ha conseguido en torno al 80% de porcentaje de arraigo y plantas de buena calidad (Díez, 1999).

La producción de plantas es más operativa obteniendo las estaquillas de raíz a partir de cepas madre jóvenes cultivadas *ex profeso*. Las plantas de tres savias obtenidas anteriormente mediante cultivo *in vitro* han dado buenos resultados con la mayoría de los clones ensayados. Las plantas jóvenes disponibles se descalzan para obtener las estaquillas. Esta operación debe realizarse al final del invierno, estando las plantas a savia parada. Se limpia la tierra y con una tijera de podar se separan las raíces, que se mantienen en ambiente fresco y rodeadas de turba o musgo húmedos. Se han ensayado dos longitudes, 5 y 10 cm, encontrando mayor porcentaje de brotación (pero no el doble)

en las segundas, así como mayor longitud y diámetro de los brotes. Suponemos viable el uso de tramos de entre 3 y 15 cm de longitud, como recomienda Nesom (2003) para el temblón americano.

Las estaquillas se sumergen en un fungicida disuelto en agua durante 15 minutos. Una vez sacadas y secas se cubren ambos extremos con cera o parafina, para evitar la desecación y se conservan en frigorífico (4 °C) hasta su plantación. No se aplican hormonas. El sustrato para la brotación de las estaquillas de raíz debe ser ligero; las tierras pesadas y arcillosas forman costras que impiden el brote de las plantas y acarrear el fracaso del cultivo. Por tanto, es preferible colocar las estaquillas en contenedores individuales, con mezcla de dos partes de turba y una de vermiculita, y una vez brotada y emitida la raíz, trasplantarlas a las eras de cultivo. Las plántulas procedentes de estaquillas ya brotadas y enraizadas trasplantadas a las eras se desarrollarán bien, aunque la tierra sea algo pesada y arcillosa.

El uso de contenedores individuales proporciona mejor porcentaje de brotación y mayor operatividad en el trasplante. Son muy adecuados los de sección cuadrada, de 8 cm de lado y 10 cm de altura, que permiten la colocación en horizontal de estaquillas de 10 cm de longitud y facilitan la selección de los brotes aéreos, a veces muy numerosos, y el trasplante cuidadoso a las eras. Las estaquillas de raíz emiten gran cantidad de brotes; todos menos uno deben eliminarse para que los recursos de la planta se concentren en un solo tallo viable. En este proceso podemos conseguir cierta cantidad de esquejes herbáceos susceptibles de ser plantados. Las bandejas continuas no facilitan el deshermanado y las bandejas de alvéolos obligan a manipular las plantas cuando todavía son frágiles y pueden romperse al trasplantarlas. Las estaquillas pueden colocarse de manera horizontal, vertical o inclinada. Es preferible disponerlas horizontalmente para despreocuparse de la polaridad.

Como ya se mencionó anteriormente, las estaquillas de raíz deben obtenerse después de las heladas invernales y pueden plantarse en cualquier momento, manteniéndolas en frigorífico durante la espera. Las estaquillas deben colocarse para su brotación en invernadero o bajo umbráculo. La plantación inmediata en un invernadero acondicionado permitirá alargar el período vegetativo y obtener plantas más grandes al final del año. En el caso de no utilizar invernadero, las estaquillas pueden plantarse entre febrero y abril, pero sólo brotarán cuando las condiciones climáticas sean adecuadas.

El uso de invernadero posibilita adelantar el cultivo, consiguiendo que en las fechas de trasplante a era las plantas estén muy desarrolladas. Para optimizar este resultado el invernadero debe estar dotado de calefacción y con posibilidad de regular las horas de luz y mantener alta la humedad relativa. El método óptimo es un sistema de niebla por pulverización (nebulización) intermitente. Es suficiente mantener una humedad relativa media del 80% a lo largo del cultivo, aunque el ideal es conseguir el 100%. El fotoperíodo de 15 horas luz día⁻¹ asegura que las plantas se mantengan en buenas condiciones vegetativas. Se puede conseguir este efecto con iluminación fluorescente de intensidad 100 Wm⁻² con tipo de luz “día”, prolongando artificialmente la iluminación a partir de marzo durante tres horas al atardecer (de 20:00 a 23:00 horas). La temperatura ambiente en torno a 20 °C en el interior del invernadero (máximas 27 °C y mínimas de 9 °C) ha resultado adecuada.

En caso de no disponer de invernadero acondicionado, es preferible colocar las estaquillas en un sencillo umbráculo. La brotación de las mismas se verá retrasada, pero el enraizamiento y la brotación se darán acompasadamente, siendo habitual que la emisión de nuevas raíces se retrase un mes respecto a la de tallos.

En este método de propagación es clave utilizar el tipo de raíces adecuado. Si se han obtenido de plantas producidas en vivero con edades alrededor de 3 años, deben prepararse estaquillas de raíz cortas (hasta 5 ó 10 cm de longitud) y delgadas (menos de 2 cm de grueso) y respetar uno de los brotes que dará lugar a la planta más prometedor. Las estaquillas herbáceas que se obtengan por deshermanado se aprovechan en una línea distinta de producción. Si las raíces son gruesas y proceden de árboles con edades superiores a 5 años o diámetro mayor de 10 cm, entonces es preferible utilizarlas únicamente como fuente de brotes herbáceos, desechando las raíces cuando se haya agotado su capacidad de producir brotes.

También se puede utilizar estaquillas herbáceas, aunque este método exige manejar mucho material, por los bajos rendimientos; requiere un período de adaptación en ambientes de humedad relativa muy alta.

En la bibliografía se encuentran referencias a la utilización de esquejes herbáceos para la consecución de nueva planta. En el libro de álamos y sauces de la FAO (1980) se recomiendan cepas madre para la producción de estaquilla herbácea, con producciones de 40 a 100 estaquillas por cepa al año y se citan éxitos de enraizamiento del 60-90%. Las cepas madre se recepan a alturas de 20-100 cm sobre el suelo, y los brotes se cortan cuando tienen 7 a 10 cm, verdes y con hojas; se seccionan justo por debajo de la axila del brote en la cepa, que vuelve a brotar.

Para abastecer de estaquilla herbácea, Prada y Arizpe (2008) recomiendan estaquillas de raíz de 40 cm, recolectadas en invierno. Luna (2003) recomienda recolectar raíces superficiales (<15 cm de profundidad) de árboles jóvenes (7-10 cm de diámetro normal); que pueden localizarse por líneas de rebrotes que parten del árbol. Se obtienen secciones de raíz de 2 a 9 cm de diámetro y 15 cm de longitud, tapando sus extremos con parafina, se trasladan inmediatamente a un túnel de niebla, se establecen poco cubiertas en un sustrato con 50% de arena y 50% de perlita gruesa, con cama caliente a 23 °C. Los tallos salen abundantemente en 2-3 semanas. Se cortan cuando tienen 2-3 cm de alto y se utilizan como estaquillas herbáceas. En *Trees for life* (2004) se propone un método similar, utilizando también estaquilla de raíz de gran tamaño: más de 30 cm de longitud y diámetros de hasta 6 cm. La raíz se utiliza como fuente continua de estaquilla herbácea, hasta su agotamiento en el otoño, y se sustituye en la primavera siguiente por nuevas raíces obtenidas en campo.

Prada y Arizpe (2008) recomiendan estaquillas herbáceas con 2 entrenudos, de 5 cm de longitud, recolectadas en primavera o verano y con aplicación de 0,5% de auxinas al plantarlas, mientras que Luna (2003) aconseja cortarlas cuando tienen 2-3 cm y tratarlas con ácido indolbutírico (AIB) al 0,2%. El cultivo de estas estaquillas herbáceas requiere un túnel de niebla con cama caliente y sombreado durante el proceso de enraizamiento. Si todo va bien, en 15 días empiezan a enraizar. Tras desarrollar suficientes raíces las

plantas pasan a la fase de endurecimiento; se quita el calor de fondo sin dejar que se seque el sustrato y se reduce gradualmente la niebla a lo largo de 3-4 semanas. Una vez endurecidas, se pasan a envases individuales y se mantienen en invernadero o umbráculo con protección frente al viento. Este autor indica este protocolo, no para producción masiva (es caro y con poco rendimiento), sino para propagar algún clon seleccionado o tener disponibilidad de plantas de vivero si no hay semillas disponibles. Este método ha sido puesto a punto en *P. tremuloides*.

El cultivo *in vitro* de chopo temblón ha sido puesto a punto con éxito desde hace tiempo; es un sistema de producción más caro y sofisticado, no siempre asequible a un viverista o a un servicio forestal. El material vegetal de partida más indicado para cultivo *in vitro* de esta especie son las yemas axilares, por su mayor facilidad de aislamiento y su mayor tasa de supervivencia y crecimiento (Ahuja, 1986). El medio de cultivo más utilizado es el desarrollado por Ahuja (1987) para el cultivo específico de *P. tremula*, denominado ACM (Aspen Culture Medium). Se utiliza como soporte agar. Se han desarrollado variantes de este medio para retardar el crecimiento cuando el fin del cultivo es la conservación de germoplasma y no la propagación (Martín *et al.*, 2007). En la fase de establecimiento en cultivo aséptico se han conseguido éxitos de más del 90%. En caso de aparecer contaminación por bacterias u hongos, se pueden tratar en distintos subcultivos mediante antibióticos o fungicidas hasta su desaparición. Si se quiere producir planta en gran cantidad es especialmente importante contar con material ya “domesticado” y libre de infecciones, y de clones que se adapten a las diferentes fases del cultivo *in vitro*. La fase de multiplicación o proliferación en el género *Populus* dura alrededor de dos meses. El efecto clonal es importante, obteniendo buena proliferación en un 70% de los clones y regular en un 25%; sólo en un 5% de los clones la proliferación fue muy deficiente, con un bajo número de brotes por explanto (Martínez Zurimendi *et al.*, 2003). La etapa de enraizamiento dura alrededor de dos meses. Los clones responden de manera desigual: el 60% de los clones desarrolla un completo sistema radical, un 35% de los clones tuvo rendimientos peores y en un 5% de los clones, después de una fase de proliferación muy pobre, no se consiguió tampoco enraizamiento (Martínez Zurimendi *et al.*, 2003). Estas cifras demuestran que no todos los clones se adaptan bien al cultivo *in vitro*, y que los porcentajes de éxito dependerán mucho del genotipo y de la pericia del cultivador (Escudero, 2009). En cuanto a la transferencia al ambiente natural, esta fase debe llevarse a cabo con sumo cuidado. Se suele comenzar colocando las plantas (ya establecidas en un contenedor con sustrato no aséptico, como la turba) bajo cubierta, en un túnel de niebla, en el que el agua vaporizada aportada al ambiente se vaya descendiendo paulatinamente. La fase de aclimatación al ambiente natural puede condicionar seriamente el rendimiento de este método de propagación vegetativa. En general, los clones que han presentado elevados porcentajes de supervivencia en la fase de aclimatación coinciden con los que han presentado buenos resultados en las fases de proliferación y enraizamiento, siendo el vigor general y el desarrollo del sistema radical decisivos para afrontar con éxito la aclimatación *ex vitro*. Contribuye al éxito de la aclimatación sacar las plantas en la época más favorable, finales de invierno o principios de primavera. En *Populus*, esta fase, hasta su posible transferencia a eras de cultivo en vivero, dura de 2 a 4 meses, para que las plantas tengan una talla aproximada de 25 cm.

3. Producción de plantas

El cultivo del chopo temblón puede llevarse a cabo tanto en umbráculo como al aire libre. Para el cultivo en tierra bajo umbráculo, tan pronto como las plantas obtenidas tengan una altura de 20 cm y un desarrollo radical incipiente, deben pasarse a las eras del vivero pues el contacto de sus raíces con la tierra supone un importante despegue en el crecimiento. Si están en contenedores, de aproximadamente 500 cm³, se puede posponer el trasplante un mes o poco más después de alcanzado este tamaño, pero es imprescindible realizarlo. La instalación en tierra debe hacerse una vez que desaparezca el riesgo de heladas. En la Meseta Norte esto se da a partir de finales de mayo. Las plantas se colocan en líneas separadas 40 cm y con un espaciamiento entre plantas de 20 cm dentro de la línea. Se instalan en el lomo del caballón y se aporcan para promover la emisión de raíces por el cuello de la planta. El riego por inundación de los surcos y el riego por aspersión han dado buenos resultados, aplicando un espaciamiento entre riegos en torno a 10 días. En las primeras edades de la planta (en contenedor y en el inicio de su crecimiento en era) ha dado buen resultado la aplicación de un granulado fácilmente soluble de formulación 15:15:20; en fases posteriores ha resultado adecuado otro formulado 12:12:17. Las dosis aplicadas han estado ligeramente por debajo de los 10 g de formulado por planta a la semana entre mayo y agosto. Durante el primer período vegetativo no necesitan poda. La adaptación de las plantas a las eras y su crecimiento en altura se potencia con la instalación de una malla de sombreo. El umbráculo de color blanco y con factor de sombra del 60% da muy buenos resultados; los de color negro también resultan satisfactorios.

Tras un período vegetativo bajo umbráculo, las plantas con una altura de 60 cm a 1 m deben instalarse en eras a la intemperie. En esas condiciones las plantas continúan su crecimiento, poco en altura, creciendo en torno a 50 cm por año, pero incrementando notablemente su grosor y el tamaño de su sistema radical. En estas condiciones las plantas se endurecen y emiten ramas pobladas de hojas adultas. No obstante, puede suceder que las guías tiendan a doblarse y, a veces, a mostrar crecimiento plagiotrópico. Para paliar este efecto deben utilizarse pequeños espaciamentos dentro de la fila, en torno a 20-25 cm, mientras que las líneas deben separarse 140 cm para permitir el laboreo de la entrelínea con cultivador.

El cultivo del álamo temblón requiere suelos francos, frescos y sueltos. No obstante, suelos francos algo arcillosos han dado buenos resultados. El encharcamiento frecuente origina clorosis y mortandades altas, mientras que las zonas más secas pueden dar plantas más sanas y homogéneas. Los riegos deben espaciarse y la fertilización aplicarse en dosis menores, buscando el endurecimiento de las plantas. En invierno deben eliminarse las bifurcaciones y en verano pinzar y terciar las ramas. Antes de llevar las plantas a la plantación se eliminan todas las ramas (escamondado) para facilitar su manejo, plantación y arraigo.

En eras al descubierto las plantas crecen muy poco en altura, alcanzando entre 1,5 y 2,5 m de altura en el segundo año, pero experimentan un desarrollo mucho más importante del sistema radical: el grosor del cuello de la raíz está entre 2,5 y 4 cm. El tono de la corteza cambia del gris blanquecino en plantas bajo umbráculo a un gris verdoso más oscuro en el exterior.

La micorrización en vivero proporciona plantas con mayores crecimientos, mejores posibilidades de nutrición en medios hostiles (especialmente en cuanto a nutrición de fósforo) y mayor capacidad de absorción de agua y nutrientes. Las micorrizas también inducen, mediante activación hormonal, la formación de raíces secundarias en las plantas simbiotas. Los hongos micorrícicos comestibles suponen una producción secundaria interesante económicamente y también socialmente, al incrementar el interés por las masas y las posibilidades de aprovechamiento. Por último, es posible que la micorrización temprana de las plantas mejore su capacidad de enraizamiento, tanto a partir del cultivo *in vitro* como en los restantes métodos.

De entre los hongos simbiotas del álamo temblón se han ensayado cuatro especies interesantes: dos de ellas comestibles, *Leccinum aurantiacum* y *Leccinum duriusculum*; y dos no comestibles por ser tóxicas (*Paxillus involutus*) o amarescentes (*Lactarius controversus*). *Leccinum aurantiacum* es específico del temblón, pero en las tres últimas especies, simbiotas pluriespecíficas, es importante elegir cepas de hongo adecuadas, compatibles con el temblón (Navas *et al.*, 2001). Los riegos esporales pueden iniciarse tan pronto como las plantas se pasen a tierra y repetirse tres veces con espaciamentos de una semana. Una semana después del último riego se pueden apreciar las micorrizas en las raíces de nueva formación y dos meses más tarde resulta evidente su efecto positivo, por el superior crecimiento de las plantas inoculadas respecto de las testigo y por las diferencias significativas de supervivencia entre unas y otras (Carrillo *et al.*, 2001): un 17% superior en planta procedente de estaca de raíz; y un 8% en la obtenida a partir de semilla, frente a la de igual obtención no inoculada.

Para conseguir mejoras en el crecimiento en plantas procedentes de semilla o de estaca de raíz, es más adecuado inocular los hongos no comestibles *Paxillus involutus* y *Lactarius controversus* (Navas *et al.*, 2001), ya que se obtienen crecimientos significativamente mejores. La inoculación simultánea o aislada de *Leccinum duriusculum* y *L. aurantiacum* no ocasiona diferencias significativas en el crecimiento. En plantas obtenidas mediante cultivo *in vitro*, la inoculación de *L. aurantiacum* ha proporcionado crecimientos significativamente superiores frente al testigo y frente a plantas inoculadas

con las otras especies ensayadas. Al final del período vegetativo Fernández Toirán y Ágreda (2001) han constatado mediante análisis microscópico elevados porcentajes de micorrización, mayores del 70% en todos los tratamientos inoculados y del orden del 28% en los testigos, y una gran variedad de micorrizas, identificándose endomicorrizas, micorrizas de *Leccinum* sp. de *Lactarius* sp. y de *Paxillus* sp. y presencia de micorrizas adventicias, posiblemente *Hebeloma* sp. en las plantas testigo sin inocular. Es



Figura 4. Brinjal de *Populus tremula* (Foto: R. Sierra).

recomendable obtener los inóculos esporales de setas recogidas en el entorno del lugar de plantación, para asegurar la adaptación de las micorrizas al medio.

Para la producción de plantas para repoblación forestal las mejores opciones son las de una savia cultivadas bajo umbráculo, que se retiran a los dos meses; y las plantas de dos savias: un año en era bajo umbráculo, seguido de otro en el exterior, que las endurezca y robustezca sin aumentar su altura. El tamaño de plantas que se logra con ese proceso concuerda con el recomendado por Prada y Arizpe (2008): 6-8 cm de perímetro y 100-150 cm de altura total.

La plantación a raíz profunda con plantas de 4 metros no ha dado buenos resultados, quizá por la incapacidad de la especie de emitir raíces en el tronco: las plantas de tamaño inferior a 2 metros de altura empleadas en plantaciones a raíz somera, presentan mayor supervivencia en campo que las plantas grandes (Solórzano, 2002). Por tanto, no parece recomendable cultivar álamos temblones de gran tamaño, salvo para fines ornamentales. Para producir rápidamente plantas grandes con fines de ornamento puede utilizarse el umbráculo: en dos años bajo sombrero los jóvenes temblones pueden llegar a crecer más de 4 m.

4. Uso en repoblaciones y restauraciones

El temblón ha tenido tradicionalmente muchos usos en todas las comarcas donde existe: medicinales, forrajeros, ornamental, como árbol de sombra, madereros (Oria de Rueda, 2002 y 2003), para cuyo abastecimiento son suficientes las plantaciones lineales en las carreteras o caminos, o en la linde de los prados dentro de las zonas donde tradicionalmente se distribuye.

En España en la actualidad, el álamo temblón es de gran valor protector de riberas y suelos de montaña. También se aprecia como ornamental por su elegante porte y maravilloso color otoñal (Aguado, 2002). En restauraciones forestales con fines paisajísticos o de diversificación de refugios y alimento para la fauna, se puede mezclar con espinos cervales (*Rhamnus catharticus*), rabiacanes (*Frangula alnus*) y cerisuelas (*Prunus padus*) (Oria de Rueda, 2003) distribuidos en bosquetes. Es especie muy importante para la fauna por proporcionar refugio y alimento diverso en pastizales y bosques de coníferas (Oria de Rueda, 2002).

En el centro y norte de Europa se emplea en la actualidad en gran cantidad para fabricar pasta de papel de buena calidad, así como tableros de partículas. Esto se da en países con superficies productivas muy importantes, ya que las industrias papelera (Istek y Özkan, 2008) y de tableros optimizan sus procesos para aprovechar la madera de la especie principal que les abastece y evitan utilizar otras maderas que les exigen ajustes y modificaciones de parámetros del proceso productivo que no se rentabilizarían con suministros reducidos. Sorprenden por su importancia la superficie de tremoledas de Lituania: 62.900 ha (Malinauska y Suchockas, 2007) o las existencias de madera en Finlandia: 15.659.000 m³ (Kärki, 1997) que proporcionan cortas anuales de 150.000-200.000 m³ año⁻¹ de madera de trituración y 10.000-15.000 m³ año⁻¹ de madera de sierra (Kärki y Vainikainen, 2004) y la corta en Estonia de 400.000 m³ año⁻¹ (MacKenzie, 2010).

En España lo previsible es que el bajo volumen de producción implique que sus maderas se añadan en mezcla con la principal en pequeñas proporciones.

Populus tremula se considera especie de crecimiento rápido y en muchos países del centro y norte de Europa presenta una producción elevada (Vuokila, 1977; Opdahl, 1992; Johansson, 1996). Su temperamento robusto, resistencia al frío, capacidad productiva y valor paisajístico le confieren un elevado potencial en la restauración de zonas degradadas y lo señalan como una alternativa interesante para la populicultura de montaña, donde los chopos euramericanos no se desarrollan bien. En Castilla y León se ha calculado una producción de 570 m³ ha⁻¹ de volumen maderable en estaciones de buena calidad, de las que un 13,1% corresponde a madera de desenrollo (trozas con diámetro en punta delgada mayor que 30 cm) y un 61,6% a madera de sierra. Así mismo, se ha calculado que de una hectárea promedio de álamo temblón se pueden extraer más de 225 m³ de leñas utilizables en centrales de biomasa en la corta final (Bravo *et al.*, 2003). Esas densidades de corta se darían con turnos de entre 40 y 60 años, que corresponderían a crecimientos medios entre 4 y 11 m³ ha⁻¹ año⁻¹ en masas naturales de las calidades I, II y III establecidas en la Cordillera Cantábrica, acordes con la productividad de la especie en el norte de Europa y Asia (Worrell, 1995 b; MacKenzie, 2010). La calidad de estación y la productividad están condicionadas fundamentalmente por la capacidad de retención de agua del terreno y por la frecuencia y duración de los períodos de sequía (Perala *et al.*, 1995). A estas estimables producciones se añade la conservación de los ecosistemas riparios y el mantenimiento de la biodiversidad que se fomenta por el uso de esta especie.

Los troncos rectos, cilíndricos, de escasos defectos, con diámetros superiores a 35 cm y de delgados crecimientos homogéneos, con numerosos anillos de reducido grosor, son aptos para el desenrollo. Las zonas de medias y buenas calidades de estación para el temblón podrían suministrar materia prima para la industria del desenrollo y las fábricas de paneles, siempre que se encuentren en la zona de abastecimiento de estas industrias. Son grandes consumidoras de álamos euramericanos y su producción está actualmente limitada por las cortas nacionales de chopo. Para las plantaciones que tengan este objetivo se aconseja establecer superficies superiores a la hectárea, con espaciamientos de 5 metros o más y probablemente turnos próximos a los 40 años.

La leña es buen combustible y, en algunos casos, se prefiere a la de los pinos. En la situación actual de instalación estratégica de centrales eléctricas abastecidas con biomasa leñosa, sería interesante la utilización de la especie en localidades donde la altitud limite el uso de los clones euroamericanos habitualmente empleados en Italia, Francia y España. Esta especie debería ensayarse para la producción de biomasa con fines energéticos, que, además, tiene la ventaja de su rusticidad y la capacidad de crecer en elevadas densidades, sobre terrenos marginales (Sixto *et al.*, 2007), además de soportar probablemente más cortes en monte bajo que los chopos canadienses, sin merma de su vigor.

5. Planificación de la repoblación

Para la instalación de nuevas poblaciones, así como para la conservación y gestión de las existentes, se debe tener en cuenta la dinámica y estructura natural de esta especie, que ya ha sido descrita en apartados precedentes.

La necesidad de contar con cierta diversidad genética, para mantener el potencial evolutivo de las poblaciones y garantizar su persistencia, invita a usar plantas obtenidas de semillas de un número de progenitores no emparentados suficientemente amplio. En el caso de emplear material clonal, se ha recomendado utilizar un número de clones entre 50 y 100, mayor cuanto menor sea la posibilidad de flujo génico con otras poblaciones (Heinze y Lefèvre, 2001). No obstante, el hecho de que el temblón forme metapoblaciones resalta el papel que pueden jugar pequeños bosquetes en la dinámica e intercambio génico (Rotach, 2001). De hecho, en las montañas de la mitad norte peninsular, son mayoría las poblaciones pequeñas donde el número de clones existente es menor de 20. A esta circunstancia se añade el hecho de que el temblón no suele ser la especie principal de repoblaciones extensas; por ello, lo que hay que garantizar es que en el conjunto de la metapoblación la diversidad sea suficiente y se garantice el intercambio de genes.

Es importante atender también a que haya una representación equilibrada de los diferentes clones y a la presencia de clones femeninos y masculinos. Se recomienda que la disposición espacial de estos clones forme un mosaico de parcelas monoclonales más que una mezcla aleatoria de pies de diferentes clones, para favorecer a aquéllos de crecimiento más lento o menos competitivos (Sierra de Grado *et al.*, 2008). En todo caso, se debe evitar plantar clones ornamentales en reforestaciones con objetivo multifuncional.

El trasplante a parcelas en campo debe hacerse con plantas podadas y al comienzo de la primavera, extrayéndolas del suelo del vivero con suficiente volumen de raíces (tanto para *P. tremula* como para *P. x canescens*). Aunque hasta ahora en España no se ha repoblado prácticamente con álamo temblón y, en las escasas ocasiones en que se ha hecho, no se han publicado resultados, las plantaciones experimentales realizadas en Palencia permiten esbozar las siguientes indicaciones preliminares: las plantas que se lleven a campo deben tener al menos 60 cm de altura y deben plantarse a raíz desnuda; la preparación del terreno, además de estar supeditada a las características del sitio, debe ser acorde al tamaño de las plantas. Plantas de una savia, con alturas de 60-100 cm, pueden instalarse en casillas raspadas o, preferentemente, en banquetas. Las plantas de dos savias endurecidas en eras al aire libre, con tallas de 150-175 cm, deben plantarse de preferencia en banquetas preparadas con retroexcavadora. Las plantas de dos savias cultivadas bajo umbráculo, con tallas entre 2 y 6 metros, más allá de su uso ornamental, sólo son adecuadas para restauraciones si se asegura la aplicación de varios riegos a lo largo de su primer año de implantación. En este caso también se recomienda su plantación en banquetas preparadas con retroexcavadora

La profundidad de plantación debe ser tal que el cuello de la raíz quede aproximadamente en la superficie; la especie no es capaz de aprovechar las ventajas de la plantación a raíz profunda, al no emitir un nuevo sistema radical superficial. Por ello, modificar su profundidad de plantación supone una dificultad de adaptación, sin compensarse con la ventaja que la plantación a raíz profunda proporciona a otras especies de chopos.

Las plantas de una savia son las únicas adecuadas en plantaciones de ladera, en suelos no muy húmedos o cuando la plantación no pueda regarse. En las plantaciones a raíz somera, las plantas de gran envergadura suelen presentar menor supervivencia (Solórzano, 2002). Por otra parte, aunque un cierto grado de humedad en el suelo puede favorecer



Figura 5. Plantación de *Populus tremula* (Foto: P. Martínez Zurimendi).

las plantaciones de temblón, los sitios permanentemente encharcados durante la estación vegetativa ocasionan la muerte de las plantas.

Así mismo, es de la mayor importancia proteger las plantas en sus primeras etapas en lugares donde ungulados silvestres o ganado puedan frecuentar el lugar de plantación. La palatabilidad de esta especie atrae especialmente al ganado y a la fauna silvestre, lo que conlleva graves riesgos en las plantaciones de álamos en zonas con presencia de corzos o ciervos. Estos animales comen hojas y brotes, pero además parten los troncos jóvenes, lo que puede suponer el fracaso total de la plantación (las vacas también pueden hacerlo). En arbolillos jóvenes aparecen con frecuencia escodaduras. De cara a la reforestación, esta circunstancia hace imprescindible acotar la zona repoblada en sus primeras etapas, o establecer las plantas con protectores de talla adecuada a los herbívoros presentes en la zona. De hecho, el desbroce y la eliminación de la vegetación competitiva pueden ser contraproducentes en esta especie. Las plantaciones más exitosas se han observado en zonas invadidas por zarzamora (*Rubus ulmifolius*) y dentro de las marañas de zarzas destacaban las guías de temblones de considerable tamaño que habían crecido amparados de los corzos por sus supuestas competidoras. Este papel positivo de la vegetación arbustiva espinosa está descrito en otras repoblaciones (MARM, 2008). En plantaciones próximas, instaladas en brezales donde se eliminó la vegetación competitiva, o en pastizales en que no había matorral protector, los temblones fueron destruidos sistemáticamente por los corzos.

En tremoledas de vega, en las que se esperan buenas producciones y obtener madera de desarrollo, resulta conveniente emplear los clones de temblón más productivos, o especialmente seleccionados por su rectitud y rápido crecimiento (Lucas, 1996). Las técnicas de cultivo que deben aplicarse en estos casos son las comunes a las choperas, descritas en el capítulo referido a los clones de *Populus* (plantación, destocoado, nivelación, espaciamentos, fertilización, gradeos, podas, tratamientos fitosanitarios en su caso, etc.). Como ya se advirtió, únicamente no es aplicable la técnica de plantación a raíz profunda, incluso si es necesario efectuar costosos riegos.

En tremoledas de objetivo multifuncional y de conservación los cuidados más importantes y esenciales para el éxito de la especie son la protección frente a los herbívoros y los riegos. Incluso en estaciones muy aptas para la especie las plantaciones nuevas sufrirán más los efectos de la sequía que las masas procedentes de brotes de raíz, cuyos sistemas radicales explotan con eficacia grandes volúmenes de suelo (Meyer *et al.*, 2008). Para la planificación de estas repoblaciones las indicaciones aportadas en los capítulos sobre *P. alba* y *P. nigra* son muy adecuadas, con las únicas salvedades de que, en el caso de *P. tremula*, la eliminación del matorral competidor, el empleo de plantas en contenedor y la plantación a raíz profunda pueden resultar contraproducentes.

6. Bibliografía

- AGUADO A., 2002. Estudio de la variabilidad cromática otoñal del álamo temblón (*Populus tremula* L.) Trabajo Fin de Carrera. Trabajo Fin de carrera. ETSI Agrarias, Universidad de Valladolid, Palencia.
- AHUJA M.R., 1986. Aspen. En: Handbook of plant cell culture (Evans D.A., Sharp W.R., Ammirato P.V., eds.). Vol 4. Macmillan Publ Company, New York.
- AHUJA M.R., 1987. *In vitro* propagation of poplar and aspen. En: Cell and tissue culture in forestry. Vol 3: Case histories: gymnosperms, angiosperms and palms (Bonga J.M., Durzan Don J., eds.). Martinus Nijhof, New York. pp. 207-222.
- ÁLVAREZ M.T., 2000 Estudio de la propagación de *Populus tremula* a partir de semilla en condiciones controladas. Trabajo Fin de Carrera. ETSI Agrarias, Universidad de Valladolid, Palencia.
- ALÍA R., GARCÍA DEL BARRIO J.M., IGLESIAS S., MANCHA J.A., DE MIGUEL J., NICOLÁS J.L., PÉREZ MARTÍN F., SÁNCHEZ RON D., 2009. Regiones de procedencia de especies forestales en España. Organismo Autónomo Parques Nacionales, Madrid. pp. 219-222.
- ÁLVAREZ M.T., SIERRA R., MARTÍNEZ ZURIMENDI P., PANDO V., 2001. Propagación de *Populus tremula* a partir de semilla. En: I Simposio del Chopo, Junta de Castilla y León. pp. 273-279.
- BARNES B.V., HAN F., 1993. Phenotypic variation of Chinese aspens and their relationships to similar taxa in Europe and North America. Can. J. Bot. 71, 799-815.
- BENGOA J.L., ORIA DE RUEDA J.A., GONZÁLEZ F., 2003. Ecología de la especie. En: El álamo temblón (*Populus tremula* L.) Bases para su cultivo, gestión y conservación (Sierra de Grado R., coord.). Ed. Mundi-Prensa, Madrid. pp. 117-133.
- BRAVO F., RÍO M., FELIZ DE VARGAS A.I., PESO C., 2003. Estructura, crecimiento y producción de rodales de *Populus tremula* en la vertiente meridional de la Cordillera Cantábrica. En: El álamo temblón (*Populus tremula* L.) Bases para su cultivo, gestión y conservación (Sierra de Grado R., coord.). Ed. Mundi-Prensa, Madrid. pp. 135-149.
- BÖRSET O., 1960. Silviculture of aspen. Scottish For. 14, 68-80.
- BRENDELL T., 1990. Poplars of the British Isles. Shire Natural History Coll. Thomas & Sons, London.

- CARRILLO O., SIERRA R., MARTÍNEZ ZURIMENDI P., NAVAS G., PANDO V., 2001. Comportamiento en vivero de *Populus tremula* L. obtenido de semilla y distintas formas de propagación vegetativa. En: I Simposio del Chopo. Junta de Castilla y León. pp. 89-96.
- CEBALLOS L., RUIZ DE LA TORRE J., 1971. Árboles y arbustos de España peninsular. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes, Madrid. pp. 155-156.
- CERVERA M.T., STORME V., SOTO A., IVENS B., VAN MONTAGU M., RAJORA O.P., BOERJAN W., 2005. Intraspecific and interspecific genetic and phylogenetic relationships in the genus *Populus* based on AFLP markers. *Theor. Appl. Genet.* 111, 1440-1456.
- CULOT A., 1993. Contribution a l'étude des Peupliers de la section Leuce. La variation morphogénétique de *Populus tremula* L., *P. alba*, *P. canescens* (Ait.) Sm. et leurs hybrides. Tesis doctoral. Université Libre de Bruxelles, Bruxelles.
- DE WOODY J., RICKMAN T.H., JONES B.E., HIPKINS V.D., 2009. Allozyme and microsatellite data reveal small clone size and high genetic diversity in aspen in the southern Cascade Mountains. *Forest Ecol. Manag.* 258 (5), 687-696.
- DÍEZ A.B., 1999. Posibilidades de producción de planta forestal de especie no frecuentes, en el vivero de Calabazanos. *Populus tremula* (estaquilla de raíz) y *Juniperus thurifera* L. (estaquillas de rama y semillas). Trabajo Fin de carrera. ETSI Agrarias, Universidad de Valladolid, Palencia.
- EASTON E.P., 1997. Genetic variation and conservation of the native aspen (*Populus tremula* L.) resource in Scotland. Ph. D. Thesis. The University of Edinburgh, Edinburgh.
- ESCUADERO C., 2009 Conservación *ex situ* de *Populus tremula* L. en la comunidad de Castilla y León. Tesis de Master. MSc. Conservación y uso sostenible de sistemas forestales. ETSI Agrarias, Universidad de Valladolid, Palencia.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), 1980. Los álamos y los sauces en la producción de madera y en la utilización de las tierras. Roma.
- FERNÁNDEZ TOIRÁN M., ÁGREDA T., 2001. Informe sobre identificación visual de micorrizas de *Populus tremula*. Comunicación interna (no publicada).
- FIZ M., 2007. Estudio de las posibilidades de propagación vegetativa de "*Populus tremula*." L y "*Populus x canescens*." (Ait.) Sm. Trabajo Fin de carrera. ETSI Agrarias, Universidad de Valladolid, Palencia.
- FUSSI B., LEXER C., HEINZE B., 2010. Phylogeography of *Populus alba* (L.) and *Populus tremula* (L.) in Central Europe: secondary contact and hybridisation during recolonisation from disconnected refugia. *Tree Genet. Genomes* 6(3), 439-450.
- GARCÍA DEL BARRIO J.M., DE MIGUEL J., ALÍA R., IGLESIAS S., 2001. Regiones de identificación y utilización de material forestal de reproducción. Dirección General de Conservación de la Naturaleza. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- GRANT M.C., MITTON J.B., 1979. Elevational gradients in adult sex ratios and sexual differentiation in vegetative growth rates of *Populus tremuloides* Michx. *Evolution* 33(3), 914-918.
- HEINZE B., LEFEVRE F., 2001 Genetic considerations for the restoration of riparian populations. En : *In situ* conservation of *Populus nigra* (Lefèvre F., Barsoum N., Heinze B., Kajba D., Rotach P., de Vries S., Turok J., eds.). EUFORGEN, International Plant Genetic Resources Institute, Roma. pp. 25-35.
- ISTA (International Seed Testing Association), 2011. International rules for seed testing. Edition 2011. ISTA, Bassersdorf, Switzerland.
- ISTEK A., OZKAN O., 2008 Effect of sodium borohydride on *Populus tremula* L. kraft pulping. *Turk. J. Agric. For.* 32, 131-136
- JÄDERLUND A., ZACKRISSON O., NILSSON M.C., 1996. Effects of bilberry (*Vaccinium myrtillus*) litter on seed germination and early seedling growth of four boreal tree species. *J. Chem. Ecol.* 22(5), 973-986.
- JOHANSSON T., 1996. Site index curves for European Aspen (*Populus tremula* L.) growing on forest land of different soils in Sweden. *Silva Fenn.* 30(4), 437-458.

- KÄRKI T., 1997. Markets, procurement and quality of alder and aspen logs. Res. Notes 53. University of Joensuu, Joensuu.
- KÄRKI T., VAINIKAINEN V., 2004. Determining the quality of aspen (*Populus tremula*) logs for mechanical wood processing in Finland. For. Prod. J. 54(7-8), 64-71.
- KUUSELA K., SALMINEN S., 1991. Forest Resources of Finland in 1977-1984 and their development in 1952-1980. Acta For. Fenn. 220, 1-84.
- KUUSINEN M., 1995. Cyanobacterial macrolichens on *Populus tremula* as indicators of forest continuity in Finland. Biol. Conserv. 75, 43-49.
- LEFÈVRE F., BARSOUM N., HEINZE B., KAJBA D., ROTACH P., DE VRIES S.M.G., TUROK J., 2001. *In situ* conservation of *Populus nigra*. EUFORGEN Technical Bulletin. International Plant Genetic Resources Institute, Rome.
- LATVA-KARJANMAA T., SUVANTO L., LEINONEN K., RITA H., 2003. Emergence and survival of *Populus tremula* seedlings under varying moisture conditions. Can. J. For. Res. 33, 2081-2088.
- LATVA-KARJANMAA T., SUVANTO L., LEINONEN K., RITA H., 2006. Sexual reproduction of European aspen (*Populus tremula* L.) at prescribed burned site: the effects of moisture conditions. New For. 31, 545-558.
- LESTER D.T., 1963. Variation in sex expression in *Populus tremuloides* Michx. Silvae Genet. 12 (5), 141-151.
- LEXER C., FAY M.F., JOSEPH J.A., NICA M.S., HEINZE B., 2005. Barrier to gene flow between two ecologically divergent *Populus* species, *P. alba* (white poplar) and *P. tremula* (European aspen): the role of ecology and life history in gene introgression. Molec. Ecol. 14, 1045-1057.
- LÓPEZ DE HEREDIA U., CRISTÓBAL M.D., MARTÍNEZ ZURIMENDI P., PANDO V., SIERRA R., 2001. Variación morfológica e isoenzimática del álamo temblón (*Populus tremula* L.) en la provincia de Palencia. En: I Simposio del Chopo. Junta de Castilla y León. pp. 349-357.
- LÓPEZ DE HEREDIA U., SIERRA R., CRISTÓBAL M.D., MARTÍNEZ-ZURIMENDI P., PANDO V., M.T., 2004. A comparison of isozyme and morphological markers to assess the within population variation in small populations of European aspen (*Populus tremula* L.) in Spain. Silvae Genet. 53(5-6), 227-233.
- LUCAS A.I., 1996. Selección de árboles sobresalientes de álamo temblón (*Populus tremula*, L.) en el noreste de la provincia de Palencia. Trabajo Fin de Carrera. Trabajo Fin de carrera. ETSI Agrarias, Universidad de Valladolid, Palencia.
- LUNA T., 2003. Propagation protocol for naspen using root cuttings. Native plants. pp. 129-131.
- MACKENZIE N.A., 2010. Ecology, conservation and management of Aspen a Literature Review. Scottish Native Woods, Aberfeldy.
- MALINAUSKA A., SUCHOCKAS V., 2007. Lithuania. En: Forest vegetation management in Europe. Current practice and future requirements (Villoughby I., Balandier P., Bentsen N.S., McCarthy N., Claridge J., eds.). COST Office, Brussels. pp. 85-90. Disponible en: http://www2.clermont.inra.fr/cost-e47/doc/cost_e47_costbook.pdf
- MARCIEL C., 2002. Estudio de la propagación sexual de *Populus x canescens*. Trabajo Fin de Carrera. Trabajo Fin de carrera. ETSI Agrarias, Universidad de Valladolid, Palencia.
- MARTIN M.T., PEDRANZANI H.E., SIERRA R., 2007. Behavior and preservation of an *in vitro* collection of European aspen in Spain. Biocell 31(1), 41-49
- MARTÍNEZ ZURIMENDI P., DEL PESO C., SIERRA R., 2003. Propagación y cultivo. En: El álamo temblón (*Populus tremula* L.) Bases para su cultivo, gestión y conservación (Sierra de Grado R., ed.). Ed. Mundi-Prensa, Madrid. pp. 167-187.
- MEYER M., GÜNTHER B., HELLE G., KRABEL D., 2008 Investigation of drought reaction in juvenile aspen wood (*Populus tremula* L.). En: TRACE - Tree rings in Archaeology, Climatology and Ecology, Vol. 7 (Kaczka R., Malik I., Owczarek P., Gärtner H., Helle G., Heinrich I., eds.). Proceedings of the DENDROSYMPOSIUM, Zakopane, Poland. GFZ Potsdam, Scientific Technical Report STR 09/03, Potsdam. pp. 102-107.

- MARM (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino), 2008. Inventario de tecnologías disponibles en España para la lucha contra la desertificación. Utilización de matorral como planta nodriza en reforestaciones. Disponible en: http://www.mma.es/portal/secciones/biodiversidad/desertificacion/inventario_tecnologias_lucha_contra_desertificacion/pdf/7_Utilizaciondematorralcomoplantanodriza.pdf [7 Jul, 2010].
- NAVAS GIL G., MARTÍNEZ ZURIMENDI P., SIERRA R., CARRILLO O., PANDO V., 2001. Micorrización de planta de *Populus tremula* L. En: I Simposio del Chopo. Junta de Castilla y León. pp. 139-148
- NESOM G., 2003. Quaking aspen, *Populus tremuloides* Michx. USDA NRCS National Plant Data Center & the Biota of North America Program. Disponible en: http://plants.usda.gov/plantguide/pdf/cs_potr5.pdf [10 Jul, 2010].
- OPDAHL H., 1992. Bonitet, vekst og produksjon hos osp (*Populus tremula* L.) i Sør-Norge. Summary: Site index, growth and yield in aspen (*Populus tremula* L.) stands in south Norway. Comm. Of Skogforsk 44(11), 44.
- ORIA DE RUEDA J.A., 2000. Tembledas, las alamedas de montaña. *Biológica* 42, 11-22.
- ORIA DE RUEDA J.A., 2002. Guía de árboles y arbustos de Castilla y León. Ediciones Cálamo, Palencia.
- ORIA DE RUEDA J.A., 2003. El álamo temblón (*Populus tremula* L.): Generalidades. En: El álamo temblón (*Populus tremula* L.) Bases para su cultivo, gestión y conservación (Sierra de Grado, coord.). Ed. Mundi-Prensa, Madrid. pp. 19-56.
- PADRÓ A., HERNÁNDEZ C., 1992. Recuperación de terrenos degradados en el Pirineo con el empleo de *Populus tremula* L. obtenido mediante técnicas de micropropagación. En: Actas de la 19ª Sesión de la Comisión Internacional del Álamo. (Padró A., ed.). Zaragoza. pp. 42-487.
- PERALA D.A., LEARY R.A., CIESZEWSKI C.J., 1995. Stockability, growth, and yield of the circumboreal aspens (*Populus tremuloides* Michx., *P. tremula* L.). Res. Pap. NC- 321. USDA, Forest Service, North Central Forest Experiment Station, St. Paul, MN. 24 p.
- PRADA M.A., ARIZPE D. (coords.), 2008. Manual de propagación de árboles y arbustos de ribera. Una ayuda para la restauración de riberas en la región mediterránea. Generalitat Valenciana, Valencia.
- ROTACH P., 2001. General considerations and basic strategies. En: In situ conservation of *Populus nigra* (Lefèvre F., Barsoum N., Heinze B., Kajba D., Rotach P., de Vries S., Turok J., eds.). EUFORGEN, International Plant Genetic Resources Institute, Roma. pp. 5-7
- SANTOS L., 2009. *Populus alba* L. y *P. x canescens* (Ait.) Sm. en la cuenca del Duero: identificación, carácter híbrido y clonalidad. Tesis de Master en investigación para la conservación y uso sostenible de sistemas forestales. Universidad de Valladolid, Palencia.
- SIERRA R., MARTÍNEZ ZURIMENDI P., LÓPEZ DE HEREDIA U., 2003. Reproducción sexual y diversidad genética de *Populus tremula*. En: El álamo temblón (*Populus tremula* L.) Bases para su cultivo, gestión y conservación (Sierra de Grado R., coord). Ed. Mundi-Prensa, Madrid. pp. 151-166.
- SIERRA R., VILLAMEDIANA I., CIRIZA J., VILLAR J., CRISTÓBAL D., NANOS N., MARTÍNEZ ZURIMENDI P., 2006 Clonal structure of three wild *Populus tremula* L. populations in Spain. En: IUFRO Population genetics and genomics of forest Trees Conference. Alcalá de Henares.
- SIERRA R., REQUE J., ORIA DE RUEDA J.A., 2008. Selvicultura de *Populus tremula*, L, *Populus nigra* L. *Populus alba* L y *Populus x canescens* (Aiton) Sm. En: Compendio de Selvicultura aplicada en España (Serrada R., Montero G., Reque J.A., eds.). Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Agroalimentaria, Madrid. pp. 587-604.
- SIXTO H., HERNÁNDEZ M.J., BARRIO M., CARRASCO J., CAÑELLAS I., 2007. Plantaciones del género *Populus* para la producción de biomasa con fines energéticos: revisión. Invest. Agr.: Sist. Recur. For. 16(3), 277-294.
- SMITH S.E., READ D.J., 1997. Mycorrhizal Symbiosis. 2nd ed. Academic Press, London.
- SOLÓRZANO J., 2002. Caracterización de diferentes clones de álamo temblón: producción en vivero y comportamiento precoz en plantaciones. Trabajo fin de carrera. ETSI Agrarias, Universidad de Valladolid, Palencia.

- STANTON B.J., VILLAR M., 1996. Controlled reproduction of *Populus*. En: Biology of *Populus* and its implications for management and conservation. Part I, Chap. 5 (Stettler R.F., Bradshaw H.D.Jr., Heilman P.E., Hinckley T.M., eds.). NCR Research Press, National Research Council of Canada, Ottawa. pp. 113-138.
- SUVANTO L., LATVA-KARJANMAA T., 2005. Clone identification and clonal structure of the European aspen (*Populus tremula*). Molec. Ecol. 14(9), 2851-2860.
- TREES FOR LIFE, 2004. The Propagation of Aspen from Root Cuttings. Disponible en: http://www.treesforlife.org.uk/tfl.aspen_propagation.html [10 Oct, 2010].
- VICIOSO C., 1951. Salicáceas de España. IFIE, año XXII, n° 57. Madrid.
- VILLAR M., 1998. Caractéristiques des peupliers et de la Populiculture. En: Les insectes associés aux peupliers (Delplanque A., dir.). Edit. Memor. Bruxelles. pp. 5-9.
- VUOKILA Y., 1977. Hyvän kasvupaikan haavikoiden kasvukyvyistä. Summary: On the growth capacity of aspen stands on good sites. Folia Forestalia 299.
- WALTERS D.K., SLOAN J.P., KURMIS V., 1990. Aspen site index as related to plant indicators. En: Aspen symposium 89. General Technical Report NC-140. USDA Forest Service, North Central Forest Experiment Station. pp. 337-341.
- WORRELL R., 1995 a. European aspen (*Populus tremula* L.): a review with particular reference to Scotland I. Distribution, ecology and genetic variation. Forestry 68(2), 93-105.
- WORRELL R., 1995 b. European aspen (*Populus tremula* L.): a review with particular reference to Scotland. II. Values, silviculture and utilization. Forestry 68(3), 231-242.
- WORRELL R., GORDON A.G., LEE R.S., MCINROY A., 1999. Flowering and seed production of aspen in Scotland during a heavy seed year. Forestry 72(1), 27-34.

Prunus avium L.

Cerezo, cerecera, cerezal, ceresera, sirera, siresera; *cat.*: cirerer, cerecera, cirer, cirasera, ciresera; *eusk.*: gereziondoa, gereiz-ondoa, kerizaitza, keriza-orpoa, erizondoa; *gall.*: cerdeira, cerexeida, cereixo, cirdeira, garoubeira, marouveira, maroviña, xirereira

Óscar CISNEROS GONZÁLEZ, José SANTANA PÉREZ, Javier LIGOS MARTÍNEZ, Antonio TURRIENTES CALZADA, Juan Luis NICOLÁS PERAGÓN

1. Descripción

1.1. Morfología

Prunus avium es un árbol perteneciente a la familia de las Rosáceas. En estaciones favorables puede alcanzar 20-30 m. Desarrolla un tronco recto hasta el extremo de la copa y su corteza es lisa, anillada, formándose ritidoma negro en la base cuando el árbol es añoso. La copa es amplia; cuando es joven tiene forma piramidal y en los ejemplares adultos es oblongo-trasovada, más o menos alargada, según el ambiente de crecimiento del árbol. Las ramas son divergentes, erecto-patentes e inermes y tienden a agruparse en pseudoverticilos, de forma que recuerda a la ramificación de los pinos. El sistema de ramificación es monopódico; la yema terminal genera todo el crecimiento anual en altura y las ramas crecen de forma diferida respecto al eje principal, por lo que establece una jerarquía clara en la estructura del árbol. Las ramillas son glabras, lisas, de color pardo rojizo, cuya corteza se descompone en laminillas papiráceas. Las hojas permiten distinguirlo de una especie afín, *Prunus cerasus* L., porque presentan el haz mate y generalmente llevan dos gruesas glándulas rojizas o negruzcas cercanas a la unión con la lámina. Son obovadas, oblanceoladas o largamente elípticas, acuminadas, con el margen crenado o aserrado y dientes glandulíferos, de haz verde mate glabro y envés ligeramente pubescente (Blanca y Díaz, 1998).

La raíz no suele ser pivotante, la mayoría de las veces es fasciculada y ramificada, con una parte importante del desarrollo cercano a la superficie. Es muy habitual la producción de rebrotes.

1.2. Biología de la reproducción

El cerezo presenta flores hermafroditas dispuestas en inflorescencias de tipo umbela, de tres a seis, con largos pedúnculos. La cereza del cerezo silvestre es una drupa, glabra, sin pruina, de forma globosa o acorazonada, de color rojo, aunque también las hay negras, amarillas o rosadas (Fig. 1). Mide entre 9-17 mm y 20 mm. La carne puede ser más o menos dulce, a veces amarga.

Cada fruto contiene un hueso, de forma ligeramente oblonga, de 8 a 10 mm y cuya superficie es lisa y de color marrón claro, presentando una sutura lateral marcada (Fig. 2).



Figura 1. Frutos de *Prunus avium*
(Foto: O. Cisneros).



Figura 2. Semillas de *Prunus avium*
recubiertas por endocarpo.

La semilla propiamente dicha presenta un episperma delgado, un pequeño eje embrionario y dos gruesos cotiledones, con un albumen reducido a una espesa capa unicelular que rodea a éstos y a la radícula.

La floración es muy temprana, desde marzo o abril, por lo que está muy condicionada por las incidencias climáticas, en especial, por las heladas primaverales. Las flores del cerezo son especialmente sensibles a este factor, pero también a la lluvia y la sequedad ambiental, que pueden provocar la caída de las anteras. Por estas razones, aunque el polen tiene una alta capacidad germinativa (70-80%), ésta está muy condicionada por las condiciones ambientales. La polinización se realiza a través de insectos, destacando el papel que juegan las abejas. Las lluvias y el frío dificultan también los movimientos de los insectos polinizadores, por lo que una buena floración no garantiza una buena fecundación. Según Moreno y Manzano (2002), las abejas precisan precipitación nula, temperatura superior a 13-14 °C y velocidad del viento inferior a 4-5 m s⁻¹ como condiciones adecuadas para su vuelo. Tras la apertura de la flor, las condiciones óptimas para la polinización sólo se mantienen 2 días (Edin *et al.*, 1997), debido a ciertas limitaciones fisiológicas en los procesos asociados a la polinización.

Las cerezas maduran desde mediados de junio hasta agosto, siguiendo el gradiente latitudinal sur-norte. Las semillas se diseminan a través de los principales consumidores del fruto: aves, mamíferos e incluso el hombre. La mayoría de las semillas caen a menos de 50 m del árbol madre, aunque los animales las pueden dispersar a 2 km (Fernández *et al.*, 1994). Las semillas del cerezo presentan dormición endógena, regulada por la humedad y la temperatura, y precisan pasar por una fase fría para germinar y producir plantas viables (Suszka *et al.*, 1994). La dormición de la semilla se prolonga alrededor de un invierno o, a lo sumo, dos. Debido a esta alta dependencia de factores climáticos y fisiológicos, la fructificación del cerezo manifiesta una marcada vecería. Los cerezos comienzan a florecer y producir sus primeras semillas a partir de los cinco años.

Al igual que otras rosáceas, el cerezo es autoincompatible, es decir, las flores de un individuo no pueden ser fecundadas por polen propio. Ésta es una característica seleccionada de forma natural en *Prunus avium* para promover la reproducción cruzada en la especie, y está controlada por un locus polimórfico llamado S, localizado en el ADN

nuclear, cuyas diferentes formas posibles se conocen como alelos S. En el caso de los individuos seleccionados para la obtención de madera se ha documentado la incidencia de autofecundación en dos casos de diez (Lemoine *et al.*, 1992), por lo que quizá este fenómeno sea más común en el cerezo de monte que en el cultivado.

Aunque el cerezo se dispersa a través de semilla, la estabilización de los bosquetes en los que suele agruparse se realiza en gran medida por reproducción vegetativa, propagándose mediante brotes de raíz. El radio medio de desarrollo de estos chirpiales es de 10 m, pero se han encontrado individuos con el mismo genotipo separados hasta 80 m (Fernández *et al.*, 1994). Otros estudios han determinado el área en el que se desarrolla un clon mediante rebrotes (Frascaria *et al.*, 1993).

1.3. Distribución y ecología

Según la revisión realizada en CAB (2000), el área original del cerezo silvestre se sitúa en la región del Cáucaso y en los Balcanes, mientras que en Europa Central se encuentra desde el final del período glacial. Actualmente se distribuye de forma continua desde Irlanda, Gran Bretaña y sur de Escandinavia hasta el sur de Italia y desde el norte de España hasta el Cáucaso, en las proximidades del mar Caspio. Existen áreas aisladas en el sur de España, en el norte de África y alrededor del mar Negro. La domesticación de la especie debió ocurrir en las poblaciones del oeste de Asia y posteriormente fue llevada hacia el oeste por los griegos, aunque fueron los romanos los que extendieron su cultivo frutal. Este uso hace difícil discriminar las poblaciones naturales de aquellas cuyo origen ha propiciado el hombre. El rango latitudinal de la especie va de 60° N a 36° S.

En España aparece salpicado, aunque con cierta frecuencia, en la mayoría de las cadenas montañosas del tercio norte, desde el Sistema Central y el Ibérico hasta Pirineos, la Cordillera Cantábrica y las montañas de Galicia. En menor medida se encuentra en la mitad sur, en Extremadura y Andalucía particularmente. El uso frutal ha favorecido el asilvestramiento en numerosas localidades, aunque sólo alcanza porte arbóreo y regeneración de importancia cuando las condiciones ecológicas se aproximan a su rango autoecológico.

Habita en clima oceánico y en su transición al clima continental. Su presencia en clima mediterráneo es rara, y sólo se encuentra en exposiciones de umbría o proximidad de cursos de agua, casi siempre en zonas de montaña. Los rangos de temperatura media anual y temperatura media de las mínimas del mes más frío, correspondientes al hábitat climático donde es más frecuente su presencia, son 4-12,1 °C y -6,4-0 °C, respectivamente. Por su parte, los de la precipitación anual media y la estival se sitúan entre 750 y 1.550 mm y 100 y 375 mm, respectivamente (Anexo I).

Los suelos en los que aparece son permeables, libres de encharcamiento, ya que sus raíces superficiales son muy sensibles a la pudrición. La textura adecuada está alrededor de los suelos francos, franco-arenosos a franco-limosos. No se debe plantar en suelos arcillosos con encharcamiento temporal en primavera. Puede vivir sobre terrenos con escasa capacidad de retención de agua, desde aproximadamente 50 mm, aunque requiere la necesaria compensación hídrica. La profundidad ha de ser superior a los 60 cm, con pH cercano a la neutralidad o ácido (5 a 7) y caliza activa por debajo del 10%. Los suelos

en los que aparece con más frecuencia son considerados silíceos o descarbonatados. Es recomendable que sean suelos con un porcentaje de materia orgánica cercano o superior al 2%, aunque la riqueza del suelo no es tan determinante como el aporte hídrico o la permeabilidad.

Se puede encontrar desde altitudes cercanas al nivel del mar y ascender a los 1.600 m, aunque en general aparece entre 650 m y valores cercanos a 1.400 m, lo que denota su resistencia al frío. En las plantaciones productivas se recomienda no superar los 1.200 m, para contar con un número suficiente de meses calurosos que generen un crecimiento adecuado. En cuanto a la pendiente, en general está en pendientes superiores al 20%, en muchas ocasiones en barrancos y taludes que componen microestaciones donde el cerezo compite con ventaja frente a pinos, robles o hayas. Aparece en terrenos llanos cuando se planta o se asilvestra. La exposición más habitual en las poblaciones silvestres es de umbría, aunque se ha comprobado que las plantaciones se desarrollan bien en exposiciones abiertas.

2. Materiales forestales de reproducción

2.1. Marco normativo. Identificación de los materiales de reproducción

Prunus avium es una especie incluida en la Directiva 1999/107/CE del Consejo sobre comercialización de materiales forestales de reproducción y sometida a la normativa estatal que regula el ámbito productivo y comercial de dichos materiales en España. Sus regiones de procedencia han sido establecidas por el método divisivo (Fig. 3), careciendo de regiones específicas (García del Barrio *et al.*, 2001; Alía *et al.*, 2009).

Las áreas con presencia de cerezo se corresponden con 33 regiones de procedencia (Fig. 3), si bien en dos tercios de ellas, en su mayoría situadas en la mitad sur peninsular, su aparición representa un porcentaje inferior al 3% sobre el total ocupado por la especie. En contraposición, cabe reseñar la existencia de cinco regiones (4, 5, 7, 8 y 9) con porcentajes superiores al 8%, localizadas en las vertientes de las Cordilleras Cantábrica, Ibérica y Pirenaica.

Aunque aún no se ha generado suficiente conocimiento sobre la estructura genética y el flujo génico del cerezo silvestre, se cuenta ya con algunos estudios realizados con isoenzimas y microsatélites de ADN nuclear y de cloroplasto que han mostrado elevados niveles de diversidad genética en la especie. Asimismo, se han secuenciado los diferentes alelos S presentes en las variedades cultivadas y en individuos salvajes, demostrando que el locus S alberga un gran polimorfismo, como era de esperar, ya que el propio sistema de incompatibilidad promueve el éxito polinizador de los individuos con alelos poco frecuentes por encima de los que presentan alelos muy frecuentes. La identificación del genotipo S de cada individuo es esencial a la hora de diseñar una plantación frutal, pero también cuando se pretende establecer un huerto semillero, ya que interesa disponer espacialmente los diferentes individuos en función de su compatibilidad.

Si bien los estudios con marcadores moleculares apuntan a una alta variación genética y heterozigosis en las colecciones de material vegetal de cerezo, favorecida por su



Figura 3. Distribución de *Prunus avium* y Regiones de Procedencia de sus materiales de reproducción (Alía *et al.*, 2009).

sistema de autoincompatibilidad, en las poblaciones naturales la diversidad genética tiende a reducirse a causa de la reproducción clonal en forma de propágulos vegetativos. Diversos estudios sobre ADN de cloroplasto muestran diferenciación significativa entre las procedencias del centro y el sudeste de Europa, sugiriendo diferentes rutas de recolonización postglacial. En trabajos realizados con marcadores moleculares de ADN nuclear sobre poblaciones naturales de *P. avium* centroeuropeas (Schueler *et al.*, 2006), se reveló una cierta estructura genética, es decir, mayor grado de relación genética entre individuos de posiciones cercanas que entre lejanos. La estructura detectada fue, no obstante, débil en comparación con las de otras especies, debido a una alta tasa de flujo génico, esto es, el polen y las semillas se difunden con efectividad reduciendo el efecto de la separación espacial entre los árboles. Otros estudios en poblaciones italianas (Ducci y Proietti, 2005) y francesas (Frascaria *et al.*, 1993) apuntan también a un alto flujo génico entre poblaciones. Este efecto de homogenización entre diferentes poblaciones puede ser debido al sistema de reproducción autoincompatible, que favorece la fecundación del polen llegado de otras poblaciones en detrimento del generado en la propia población. Los niveles de diversidad y heterocigosis de las masas naturales estudiadas fueron aceptables aunque contenidos, por el hecho de que la mayoría de los individuos genotipados dentro de cada bosque con radio de 15 m resultaron ser propágulos vegetativos, como corresponde a la mencionada tendencia del cerezo a reproducirse por brotes de raíz.

Tabla 1. Descripción de las áreas con presencia de *Prunus avium* por región de procedencia (RP: número de la región de procedencia; Pres: presencia de la especie en cada una de las regiones, estimada como el cociente del área de la especie en dicha región respecto del área total de la especie; A: número de meses de déficit hídrico (precipitación media mensual <2 temperatura media mensual); Osc: media anual de la oscilación térmica diaria; Hs: número de meses con helada segura (media mínimas <0 °C); Med: valor medio; Max: valor máximo; Min: valor mínimo; MaxMC: valor máximo del mes más cálido; MinMF: valor mínimo del mes más frío); Tipo de suelo: porcentaje del tipo de suelo según la cartografía Soil Map of the European Communities dentro de cada región de procedencia. La clasificación de suelos utilizada en dicha cartografía es la de FAO de 1974. Las abreviaturas se han actualizado a la clasificación FAO de 1989. Los tipos de suelos inexistentes en la nueva clasificación se han mantenido con los nombres antiguos, asignándoseles nuevas abreviaturas (Rankers: RK, Xerosoles: XE). Sólo se incluyen aquellos suelos que superan el 10% en el conjunto del territorio estudiado).

RP	Pres	Altitud (m)			Precipitación (mm)		A	Temperatura (°C)			Osc	Hs	Tipo de suelo (FAO)
	(%)	Med	Max	Min	Anual	Estival	(meses)	Med	MaxMC	MinMF	(°C)	(meses)	(%)
1	2,6	242	513	65	1490	141	0,6	12,8	24,9	3,3	11,2	0	CMu(60) RK(40)
2	6,7	609	1269	204	1139	121	1,3	12	27,1	1,1	14,4	0,4	RK(66) CMu(33)
3	4,1	297	721	27	1313	193	0	12,5	23,3	2,8	11,1	0	CMc(38) CMu(33) RK(23)
4	11,3	857	1618	141	1356	161	0,3	10,3	24,7	-0,6	14,1	1,7	RK(43) CMu(33) CMc(19)
5	16	1117	1657	430	1073	119	1	9,1	25,9	-2,8	15,9	4,1	CMu(64) RK(16)
6	4,2	325	767	73	1520	232	0	12,7	24,3	3,3	12,2	0	CMc(58) LVx(22) CMu(20)
7	8,1	674	1176	195	953	145	0,7	11,1	25,7	0,6	14,2	0,3	CMc(68) CMu(29)
8	8,9	1309	2084	754	942	262	0	8,7	25,4	-4,6	17,3	5	CMu(60) CMc(21)
9	7,5	883	1885	153	979	249	0,1	10,9	26,9	-2,0	16,8	2,8	CMc(56) CMu(28)
10	4,2	253	806	79	826	165	0,9	14,6	29,1	1,9	15,8	0,1	CMd(30) CMu(30) FLe(23) CMc(13)
11	2	706	1192	229	665	137	1,2	12,5	29	-0,1	18,1	0,9	CMc(89)
13	0,3	891	1093	653	481	99	2,6	12	29,7	-0,6	18	1,6	CMc(34) CMg(33) FLe(33)
14	0,7	787	960	580	626	131	1,3	11,3	26,9	0,5	15,5	0,3	CMc(71) CMg(29)
15	4	1218	1583	676	832	157	0,4	9,2	25,2	-2,1	15,9	3,2	CMu(39) CMc(37) CMc(21)
16	2,2	1052	1349	880	730	117	1,5	10	27,4	-2,0	16,5	3,3	CMu(38) CMc(33) CMg(14) CMc(10)

RP	Pres		Altitud (m)			Precipitación (mm)		A		Temperatura (°C)			Osc	Hs	Tipo de suelo (FAO)
	(%)		Med	Max	Min	Annual	Estival	(meses)	Med	MaxMC	MinMF	(°C)			
17	3,3	810	1246	651	733	75	2,5	11,3	29,2	-0,9	16,9	2	LPe(39) CMtu(35) CMe(26)		
18	2,8	986	1333	616	977	82	2,3	12	29,9	-0,1	17,3	0,9	CMtu(85) LPd(11)		
19	3,1	1093	1484	603	862	78	2,4	11,5	30,1	-1,0	17,8	2,4	LPd(34) CMtu(31) CMd(28)		
20	0,8	1552	2110	1229	1147	121	1,3	7,8	24,3	-3,1	17,2	4,6	CMtu(100)		
21	0,5	874	983	777	540	75	3,1	12,3	32	-1,4	18,9	2,6	CMc(100)		
22	0,2	1343	1368	1317	844	115	1,7	9,8	27,4	-2,2	17,4	3,6	CMc(100)		
23	0,2	893	1095	690	713	127	1,2	12,7	27,3	1,3	15,7	0	CMc(100)		
24	0,1	645	645	645	666	116	1,7	12,9	28	0,9	17,5	0	CMc(100)		
25	0,1	914	914	914	419	70	2,9	13,3	30,5	1,4	17,8	0	XEc(100)		
26	1,4	960	1108	800	594	86	2,6	12,5	32,2	-0,8	18,8	2,1	CMc(100)		
29	2,2	932	1304	711	914	66	2,9	13,4	31,6	1,1	18,8	0,1	LPd(67) LVx(19) CMe(14)		
30	0,2	542	596	488	722	42	3,5	14,8	32,5	3,2	17,8	0	CMd(100)		
31	0,3	377	411	342	452	37	4,7	16,8	34,9	3,6	18,3	0	CMe(67) LPe(33)		
32	0,1	823	823	823	698	56	3,4	14,3	35	-0,1	18,8	0,1	LPd(100)		
39	1,2	1748	2000	1284	754	46	3,1	10,6	29,1	-2,0	17,8	2,6	CMe(73) CMc(27)		
40	0,2	1128	1301	955	957	60	2,9	12,8	31,4	1,2	17,9	0	CMc(100)		
41	0,1	836	836	836	792	48	3,4	13,3	32,6	-0,4	20,2	1,3	CMc(100)		
46	0,2	701	733	668	748	43	3,5	15	32,8	2,8	17,4	0	CMc(100)		

Los materiales aprobados hasta la fecha en el Catálogo Nacional de Materiales de Base son: 191 unidades de admisión para la producción de materiales de la categoría identificada, correspondientes a 16 regiones de procedencia, siendo particularmente numerosa la cobertura de la región Sistema Ibérico septentrional y las correspondientes a la Cordillera Cantábrica. Se han aprobado, asimismo, 3 huertos semilleros, con material seleccionado en el norte peninsular, y 8 clones, 4 procedentes de material seleccionado en poblaciones silvestres de Castilla y León y 4 seleccionados a partir de materiales comerciales, en plantaciones. Además de estos materiales, es previsible que en pocos años se cuente con nuevos materiales mejorados, ya que están en curso los trabajos de ensayo, propagación y catalogación de diversos materiales en las regiones de Asturias, Castilla y León, Cataluña, Galicia y Navarra. También existen proyectos de mejora en marcha por iniciativa de empresas especializadas en la producción intensiva de madera.

Las recomendaciones de uso para estos materiales se pueden simplificar en los siguientes puntos:

- Para repoblaciones en las que los objetivos son aumentar la diversidad biológica y favorecer la estabilidad de la masa conviene emplear materiales de fuentes semilleras. Para cumplir los requisitos de diversidad deseables, en estos casos, la fuente semillera o el rodal debe contar al menos con 20 bosquetes o individuos aislados entre sí. Se considera que en un bosquete todos los árboles están a menos de 50 m y ésta es, también, la distancia de aislamiento entre árboles individuales, entre árboles y bosquetes o entre bosquetes.
- Todos los árboles situados a menos de 2 km se consideran pertenecientes a la misma población y se deben incluir en la misma fuente semillera o rodal. No se debe admitir fuentes semilleras o rodales con presencia generalizada de chancros, exudación masiva de goma o defoliación estival severa. Para evitar el riesgo de contaminación por cerezos frutales no deben admitirse fuentes semilleras o rodales situados a menos de 2 km de plantaciones frutales. Según se ha detallado en párrafos anteriores, no existen hasta la fecha rodales selectos aprobados. En caso de que a los objetivos anteriores se añada el de producir madera, convendría hacer una evaluación de fuentes semilleras y catalogar como rodales selectos las que cumplan los requisitos señalados en el documento técnico correspondiente (Cisneros, 2008). Otra opción menos comprometida con la producción de madera es evaluar la fuente semillera para asegurar que al menos el 50% de los árboles de diámetro normal superior a 20 cm presentan un fuste apto para la producción de madera de calidad en los siguientes caracteres: sección circular, dominancia apical y rectitud del fuste en los 3 primeros metros.
- Se recomienda que, tanto para fuentes semilleras como para rodales, los materiales empleados en reforestación se escojan por la similitud ecológica entre la zona de selección del material y la parcela a plantar, priorizando el material de la misma región de procedencia.
- El material de los huertos semilleros aprobados en la actualidad procede de selecciones realizadas en el norte peninsular, por lo que pueden considerarse especialmente recomendables para estaciones similares, bajo clima de clara influencia oceánica, sin sequía estival, frío o continentalidad marcados. Los

trabajos de investigación realizados indican la potencialidad de mejora de estos materiales de base en cuanto a resistencia a antracnosis (*Blumeriella jaapii*), uno de los principales problemas de la especie en áreas de clima oceánico, lo que reafirma la adecuación de los materiales obtenidos de estos huertos a las condiciones de la España húmeda (Díaz *et al.*, 2007).

- Para los clones catalogados seleccionados en Castilla y León se han elaborado recomendaciones de uso (Alonso *et al.*, 2009) dirigidas a su utilización en esta región. Por similitud ecológica con las zonas de selección, se recomienda su uso en función de la textura del suelo (suelta o francoarcillosa-francolimosa), el clima (continental, transición del clima continental al oceánico) y la precipitación estival. En la actualidad se están realizando ensayos para corroborar estas recomendaciones. También están en la fase de ensayo diversos clones seleccionados en Castilla y León, Galicia y Navarra, cuya entrada en el Catálogo Nacional de Materiales de Base es previsible que acontezca en pocos años. No se dispone todavía de información sobre el comportamiento de estos materiales, pero, a sabiendas de la elevada aptitud de la especie para la producción de madera, se considera que el material clonal aporta homogeneidad que facilita la gestión y planificación, además de una previsible adaptación a condiciones similares a las de su área de recolección, por lo que supone una buena opción cuando el destino principal es la producción de madera. Por último, los clones inscritos en el Registro Nacional de Materiales de Base por parte de empresas privadas tienen un ámbito de utilización limitado, hasta la fecha, a las mismas plantaciones.
- Existen otros materiales procedentes de países europeos en el mercado. Una buena parte del cerezo implantado en los primeros años del programa de forestación procedía de Francia, de donde se sigue trayendo en la actualidad. El material francés empleado corresponde a rodales selectos y, en menor medida, a clones. También se conoce el movimiento de plantas procedentes de Bélgica, Alemania y Polonia. Aunque, en general, no se puede saber el origen de los materiales empleados antes de la entrada en vigor del RD. 289/2003, los resultados observados parecen apuntar a una buena conformación del material procedente de Francia, aunque en varias ocasiones parece apreciarse un cierto desfase fenológico que supone mayor exposición a plagas y enfermedades. La mayor parte de estos materiales proceden de localizaciones de escasa altitud, en condiciones de humedad y temperatura que no son habituales en la Península, por lo que se recomienda emplear prioritariamente material de poblaciones cercanas para asegurar en lo posible la adaptación. Si bien esta recomendación se puede aplicar a cualquier especie, es muy adecuada en el caso de una especie tan sensible a plagas y enfermedades como el cerezo.

El cerezo silvestre es una especie catalogada como “En régimen de protección” en Andalucía (D. 23/2012) y como “De interés especial” en Madrid (D. 18/1992) y en Castilla-La Mancha (D. 200/2001), especificando en este caso que se refiere a ejemplares no cultivados.

Respecto a la normativa de sanidad vegetal, los materiales de *P. avium* que salgan de los viveros deben ir acompañados por su correspondiente pasaporte fitosanitario.

2.2. Técnicas de manejo y propagación

2.2.1. Semillas

Los frutos del cerezo se recolectan una vez maduros a mediados de junio o principios de julio, dependiendo de la región. Para su cosecha se pueden coger directamente del árbol, mediante vareo, previo extendido de redes o lonas; también cabe aprovechar los frutos que cayeron al suelo por sí mismos al encontrarse ya maduros, para lo que pueden dejarse previamente extendidos debajo de las copas dispositivos de recogida como los señalados anteriormente que faciliten la recuperación. En los huertos semilleros cabría el empleo de máquinas vibradoras. Es necesario que las semillas hayan completado su desarrollo, lo cual se observa a través de la maduración del fruto. Si se recogen semillas antes de la maduración completa para evitar la depredación por parte de las aves, será necesario estratificarlas en arena húmeda a 15 °C antes de iniciar el pretratamiento habitual para permitir que la semilla complete su desarrollo (Finch-Savage, 2001).

La pulpa de las cerezas es muy rica en azúcares y agua, por lo que es muy probable que se inicie su fermentación en el proceso de recolección y transporte. Es necesario evitar este deterioro, que reduciría la calidad del lote; para ello, se recomienda en la medida de lo posible transportar las cerezas en agua o en recipientes aireados, disponerlas extendidas, preferiblemente en cámaras frigoríficas, y evitar su acumulación en zonas de calor. Otra precaución importante para optimizar la germinación es proceder a la extracción de las semillas inmediatamente (Suszka *et al.*, 1994; Finch-Savage, 2001). Atendiendo a la cantidad de fruto, el despulpado puede hacerse a mano, presionando y frotando el material contra una criba y ayudándose con un chorro de agua, o de forma mecánica, empleando un escarificador o batiéndolos a baja velocidad con algún tipo de macerador (doméstico o industrial), cuyos elementos de corte o machaqueo deben estar adaptados para evitar la rotura de la semilla. En estos últimos casos, la obtención de las semillas completamente limpias conlleva eliminar la pulpa y las semillas vanas por decantación y recurrir al empleo de agua a presión, a la frotación y al tamiz. Es preciso controlar, mediante partición de los huesos, la proporción de semillas vanas, muy alta en esta especie, utilizando los métodos de flotación y de aventado para su eliminación.

Para secar las semillas es adecuado colocarlas extendidas en un sitio aireado, a una temperatura aproximada de 20 °C durante unos 10 días y removerlas de vez en cuando para homogeneizar el secado, con lo que su contenido de humedad desciende hasta el 9 ó 10%. Se puede acelerar el proceso con ventilación forzada a 20 °C durante 24 horas. Las semillas con esta humedad pueden conservarse tal cual durante 3 años, en recipiente herméticos, entre -1 °C y -3 °C, habiéndose comprobado que al cabo de 15-20 años aún mantienen una alta capacidad de germinación. Para conservar a largo plazo, la temperatura habitualmente recomendada es -10 °C (Suszka *et al.*, 1994; Bujarska-Bokowska y Chmielarz, 2010). Así mismo se ha demostrado la potencialidad de la crioconservación de las semillas de esta especie para el almacenaje a largo plazo con vistas al establecimiento de bancos de genes (Chmielarz, 2009). A tal respecto, el contenido de humedad de las mismas debe ser próximo al 8%.

Las semillas de cerezo presentan una profunda dormición. Hasta hace unos años, era habitual aplicar una estratificación fría en húmedo como único tratamiento para romperla,

sometiendo a las semillas en arena al frío invernal. Este procedimiento puede dar buen resultado, pero es muy variable, porque, en función del grado de madurez de las semillas en el momento de recogerlas y de las características de cada invierno, se establecen grupos dentro del lote que germinarán a la primera, a la segunda e incluso a la tercera primavera. Además, es habitual que la germinación se adelante y las condiciones del invernadero o del semillero no sean las idóneas, por el riesgo de heladas. Si la estratificación se inicia en otoño o finales del verano, se consigue homogeneizar en cierta medida la germinación, pero incluso así es un método con numerosas incertidumbres. Se ha comprobado que los tratamientos de estratificación que alternan sucesivamente fases de calor y frío proporcionan los mejores resultados. Esta metodología ha sido puesta a punto por Suszka *et al.* (1994) simulando los procesos estacionales, de forma que la mayoría de las semillas pasen por las fases necesarias para inducir dormición secundaria y por el frío necesario para romperla. De forma general, se recomienda el siguiente protocolo: 2 semanas a 20 °C, 6 semanas a 3 °C, 2 semanas a 20-25 °C, 2 semanas a 3 °C, 2 semanas a 20-25 °C, 8 a 12 semanas a 3 °C, hasta la germinación.

Es importante que durante la estratificación las semillas estén adecuadamente hidratadas y aireadas. Conviene extenderlas y cubrirlas con arena y turba húmeda y removerlas periódicamente para que puedan respirar. Asimismo, se ha comprobado el efecto beneficioso de una imbibición de las semillas durante 48 horas previamente a su sometimiento a la alternancia calor-frío (Esen *et al.*, 2009). También se han propuesto protocolos de estratificación sin medio, basados en someter a la citada alternancia de fases térmicas a semillas contenidas en bolsas de polietileno de 0,1 mm de espesor o en recipientes tapados con láminas de este material cuyo contenido hídrico se ha previamente aumentado y posteriormente mantenido en el 28-30% mediante frecuentes pulverizaciones acuosas. Dado que tal nivel hídrico es insuficiente para permitir la germinación, se hace preciso prolongar la duración de la última fase fría, de forma que se asegure la ruptura generalizada de la dormición (Suszka *et al.*, 1994). La consecución de esta circunstancia sin el riesgo de germinación de las semillas con menor dormición constituye su principal ventaja. Se desconoce la utilización de este método por parte de viveristas en España. En la Tabla 2 se recogen datos de referencia de lotes de semillas de cerezo silvestre.

Se desaconseja la crioconservación de semillas cuya dormición se ha roto mediante estratificación, pues la necesaria deshidratación previa al almacenaje, hasta llegar a un bajo contenido de agua (8%), induce la aparición de una dormición secundaria.

Para la caracterización de lotes de semillas de *P. avium*, las normas ISTA (2011) prescriben como condiciones de germinación, en primera instancia, una alternancia térmica de 20-30 °C, según un ciclo de 16-8 horas y, como alternativa, una temperatura constante de 20 °C, con una duración en ambos casos de al menos 28 días, recomendando la estratificación previa de las semillas a 3-5 °C durante 3-4 meses para romper el letargo. Para una estimación rápida y fiable de la viabilidad de las semillas, aconsejan la opción de realizar el ensayo colorimétrico al tetrazolio o el de embriones extraídos. En cuanto al ensayo convencional de germinación, la Forestry Commission (2010) recomienda, por ser precisa una estratificación previa, que la alternancia de temperaturas sea 3-20 °C y fija la duración mínima del test en 70 días.

Tabla 2. Datos característicos de lotes de semillas de *Prunus avium*.

Rendimiento semilla/fruto (% en peso)	Pureza (%)	Facultad germinativa (%)	Nº semillas kg ⁻¹	Referencia
	98	80	6.600	Aldhous (1972)
			4.500-6.500	Cemagref (1982)
15-18	95-98	70-80	5.000-5.750-6.500	Catalán (1991)
		80		Forestry Commission (1992)
		70-80	4.000-6.000 (5.000-5.500)	Piotto (1992)
12-18	90-98 ⁽¹⁾	50-100 ⁽¹⁾	6.000-6.700-8.100	Suszka <i>et al.</i> (1994)
	99		4.000	Ribeiro <i>et al.</i> (2001)
	100	82	2.378	Navarro-Cerrillo y Gálvez (2001)
4-10-20		28-48-99	3.110-4.685-6.922	Louro y Pinto (2011)
4-8	98-100	48-96	4.300-5.700	CNRGF <i>El Serranillo</i> (Anexo III)
11-21	99-100	46-98 ⁽²⁾	4.900-6.500	Vivero Central JCyL (Anexo IV)

⁽¹⁾ Rangos de calidad admitidos por el Servicio Forestal de Polonia

⁽²⁾ Ensayos al tetrazolio

La germinación del cerezo silvestre es epigea; las plántulas tienen cotiledones elípticos y hojas primordiales obovadas, finamente aserradas y de color verde lustroso (Navarro Cerrillo y Gálvez, 2001).

2.2.2. Vegetativa

A pesar de la facilidad con la que naturalmente se propaga esta especie por rebrotes de raíz, el estaquillado artificial es complicado, siendo necesario utilizar material rejuvenecido. Los resultados pueden ser buenos partiendo de estaquillas de chirpiales de primer año, de cepas madres jóvenes y de estacas de raíz (Cisneros y Montero, 2008). Chaix (1982) obtuvo porcentajes de arraigo del 85% en plantas de 1 a 3 savias a partir de ramas laterales herbáceas.

Las variedades hortícolas de cerezo se propagan generalmente por injerto. En el caso del cerezo del monte, esta técnica suele emplearse únicamente en las primeras etapas de propagación a partir de los ortets, generalmente con el fin de tener genotipos accesibles en huertos y viveros a partir de los cuales empezar a trabajar. Para la multiplicación masiva es más común recurrir a técnicas de cultivo *in vitro* y al microestaquillado.

La técnica más común de propagación a través del cultivo *in vitro* suele ser la organogénesis a partir de brotes, yemas axilares o meristemos, siendo lo más recomendable utilizar estos últimos, ya que garantizan la ausencia de virus y bacterias en los tejidos de los explantos.

El medio de cultivo más apropiado para la propagación del cerezo de monte es MS (Murashige y Skoog, 1962), enriquecido con 20 g l⁻¹ de sacarosa y 6 g l⁻¹ de agar, como

agente gelificante. Los reguladores del crecimiento que mejores resultados ofrecen para la multiplicación en experiencias propias son: benzilaminopurina (BAP), como citoquinina, a razón de 1 mg l⁻¹, y ácido indolbutírico (AIB), como auxina, en una concentración de 0,1 mg l⁻¹.

El microestaquillado es otra forma de multiplicar masivamente el cerezo. Este método consiste en el estaquillado de material verde procedente de plantas que han sufrido un proceso de rejuvenecimiento. Generalmente son plantas que proceden de cultivo *in vitro* y que se han multiplicado durante unos meses de esta manera (Hammatt y Grant, 1993). Cazet *et al.* (1993 a y b) pusieron a punto este método para el cerezo de monte; las estaquillas se recogen a partir del crecimiento vegetativo del año y siempre en pies madre de 7 años de edad máxima, ya que posteriormente la capacidad de enraizamiento comienza a descender.

3. Producción de plantas

Conviene que la siembra coincida con el inicio de la germinación, tras los tratamientos pregerminativos. El momento adecuado se puede estimar cuando el 5% de las semillas ha iniciado la germinación. Si se siembran demasiado pronto se puede inducir una nueva dormición; si se tarda en exceso las raíces estarán demasiado desarrolladas para un buen arraigo.

Según se ha indicado previamente, la siembra puede realizarse en otoño para que la estratificación se realice bajo las condiciones ambientales del exterior o en primavera tras los tratamientos de estratificación. Según experiencias propias se obtienen mejores resultados con la siembra en primavera, principalmente porque se evita el efecto negativo de los depredadores y se homogeneiza la germinación.

Cuando se produce planta de una savia a raíz desnuda, las semillas se pueden realizar en surco o a manta (Fig. 4). La recomendación de Suszka *et al.* (1994) es sembrar a 4 cm en la línea y 20 cm entre líneas, mientras que en eras se siembran a 1,5 cm (4.500 semillas m⁻²). Otra alternativa es plantar bajo tubo de plástico, en eras o cajas con turba. Se plantan 160 a 200 semillas m⁻² y posteriormente se retira la cubierta para endurecer la planta. Las plantas de cerezo de dos savias requieren un repicado y un espaciado en el segundo año de unos 10-15 cm dentro del surco. Higgs *et al.* (2000) encontraron que el repicado en julio o agosto a 20 cm de profundidad reduce la concentración foliar de algunos nutrientes, pero sin afectar al arraigo y crecimiento posterior, por lo que recomiendan este procedimiento para acondicionar los brinzales antes de la plantación definitiva.

Para la producción en alvéolo se aconseja que el volumen del mismo supere los 250-300 cm³ para plantas de una savia y los 400 cm³ para las de dos (Fig. 5 a y b). Como ocurre con otras plantas de hojas grandes, cuando la densidad es excesiva el riego puede tener dificultades para empapar adecuadamente el sustrato. Se considera adecuado cultivar en densidades de 300 a 400 plantas m⁻².

Higgs *et al.* (1994) no encontraron requerimientos excesivos de nitrógeno en vivero, lo cual concuerda con los trabajos sobre nutrición en plantas adultas (Agustí, 2004) e



Figura 4. Plantas de *Prunus avium* aviveradas, cultivadas a raíz desnuda (Foto: O. Cisneros).

indica que las formulaciones comerciales habituales para frondosas son adecuadas para el cultivo en vivero. Miguel *et al.* (2010) han estudiado algunos tratamientos encaminados a disminuir el crecimiento inicial a favor de la producción de plantas equilibradas y ricas en carbohidratos. A diferencia de los resultados que estas técnicas han proporcionado para otras especies, el cerezo no parece responder adecuadamente al enriquecimiento en carbono de la atmósfera o a la aplicación de un traumatismo ligero mediante cepillado sobre el ápice.

En España no hay establecidas normas específicas de calidad relativas a la planta de *P. avium*. En la Tabla 3 se señalan los valores establecidos por Francia para diferentes parámetros, según el tipo de cultivo y la edad de las plantas.

Tabla 3. Valores de atributos morfológicos y, en su caso, volumen de contenedor establecidos por la normativa francesa para plantas de *Prunus avium* (Journal Officiel de la République Française; Arrêté du 29 novembre 2003).

Edad (savias)		Altura (cm)	Diámetro mínimo del cuello de la raíz (mm)	Volumen mínimo del contenedor (cm ³)
Raíz desnuda	Contenedor			
1	1	20-40	3	200
2	2	40-50	4	200
3	3	50-80	6	400
3	3	≥80	8	400



Figuras 5 a y b. Brinzales de *Prunus avium* de una savia cultivada en alvéolos de 300 cm³ (izquierda) y de dos savias cultivada en envase de 1 litro (derecha) (Fotos: CNRGF El Serranillo).

4. Uso en repoblaciones y restauraciones

Se trata sin duda de una especie que despierta gran interés en la actualidad, aunque en la mayoría de las ocasiones las plantaciones son de escasa superficie y, por lo tanto, su representatividad total es pequeña. Su principal uso es la reforestación de parcelas agrícolas excedentarias, en muchas ocasiones con riego y buena calidad estacional, justificado porque el precio de la madera es elevado y el turno de corta es medio, con lo cual se consigue una interesante rentabilidad. También es importante el papel del cerezo como acompañante de diversas especies del género *Pinus* y *Quercus* en actuaciones vinculadas al programa de forestación de tierras agrarias.

El cerezo también es adecuado para el enriquecimiento de masas forestales. El objetivo es crear una población con efectivos suficientes para permitir una regeneración estable, adaptada y diversa. Este tipo de plantación se cita por parte de la mayoría de selvicultores que han estudiado la especie en Europa (Hubert, 1980; Pryor, 1988; Wilhelm y Raffel, 1993; Armand, 1995; Boulet-Gercourt, 1997). Las cerezas y el polen suponen una fuente importante de alimento para pájaros e insectos, además del positivo impacto visual de la floración o de las hojas en otoño. Con este objetivo se han plantado cerezos en numerosas comarcas de montaña, aunque no es posible contar con una estimación fiable de la superficie que esto representa, por la ausencia de estadísticas y el escaso éxito que en ocasiones han tenido las especies acompañantes, en particular cuando el propietario

no percibe la forestación como una actividad rentable o las especies acompañantes se plantan en zonas de difícil mecanización dentro de las fincas. Por otra parte, además de las ventajas relativas a la estabilidad del bosque y al mantenimiento de la fauna, hay que destacar que la producción de trozas interesantes para la industria se favorece en el ambiente forestal. La presencia de vegetación entorno al cerezo le protege del efecto desecador del aire y el sol, dificulta los daños de la caza, controla la vegetación herbácea y favorece el desarrollo de ramas delgadas y troncos rectos.

En numerosas comarcas se recogen los chirpiales para emplearlos como portainjertos del cerezo frutal. Algunos autores han obtenido excelentes resultados trasplantando chirpiales de 1 m de alto a vivero, y reintroduciéndolos después al monte. Evidentemente no es una técnica que se pueda extender, pero puede tener interés en el caso de que se desee plantar pequeños bosquetes.

Según los datos recogidos en las estadísticas forestales del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, en 2005 y 2006 se produjeron 60.098 y 131.200 plantas respectivamente, aunque en estas cifras no se incluyen datos de algunas regiones, algunas de las cuales son importantes en la comercialización de estos plantones, como Galicia (MARM, 2008 y 2009).

No existen estadísticas detalladas sobre la forestación con cerezo. Las regiones con mayor actividad son Galicia, Asturias, País Vasco, Navarra, La Rioja y Castilla y León. En esta última región se han plantado 218, 312 y 461 ha en 2003, 2004 y 2005, respectivamente (Cisneros *et al.*, 2006). Estos datos corresponden sólo a plantaciones subvencionadas dentro del programa de forestación de tierras agrarias. Hay que señalar que hasta el año 2002 el cerezo se plantaba fundamentalmente como especie de acompañamiento y a partir de esta fecha se iniciaron las plantaciones monoespecíficas destinadas a la producción de madera. Si tomamos estos datos como orientativos para el conjunto del país, se puede considerar que en la actualidad las plantaciones de cerezo ocupan entre 4.000 y 5.000 ha.

5. Planificación de la repoblación

En terrenos agrícolas el cerezo requiere la minimización del riesgo de encharcamiento; la elevada sensibilidad a la asfixia radical precipita la muerte del árbol en pocos años. A veces basta una primavera húmeda en un terreno pesado para que el árbol no supere el primer año, o bien quede dañado y su recuperación sea dudosa. Por lo tanto, conviene planificar trabajos de saneamiento; habitualmente bastará con un subsolado para romper las capas de compactación y permitir un drenaje rápido. Para la plantación, conviene abrir un hoyo con retroexcavadora y remover el suelo en 1 m de profundidad. Sobre este volumen de suelo removido y homogéneo, el arraigo es rápido y el crecimiento vigoroso desde la primavera.

En el caso de su uso para enriquecimiento de la masa forestal, se recomienda plantar por bosquetes de 1.000-2.500 m² y separar los pies entre 6 y 12 m respecto a las copas de los árboles existentes. La densidad mínima recomendable es de 300 pies ha⁻¹ (Armand, 1995; Franc y Ruchaud, 1996).

La planta más adecuada para la producción de madera es de 2 savias, con dimensiones en torno a 80-120 cm de altura y diámetro en la base de 9 a 11 mm. También se emplea con éxito plantas de una savia, aunque se deben buscar plantones de 40 cm y 5 mm de diámetro en el cuello. Los peores resultados se han producido con plantas excesivamente altas (de altura superior a 150 cm) y descompensada, o bien con plantas pequeñas, de menos de 30 cm. La planta producida a raíz desnuda es una buena alternativa, en particular la de dos savias que ha sido repicada. Bajo clima oceánico, en buenas condiciones de estación y con un adecuado manejo, proporciona excelentes resultados en cuanto a arraigo y crecimiento inicial. Sin embargo, es la planta en envase la que se utiliza en la mayoría de las ocasiones.

El objetivo de las plantaciones para madera (Fig. 6) es producir árboles de 30 a 60 cm de diámetro. En las condiciones habituales de una plantación para madera, una hectárea puede sostener 200 cerezos de 30 cm de diámetro; doblar ese diámetro implica que los árboles se reducen a la cuarta parte (50 árboles de 60 cm en una hectárea). Para alcanzar este objetivo, hay que asegurar un número mínimo de árboles correctamente conformados para la producción de madera. El número de árboles que se debe plantar depende de la información disponible sobre los mismos y de la calidad de estación. Cuanto menor es la fertilidad de la estación, menor es el número de árboles por hectárea. Respecto al material que conviene plantar, las distintas categorías informan sobre la aptitud de los materiales para la producción de madera:

- Material identificado: sólo se conoce la región de procedencia, por lo tanto no hay seguridad respecto al porcentaje de árboles que podrán destinarse a madera de calidad. Es recomendable que la densidad se sitúe en torno a 800 pies ha⁻¹. Un marco adecuado es 4 x 3 m.
- Material seleccionado: en este caso existe un muestreo fenotípico que indica una buena aptitud del rodal para la producción de madera. La densidad debe estar en torno a 625 pies ha⁻¹ (4 x 4 m), aunque se puede llegar a 400 pies ha⁻¹ (5x5 m) en función de la información disponible sobre el rodal.
- Material cualificado o controlado: estos materiales han sido seleccionados y ensayados con el objetivo principal de producir madera, por lo tanto ofrecen una garantía mayor que las categorías anteriores. El material clonal permite reducir la densidad hasta 200 pies ha⁻¹ (7 x 7 m), mientras que con material de huerto semillero o de progenitores de familia se puede plantar en torno a 400 pies ha⁻¹.

Independientemente de la densidad, se recomienda que la separación mínima entre filas sea de 4 m, para permitir al menos la mecanización del mantenimiento del suelo en una dirección.

En la plantación sobre antiguos terrenos agrícolas y en general, siempre que la finca sea mecanizable, es necesario planificar al menos dos pases de grada. El sistema radical del cerezo es superficial y sufre extraordinariamente con la competencia del estrato herbáceo. Si el gradeo no alcanza el entorno del árbol y en esta zona la hierba es abundante, se debe completar la labor con el desherbaje mediante herbicida en las líneas de plantación, aunque también ha dado buenos resultados la utilización de cubiertas plásticas o de paja, piedras, etc. En cualquier caso, es necesario contemplar estas labores durante los 5 primeros años



Figura 6. Plantación de *Prunus avium* (Foto: O. Cisneros).

e iniciarlas en los primeros meses del período vegetativo (abril), extendiéndolas hasta el verano si fuera necesario.

Los trabajos realizados en fruticultura indican que el cerezo no presenta elevadas necesidades en nitrógeno, aunque es exigente en potasio y magnesio. Sin embargo, en las plantaciones realizadas sobre antiguos terrenos cultivados no se han detectado carencias y la fertilización no ha sido una práctica habitual. Como dato orientativo, Mercurio y Minotta (2000) indican que en fincas destinadas a plantaciones los niveles de los principales elementos minerales se sitúan en los siguientes rangos: nitrógeno total (método Kjeldhal) 1,5 ppm; fósforo (P_2O_5 asimilable, método Olsen) 25-40 ppm; potasio (K_2O asimilable, método SISS) 120-200 ppm.

El cerezo es muy sensible a plagas y enfermedades. No se puede considerar como una especie robusta y los aspectos fitosanitarios deben tenerse en cuenta al iniciar cualquier plantación. No obstante, es importante señalar que, en la mayoría de las ocasiones, estos daños se deben a una mala elección de la estación (asfixia radical por encharcamiento, sequía excesiva, elevado porcentaje de caliza activa, etc.) o a la utilización de materiales poco adaptados, de origen desconocido (probablemente centroeuropeo) o procedentes de la fruticultura. Las enfermedades más habituales en ramas y tronco son el chancro bacteriano, producido por *Pseudomonas syringae* pv. *morsprunorum* (Wormald) Young *et al.*, y el mal del plomo u hojas plomizas, producido por el hongo *Chondrostereum purpureum* (Pers.) Pouzar. Se minimiza el riesgo de que se extiendan ambos patógenos podando en verde. En hojas son muy frecuentes cilindrosporiasis o antracnosis, enfermedad

debida al hongo *Blumeriella jaapii* (Rehm) v. Arx (*Cylindrosporium padi* [Lig.] P.Karsten ex Sacc.); cribado o perdigonado, producido por el hongo *Stigmia carpophila* (Lév.) M.B. Ellis (*Clasterosporium carpophilum* [Lév.] Aderhold), y gnomonia, producido por el hongo *Apiognomonía erythrostoma* (Pers.) Höhnel. En la mayoría de las ocasiones estos ataques no suponen un problema y con los años se establece un equilibrio que permite un adecuado desarrollo. En casos graves es necesario el tratamiento. Habitualmente estos episodios coinciden con primaveras húmedas y cálidas y tras uno o dos años de tratamiento remiten. Las plagas más habituales son el pulgón negro (*Myzus cerasi* (Fabricius)) y *Caliroa cerasi* (L.). En los casos de daños serios hay que realizar tratamientos, siguiendo el programa que se recomienda en la zona para cerezos frutales. Habitualmente basta con una o dos intervenciones preventivas con compuestos de cobre para tratar contra hongos y bacterias y con insecticidas sistémicos contra pulgón en primavera.

Las podas son una labor fundamental en las plantaciones de cerezo para producción de madera, y deben realizarse desde el principio. Es importante observar que la ramificación del cerezo es monopódica, por lo que la yema terminal genera todo el crecimiento del tronco del año siguiente. Cualquier daño sobre esta yema obliga a dirigir una de las ramas inferiores en sustitución del eje principal, mediante el atado al eje y el terciado del resto de ramas. También es fundamental recordar que las ramas tienden a agruparse en pisos, denominados pseudoverticilos, por lo que cada año hay que podar algunas ramas y terciar otras en cada piso para evitar grandes defectos de forma, al acumularse muchas ramas a la misma altura del tronco. El crecimiento vigoroso del cerezo hace que las ramas engrosen rápidamente, por lo que conviene prestar mucha atención al respecto para limitar la formación de grandes nudos. Las ramas no deben superar los 2,5-3 cm de grosor ni debe haber ramas sobre el tronco a la altura en que éste alcanza 10 cm de diámetro. Por último hay que recordar que el cerezo se poda en verde, desde finales del mayo a julio, para evitar los daños fitopatológicos (Cisneros *et al.*, 2009). La poda de formación se realiza inicialmente sobre todos los árboles. Posteriormente basta con realizar podas de formación sobre 200-350 cerezos preseleccionados; finalmente se seleccionan entre 70 y 90, que serán los reservados para la corta final (se sitúan a una distancia de 11-12 metros entre sí) y en los que se completará la poda de calidad hasta la máxima troza posible.

6. Bibliografía

AGUSTÍ M., 2004. Fruticultura. Ed. Mundi-Prensa, Madrid.

ALDHOUS J.R., 1972. Nursery Practice. Forestry Commission Bulletin 43.

ALÍA R., GARCÍA DEL BARRIO J.M., IGLESIAS S., MANCHA J.A., DE MIGUEL J., NICOLÁS J.L., PÉREZ MARTÍN F., SÁNCHEZ RON D., 2009. Regiones de procedencia de especies forestales en España. Organismo Autónomo Parques Nacionales, Madrid. pp. 223-226.

ALONSO R., CISNEROS Ó., MODREGO P., SÁNCHEZ PALOMARES O., 2009. Recomendaciones de uso para clones de cerezo (*Prunus avium* L.) en Castilla y León. En: Actas del 5 Congreso Forestal Español. [cd-rom]. (Sociedad Española de Ciencias Forestales, Junta de Castilla y León, eds.). Ávila. Disponible en: <http://congresoforestal.es>

ARMAND G., 1995. Feuillus précieux. Conduite des plantations en ambiance forestière. Merisier, érable sycomore, frêne, chêne rouge d'Amérique. Ed. Institut pour le Développement Forestier. Paris, Francia.

- BLANCA G., DÍAZ C., 1998. *Prunus*. En: Flora Ibérica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares. Vol VI. *Rosaceae*. (Muñoz Garmendia F., Navarro C., eds.). Real Jardín Botánico, Madrid. pp. 444-466.
- BOULET-GERCOURT B., 1997. Le merisier. Ed. Institut pour Le Développement Forestier, Paris, Francia.
- BUJARSKA-BORKOWSKA B., CHMIELARZ P., 2010. Stratification, germination and emergence of mazzard seeds following 15- or 20-year storage. *Forestry* 83, 189-194.
- CAB, 2000. *Forestry Compendium. Global Module*. Wallingford, CAB International.
- CATALÁN G., 1991. Semillas de árboles y arbustos forestales. Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid. pp. 305-307.
- CAZET M., DUFOUR J., VERGER M., 1993 a. Multiplication du merisier par bouturage herbacé (1^{ère} partie). *PHM - Rev. Hort.* 338, 27-29.
- CAZET M., DUFOUR J., VERGER M., 1993 b. Multiplication du merisier par bouturage herbacé (2^{ème} partie). *PHM -Rev. Hort.* 339, 9-13.
- CEMAGREF (Centre National du Maquinisme Agricole du Genie Rural des Eaux et des Forets), 1982. Les semences forestières. Note Technique 48.
- CHAIX C., 1982. Techniques de production de plants de merisier (*Prunus avium* L.) par culture *in vitro*, bouturage herbacé, bouturage de racines. *Ann. For. Sci.* 39, 311-313.
- CHMIELARZ P., 2009. Cryopreservation of dormant orthodox seeds of forest trees: mazzard cherry (*Prunus avium* L.). *Ann. For. Sci.* 66, 405-413.
- CISNEROS O., 2008. Criterios orientadores sobre declaración y uso de materiales de base y reproducción de *Prunus avium* L. Documento propuesto en el Comité Nacional de Mejora y Conservación de Recursos Genéticos Forestales, Madrid, 21 octubre 2008 (pendiente de publicación).
- CISNEROS O., MONTERO G., 2008. Selvicultura de *Prunus avium* L. En: Compendio de Selvicultura aplicada en España (Serrada R., Montero G., Reque J.A., eds.). Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Agroalimentaria, Madrid. pp. 605-642.
- CISNEROS O., MONTERO G., GARCÍA D., MODREGO P., HERNÁNDEZ A., 2006. La reforestación de tierras agrarias para producir madera de calidad en Castilla y León. Resultados de la Política Agraria Común. I En: Congreso Forestal de Castilla y León, Burgos.
- CISNEROS O., MARTÍNEZ V., MONTERO G., ALONSO R., TURRIENTES A., LIGOS J., SANTANA J., LLORENTE R., VAQUERO E., 2009. Plantaciones de frondosas en Castilla y León. Cuaderno de campo. Ed. Junta de Castilla y León y Fafcycle.
- DÍAZ R., ZAS R., FERNÁNDEZ-LÓPEZ J., 2007. Genetic variation of *Prunus avium* in susceptibility to cherry leaf spot (*Blumeriella jaapii*) in spatially heterogeneous infected seed orchards. *Ann. For. Sci.* 64, 21-30.
- DUCCI F., PROIETTI R., 2005. Variabilità del ciliegio selvatico in Italia. En: Monografia sul ciliegio selvatico (*Prunus avium* L.). (Ducci F., coord.). CRA-Istituto sperimentale per la selvicoltura de Arezzo. Arezzo, Italia. pp. 17-27.
- EDIN M., LICHOU J., SAUNIER R., 1997. Cerise, les variétés et leur conduite. CTIFL, Paris, Francia.
- ESEN D., GÜNES N., YILDIZ O., 2009. Efect of citric acid presoaking and stratification on germination behavior of *Prunus avium* L. seed. *Pakistan J. Bot.* 41, 2529-2535.
- FERNANDEZ R., SANTI F., DUFOUR J., 1994. Les matériels forestiers de reproduction sélectionnés de merisier (*Prunus avium* L.): classement, provenances et variabilité. *Rev. For. Franç.* XLVI(6), 629-638.
- FINCH-SAVAGE W.E., 2001. Cherry seed. *Horticulture Research International*. Warwick, Reino Unido.
- FORESTRY COMMISSION, 1992. Seed manual for forest trees. Ed. A.G. Gordon. Bulletin 83.

- FORESTRY COMMISSION, 2010. Draft guidance for seed testing at Forestry Commission approved forest tree seed testing facilities. Disponible en: [http://www.forestry.gov.uk/pdf/STC-Appendix_1.pdf/\\$FILE/STC-Appendix_1.pdf](http://www.forestry.gov.uk/pdf/STC-Appendix_1.pdf/$FILE/STC-Appendix_1.pdf) [5 Jul, 2010]
- FRANC A., RUCHAUD F., 1996. Autécologie des feuillus précieux: frêne commun, érable sycomore, érable plane. Collección Études du Cemagref, serie Gestion des territoires, nº 18. Ed. Cemagref, Gap, Francia.
- FRASCARIA N., SANTI F., GOUYON P.H., 1993. Genetic differentiation within and among populations of chestnut (*Castanea sativa* Mill.) and wild cherry (*Prunus avium* L.). *Heredity* 70, 634-641.
- GARCÍA DEL BARRIO J.M., DE MIGUEL J., ALÍA R., IGLESIAS S., 2001. Regiones de identificación y utilización de material forestal de reproducción. Dirección General de Conservación de la Naturaleza. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- HAMMATT N., GRANT N.J., 1993. Apparent rejuvenation of mature wild cherry (*Prunus avium* L.) during micropropagation. *J. Plant Physiol.* 141, 341-346.
- HIPPS N.A., HIGGS K.H., COLLARD L.G., SAMUELSON T.J., 1994. Effects of irrigation and nitrogen fertiliser on the growth and nutrient relations of *Prunus avium* L and 'Colt' (*Prunus avium* x *Prunus pseudocerasus*) in the nursery and after trasplantation. *Ann For. Sci.* 51, 433-445.
- HIPPS N.A., SAMUELSON T.J., FARMAN L.G., 2000. Effects of root wrenching on leaf mineral content of *Prunus avium* and *Castanea sativa* seedlings. *Can. J. For. Res.* 30, 958-963.
- HUBERT M., 1980. Le merisier, arbre a bois. Ed. Institut pour le Développement Forestier. Paris, Francia.
- ISTA (International Seed Testing Association), 2011. International rules for seed testing. Edition 2011. ISTA, Bassersdorf, Switzerland.
- LEMOINE M., DUFOUR J., SANTI F., 1992. Le merisier. En: Amélioration des espèces végétales cultivés. Objectifs et critères de sélection. Coordinado por Gallais A., Bannerot H. Ed. INRA, Paris, Francia. pp. 684-693.
- LOURO V., PINTO G., 2011. Sementes, uma ponte entre o passado e o futuro da floresta. Ministério da Agricultura, Mar, Ambiente e Ordenamento do Território. CENASEF. pp. 31-38.
- MARM (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino), 2008. Anuario de Estadística Forestal 2006. [en línea]. Disponible en: http://www.mma.es/portal/secciones/biodiversidad/montes_politica_forestal/estadisticas_forestal/indice_estadisticas_forestales_2006. [1 Feb, 2010].
- MARM (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino), 2009. Anuario de Estadística Forestal 2007. [en línea]. Disponible en: http://www.mma.es/portal/secciones/biodiversidad/montes_politica_forestal/estadisticas_forestal/indice_estadisticas_forestales_2007.htm [1 Feb, 2010].
- MERCURIO R., MINOTTA G., 2000. Arboricoltura da legno. Ed. CLUEB, Bolonia, Italia.
- MIGUEL C., ARANDA X., DE HERRALDE F., SABATÉ S., BIEL C., SAVÉ R., 2010. Evaluation of growth slowdown nursery treatments on *Prunus avium* seedlings by means of allometric relationships and relative growth rates. *Scand. J. For. Res.* 25, 51-59.
- MORENO J., MANZANO M.A., 2002. Variedades de cerezo para el Valle del Jerte. Consejería de Agricultura y edio Ambiente, Junta de Extremadura. Ed. Secretaría General, Badajoz.
- MURASHIGE T., SKOOG F., 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plantarum* 15, 473-497.
- NAVARRO CERRILLO R.M., GÁLVEZ C., 2001. Manual para la identificación y reproducción de semillas de especies vegetales autóctonas de Andalucía. Tomo II. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, Córdoba. pp. 268-270.
- PIOTTO B., 1992. Semi di alberi e arbusti in Italia: come e quando seminarli. Società Agricola e Forestale (Grupo ENCC), Roma.
- PRYOR S.N., 1988. The silviculture and yield of wild cherry. *Forestry Commission Bulletin* nº 75. Londres, Reino Unido.

RIBEIRO D., RIBEIRO H., LOURO V., 2001. Produção em viveiros florestais. Direcção-Geral de Desenvolvimento Rural, Lisboa.

SCHUELER S., TUSCHA., SCHOLZ F., 2006. Comparative analysis of the within-population genetic structure in wild cherry (*Prunus avium* L.) at the self-incompatibility locus and nuclear microsatellites. *Molec. Ecol.* 15, 3231-3243.

SUSZKA B., MULLER C., BONNET-MASIMBERT M., 1994. Graines des feuillus forestiers. De la récolte au semis. INRA. Paris, Francia.

WILHELM G.J., RAFFEL D., 1993. La sylviculture du mélange temporaire hêtre-merisier sur le Plateau Lorrain. *Rev. For. Franç.* XLV(6), 651-668.

Prunus mahaleb L.

Cerezo de Santa Lucía, pudriera, abanera, maleíno, durillo, marel, amarel, cerecino (Jaén, Murcia, Aragón), pudriera (Pirineo Aragonés), cardigüelo (Burgos), montesina, guindal bravía (Arribes del Duero, León, Zamora y Salamanca); *cat.*: cirerer bort, macaleu; *eusk.*: oilarán, ollarán (Navarra); *gall.*: pao de San Guirgorio, virgadouro

Rafael M^a NAVARRO CERRILLO, Antonio SÁNCHEZ LANCHA, Manuel ARROYO SAUCE, Laura PLAZA ARREGUI, Eugenio MALLOFRET CARRERA, Francisco MARCHAL GALLARDO, Miguel Ángel LARA GÓMEZ

1. Descripción

1.1. Morfología

El cerezo de Santa Lucía es una especie del género *Prunus*, familia *Rosaceae*, subfamilia *Amygdalaceae*. Se trata de un arbusto o árbol pequeño de hasta 5 m de altura, aunque puede superar los 10-12 m, y de gran diámetro, con un porte abierto y ramas abundantes y amplias. Sus raíces son potentes, capaces de colonizar terrenos muy pedregosos y suelos de escasa profundidad. La corteza es pardo-grisácea que se vuelve oscura con la edad. Es una especie caducifolia, inermes y de madera muy olorosa. Las ramillas jóvenes son pubérulas, después glabras (Ruiz de la Torre, 2006). Las hojas son anchamente aovadas o subcordiformes, de 2-5 x 1,5-4 cm, con margen ligeramente serrado o crenado-serrado, cuspidado, redondeado en la base, lampiñas por el haz y con envés más pálido, con pecíolo alargado (0,5-1,7 cm), provisto en la inserción con el limbo de dos glándulas amarillas o rojizas (Ruiz de la Torre, 2006).

1.2. Biología reproductiva

Las flores, pediceladas, son muy olorosas, se disponen en racimos cortos de 3-11, son coetáneas con las hojas, agrupadas en cimas corimbiformes en la terminación de las ramas. Presentan cinco sépalos reflejos y cinco pétalos de color blanco, obovados, de 4-7 mm, insertos, junto con los estambres, en la garganta formada por los sépalos acampanados, que rodean el pistilo que es de color amarillo-anaranjado en su interior; ovario lampiño (López González, 1982; Ruiz de la Torre, 2006).

Florece en primavera, entre marzo y mayo, a la vez que echa las nuevas hojas. *Prunus mahaleb* es parcialmente autocompatible, aunque algunas poblaciones son morfológicamente hermafroditas, pero funcionalmente diclinas, presentando individuos con flores androestériles (funcionalmente femeninas) que tienden a producir un mayor número de frutos y semillas de mayor peso, más variables genéticamente por la contribución de un mayor número de padres en la polinización (Jordano, 1993; Pflugshaupt *et al.*, 2002; García *et al.*, 2005). La polinización es entomófila y recibe abundantes visitas de

polinizadores (*Hymenoptera: Andrenidae, Apidae; Diptera: Calliphoridae, Syrphidae*), lo que origina unos altos porcentajes de fructificación (Jordano, 1993; García *et al.*, 2007).

Fructifica entre julio y agosto (Guitian *et al.*, 1992 a; Jordano, 1993) de forma escalonada, muy influenciada por el tamaño de la planta, el genotipo y la distribución altitudinal (Jordano y Godoy, 2000). La duración del período de predispersión en *P. mahaleb* es de unos 80 días, el nivel de fructificación es del 12%, con una reducción de frutos en el conjunto del período de predispersión del orden del 80%, lo que supone que para producir un fruto son necesarias 8,4 yemas. El resultado es que *P. mahaleb* muestra bajos niveles de fructificación (<30%) debido a reducciones por causas intrínsecas y extrínsecas. Este hecho no se debe a insuficiencias en la polinización, ya que la adición de polen suplementario no mejora los niveles de fructificación (Guitián *et al.*, 1992 b), ni a la acción de los herbívoros, pues esto representa una pérdida de menos del 20% de las estructuras reproductivas; por lo que las reducciones se deben a factores intrínsecos. Estas reducciones varían entre individuos y son independientes de la duración de los períodos fenológicos. En esta especie tienen lugar en el período de floración (Guitian *et al.*, 1992 b), pudiendo estar relacionadas con el alto coste en la producción de los frutos, lo que estaría de acuerdo con la tendencia observada en otras especies de rosáceas productoras de frutos carnosos (Ehrlen, 1991).

Los frutos, de tipo drupa, forman pequeños pseudo-corimbos con 3-4 unidades, que se sitúan normalmente en la parte final de las ramas. Las “cercinas” son pequeñas, de 6-10 mm, de forma ovoide redondeada, glabras, de color verde tornándose a púrpura oscuro en la madurez, de pulpa amarga (Fig. 1). Cada fruto contiene una sola semilla, que queda envuelta en el endocarpo formando el conjunto una unidad; este “hueso” mide 5-7 mm, y es de superficie lisa, color blanco-grisáceo y con una sutura lateral poco marcada (Fig. 2). El eje hipocótilo-radícula, de muy pequeño tamaño, presenta una posición apical en la semilla, con la radícula orientada hacia al mucrón (Grisez *et al.*, 2008). El peso del hueso puede alcanzar los 70 mg (Cerdá *et al.*, 2000).

La dispersión de las semillas es zoócora, principalmente por aves (*Turdus merula, Turdus viscivorus, Sylvia atricapilla* y *Phoenicurus ochruros*) (Jordano y Schupp, 2000) y frugívoros (*Lacerta lepida, Vulpes vulpes, Meles meles* y *Martes foina*) (Herrera y Jordano, 1981; Herrera, 1989; Guitian *et al.*, 1992 b; Jordano y Schupp, 2000; Jordano *et al.* 2007), que contribuye a un patrón espacial del flujo génico intra e inter poblacional (García *et al.*, 2005 y 2007). La distribución de semillas y de plántulas de *P. mahaleb* es muy agregada en el espacio, típica de especies zoócoras (Jordano y Schupp, 2000; García-Castaño, 2001), estando muy relacionados espacialmente los patrones de llegada de semillas, por una parte, y el reclutamiento temprano de plántulas resultante, por otra (Marañón *et al.*, 2008). A su vez, la mayor parte de las semillas de esta especie son dispersadas a microhábitats con cobertura de otras especies leñosas, como arbustos (majuelo, madreSelva, enebro) o bajo pinos; por el contrario, los microhábitats abiertos reciben la menor densidad de semillas (Marañón *et al.*, 2008). Las semillas suelen dispersarse a corta distancia del árbol donde se alimentan los dispersores (en un radio menor de 30 m), contribuyendo así al patrón de agregación de la lluvia de semillas, lo que limita de forma considerable la fracción de lugares posibles en el suelo del bosque a los que llegan efectivamente las semillas, y altera, simultáneamente, la distribución de estas



Figura 1. Fruto de *Prunus mahaleb*
(Foto: Red de Viveros de Andalucía).

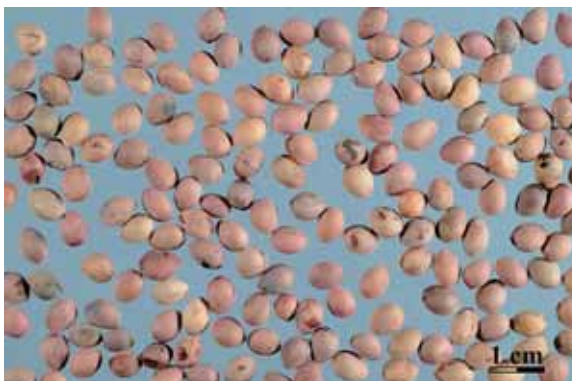


Figura 2. Semillas de *Prunus mahaleb*
recubiertas por endocarpo..

en el espacio. Como promedio, y para tres años de estudio, se observó una dispersión media de 4,9 semillas m^{-2} , con una emergencia media de 0,6 plántulas m^{-2} , aunque la distribución de esta regeneración fue fuertemente heterogénea entre microhábitats; el 79% de los puntos no reclutó ninguna plántula y solo el 9,6% reclutó entre 1 y 5 plántulas m^{-2} (Jordano y Schupp, 2000; Godoy y Jordano, 2001; Jordano *et al.*, 2007; Marañón *et al.*, 2008). Brota fácilmente de cepa y raíz, soportando bien el recorte y la herbivoría.

1.3 Distribución y ecología

Se distribuye por el centro y sur de Europa, oeste de Asia y noroeste de África. En la Península Ibérica, se encuentra principalmente en las mitades norte y este y es rara hacia el sur y el oeste. El cerezo de Santa Lucía aparece en hoces, barrancos, pie de cantiles rocosos, grietas de roquedos, laderas pedregosas, bordes de arroyo, matorrales espinosos y claros de bosque, preferentemente en lugares frescos, umbrosos, y suelos calizos, casi siempre en las montañas (Pirineos, serranías de Cuenca, Segura, Alto Maestrazgo, sierras del sur de Valencia, hasta Sierra Nevada y otras sierras béticas desde la Serranía del Segura hasta Torrox en Málaga), entre (100) 300 y 2.000 m (Ruiz de la Torre, 2006) (Fig. 3).

El cerezo de Santa Lucía es una especie de temperamento robusto, se adapta bien a condiciones de plena insolación, incluso en climas de la montaña mediterránea, aunque prefiere situaciones frescas y umbrosas. Resiste sequías bastante acusadas y estíos largos y duros, siempre que el clima sea suave. Es una especie de crecimiento relativamente lento, alcanzando una longevidad modesta (80-100 años) (Ruiz de la Torre, 2006).

Prunus mahaleb es una especie propia de orlas arbustivas, comunidades muy dinámicas y mayoritariamente espinosas. Desde un punto de vista ecológico son fundamentales en los ecosistemas forestales para garantizar la regeneración natural del bosque, además de proporcionar alimento y cobijo a la fauna asociada. Desde una perspectiva paisajística, constituyen mosaicos vegetales que se integran en un modelo tradicional de explotación agrosilvopastoral propia de espacios de montaña. Los componentes de las comunidades donde aparece el cerezo de Santa Lucía son las rosas (*Rosa* spp.), zarzas (*Rubus ulmifolius*) y majuelos (*Crataegus monogyna*), así como el agracejo (*Berberis vulgaris*),

la madreselva (*Lonicera* spp.), el saúco (*Sambucus nigra*), el cornejo (*Cornus sanguinea*), el bonetero (*Euonymus europaeus*), los espinos (*Rhamnus* spp.), el grosellero (*Ribes* spp.) y trepadoras como clemátide (*Clematis* spp.), con una extensión y una densidad muy variables. Su presencia es una señal inequívoca de una etapa avanzada y preforestal de la sucesión vegetal, que se produce en los claros y bordes de los ecosistemas forestales. El cerezo de Santa Lucía forma parte de las orlas arbustivas de numerosos tipos de bosques de la Península Ibérica, desde los planocaducifolios atlánticos (*Quercus petraea*, *Q. robur*; *Tilia plathyphyllos*) y sus penetraciones mediterráneas a través de los corredores interiores que forman los bosques de montaña (*Sorbus domestica*, *Acer monspessulanum*, *A. granatense*, *A. opalus*), hasta en los enclaves más frescos de los montes de carácter submediterráneo (*Quercus pubescens*, *Q. faginea*, *Q. ilex*, *Q. pyrenaica*), pinares (*Pinus nigra*, *P. sylvestris*), sabinares (*Juniperus phoenicea*), enebrales (*J. communis*) y pinsapares (*Abies pinsapo*).

La interacción del *P. mahaleb* con otros organismos del componente biológico del suelo ha sido poco estudiada, aunque se conoce su utilidad como portainjertos debido a su resistencia a numerosas enfermedades del suelo (Guella y Espada, 1993). Calvet *et al.* (2004) han estudiado la colonización de micorrizas en estaquillas de esta especie. Es una especie muy consumida por la fauna silvestre, en particular sus frutos, pero también son palatables sus hojas, rebrotando con facilidad.

2. Materiales forestales de reproducción

2.1. Marco normativo. Identificación de los materiales de reproducción

La especie *P. mahaleb* no está incluida en la normativa estatal relativa a la comercialización de los materiales forestales de reproducción, aunque sí en la de la Comunidad Valenciana (D. 15/2006), con el objetivo de preservar los recursos genéticos de las poblaciones autóctonas mediante el empleo de las procedencias locales. En todo caso, pese a no estar sujeta a un sistema de control oficial en gran parte del territorio, se recomienda contribuir a la identificación del origen de los materiales de reproducción, desde su recolección hasta su uso en campo. Para ello, puede emplearse el sistema de identificación de su procedencia mediante la división territorial establecida por García del Barrio *et al.* (2001) en las denominadas Regiones de Identificación y Utilización de materiales forestales de reproducción. En el marco del territorio de Andalucía, Rosúa *et al.* (2001) distinguen cuatro regiones de uso de la especie, todas ellas en las Sierras Béticas: Sierras Tejeda-Almijara-Sierra Nevada, Sierra de Baza, Sierras de Cazorla-Mágina-Subbética y Serranía de Ronda.

Es habitual el uso de clones de *P. mahaleb* para su uso como portainjertos de cultivares productivos, por su capacidad de prosperar en suelos calizos (Baumann, 1977; Jiménez *et al.*, 2007). En cualquier caso, estos materiales disponibles en el mercado no deben ser empleados en forestaciones.

Prunus mahaleb está catalogada como especie “En régimen de protección” en las Comunidades Autónomas de Andalucía (D. 23/2012) y Murcia (D. 50/2003), y como “De interés especial” en Castilla-La Mancha (D. 33/1998).



Figura 3. Distribución de *Prunus mahaleb* y Regiones de Identificación de sus materiales de reproducción (Fuente:Anthos).

El cerezo de Santa Lucía, como integrante del género *Prunus* y no figurar en las excepciones que marca la normativa al respecto, requiere pasaporte fitosanitario para la comercialización y tránsito de sus materiales de reproducción.

2.2. Técnicas de manejo y propagación

2.2.1. Semillas

La colecta de los frutos se realiza en los meses de junio o julio, durante la época en la que el color del fruto torna del inmaduro verde a purpúreo-rojizo, ya que el desarrollo del embrión está lo suficientemente avanzado como para asegurar su posterior germinación. Se consigue así, por un lado, limitar los efectos inhibidores de la germinación que posee la pulpa madura, y por otro minimizar la depredación de frutos por parte de aves frugívoras. Se recomienda recolectar las semillas de un gran número de individuos y de distintas poblaciones, para obtener la mayor diversidad genética del lote de semillas (Prada y Arizpe, 2008). Dado que la producción individual de semillas por planta puede ser muy desigual y que los individuos pueden estar muy separados entre sí, conviene programar adecuadamente la cosecha de frutos para obtener la cantidad deseada. El procedimiento de recogida es desde el suelo, cortando directamente los frutos con tijeras o mediante vareo.

Una vez recolectados los frutos, hay que extraer las semillas de forma inmediata ya que la pulpa tiende a fermentar y degradarse, lo que puede condicionar la viabilidad del lote. La extracción y limpieza se hacen mediante maceración de los frutos, despulpado mecánico y aclarado con agua y secado, seguido de cribado o aventado para eliminar la granza resultante del despulpado. Durante el proceso, las semillas vanas se separan mediante flotación, que suelen representar el 15-25% del total de semillas. Las semillas son de comportamiento ortodoxo por lo que toleran la deshidratación. Se almacenan en cámara frigorífica a 4-5 °C, con un contenido de humedad del 4-8%, dentro de envases herméticos.

Las semillas de *P. mahaleb* presentan dormición fisiológica, si bien germinan lentamente sin necesidad de tratamiento previo alguno (Tabla 1). Se consiguen germinaciones mejores y más rápidas si se estratifica previamente las semillas en arena o turba húmeda a 4-6 °C durante 3-4 meses, antes de la siembra en primavera (Catalán, 1991). Ellis *et al.* (1985) recomiendan un conjunto de tratamientos pregerminativos para el género *Prunus* basados en la estratificación:

- Estratificación fría a 1 °C durante 16 semanas.
- Estratificación cálida a 20 °C, 3 semanas, y después estratificación fría 2-7 °C durante 6 meses.
- Estratificación a 20 °C durante 2 semanas, después a 3 °C durante un período variable entre 2-6 semanas, posteriormente a 25 °C otras 2 semanas, y finalmente a 3 °C durante 30 semanas.
- Estratificación a 20 °C durante 2 semanas, posteriormente de 4-10 ciclos a 3 y 25 °C (2 semanas / 2 semanas), y finalmente a 3 °C durante 32 semanas.
- Estratificación a 20 °C durante 2 semanas, después 4-8 ciclos a 3 y 25 °C (4 semanas / 2 semanas), y finalmente a 3 °C durante 32 semanas.
- Estratificación a 20 °C durante 2 semanas, después 2 ciclos de 3 y 25 °C (8 semanas / 2 semanas) o (14 semanas / 2 semanas), y finalmente a 3 °C durante 12-16 semanas.

Tabla 1. Datos característicos de lotes de semillas de *Prunus mahaleb*.

Rendimiento semilla/fruto (% en peso)	Pureza (%)	Facultad germinativa (%)	Nº semillas kg ⁻¹	Referencia
	95-98	(40-50)	20.500	Catalán (1991)
		60-90	10.500-12.000	Piotto (1992)
40	99	46 ⁽¹⁾	13.600	Navarro-Cerrillo y Gálvez (2001)
	98		15.800	Red de Viveros de Andalucía
6-10-14		(97)		Louro y Pinto (2011)
20-30	98-100	47-94 ⁽¹⁾	13.500-17.500	CNRGF <i>El Serranillo</i> (Anexo III)
20-28	99-100	(89-96) ⁽¹⁾	11.000-14.000	Vivero Central JCyL (Anexo IV)

⁽¹⁾ Ensayos al tetrazolio

En general, para *P. mahaleb* se recomienda dejar las semillas en remojo durante 12 horas y después sembrarlas en sustrato húmedo en frío, a 4 °C, durante 3-4 meses, sometiéndolas a pequeños períodos (12-24 horas) a temperaturas bajo cero.

El cerezo de Santa Lucía no está contemplado en las reglas de la ISTA. Pueden seguirse al respecto la metodología reseñada para *P. avium* (ISTA, 2011), haciendo hincapié en la recomendación de evaluar la viabilidad de los lotes mediante ensayos con tetrazolio.

De germinación epigea, las semillas dan lugar a plántula de 5-6 cm, con dos cotiledones elípticos de borde dentado, con hojas primordiales cordiformes, grandes, de borde finamente aserrado (Navarro-Cerrillo y Gálvez, 2001).

2.2.2. Vegetativa

Prunus mahaleb se ha propagado vegetativamente por su interés como portainjertos y por objetivos productores. Se puede propagar vegetativamente, tanto mediante estaquillas como por cultivo *in vitro*. El material vegetal más utilizado en vivero son estaquillas leñosas obtenidas durante el invierno (Druart, 1980; Puig, 2002) o semileñosas de primavera (Lipecki y Selwa, 1978; Castillo y San Martín, 2003).

Las estaquillas leñosas, preferentemente apicales (aunque parece ser un poco independiente de la posición), deben tener entre 20-25 cm de longitud. Se entierran unos 10 cm sobre un sustrato suelto, preferiblemente una mezcla de turba y perlita (2:1 en volumen), en mesas de enraizamiento con calefacción basal (18-20 °C) y nebulización (Busch, 1978; Puig, 2002). Se han ensayado diferentes tratamientos con hormonas (ácido indolbutírico, 1.500-2.000 mg l⁻¹), que parecen mejorar el enraizamiento (Lipecki y Selwa, 1978; Castillo y San Martín, 2003).

La micropropagación se utiliza en el cultivo comercial de cerezo de Santa Lucía, tanto en trabajos de conservación de material vegetal seleccionado, como para la producción de portainjertos. Se han obtenido buenos resultados utilizando discos de hoja en propagación *in vitro*, en medio de cultivo MS (Murashige y Skoog) (Dradi *et al.*, 1996; Saponari *et al.*, 1999).

3. Producción de plantas

Esta especie se suelen producir mediante semillas, aunque también se pueden propagar vegetativamente. El cultivo en vivero de cerezo de Santa Lucía puede hacerse tanto en contenedor como a raíz desnuda. Dada la desigual y tardía (4-5 meses) germinación de la semilla y la tolerancia al trasplante de las plántulas, si se hace de forma correcta, se recomienda realizar la pregerminación en bandejas de siembra (semilleros). Así, una vez aplicado el tratamiento pregerminativo y realizada la siembra en primavera se obtiene una germinación superior al 40%. En caso de no poder hacer los tratamientos pregerminativos, lo más recomendable es realizar la siembra en otoño (octubre) con semilla limpia, en lugares que tengan condiciones invernales frías. La emergencia se produce a lo largo de la primavera, aunque en los semilleros puede prolongarse durante dos períodos de cultivo. El trasplante se hace una vez las dos hojas embrionarias están en pleno desarrollo, perpendiculares al tallo, justo antes de que empiecen a emerger las

primeras hojas verdaderas. El proceso de extracción de la plántula y posterior traspaso al alvéolo debe realizarse con sumo cuidado y vigilando que la raíz no quede doblada ni revirada, evitando así problemas de crecimientos anómalos posteriores.

La planta tipo para trabajos de restauración forestal se cultiva en envases forestales de 200-300 cm³, a una savia, obteniéndose un tamaño final entre 25-50 cm, con un sistema radical bien conformado (Fig. 4), aunque también pueden utilizarse envases de gran

volumen del tipo maceta (3.500 cm³) para plantas destinadas a la recuperación de la especie (100-125 cm de altura final). El cerezo de Santa Lucía también puede cultivarse a raíz desnuda, preferiblemente en cultivos a dos savias, con trasplante (1-1), pudiendo obtenerse en ciclos largos de cultivo plantas con una altura final de 100-125 cm.



Figura 4. Planta de *Prunus mahaleb* de una savia cultivada en alvéolo de 200 cm³ (Foto: CNRGF El Serranillo).

En la producción de esta especie se deben realizar tratamientos preventivos periódicos con fungicidas de amplio espectro. En el caso de que se conozca el agente causante de los daños se deberán realizar tratamientos específicos. También es conveniente aplicar a los semilleros un insecticida de suelo con una periodicidad mensual para controlar la aparición de nemátodos.

No existen trabajos específicos sobre el control del cultivo de plantas de cerezo de Santa Lucía en vivero, por lo que se disponen de muy pocos datos sobre su crecimiento. En general, se considera que es una especie de crecimiento lento en vivero, por lo que debe favorecerse el máximo desarrollo con vistas a obtener plantas compactas de buen valor comercial y evitar tamaños inadecuados para los trabajos de repoblación (altura <10 cm).

No es una especie exigente en cuanto al sustrato, por lo que se cultiva normalmente con formulaciones convencionales a partir de componentes orgánicos del tipo turba rubia, turba de humus o fibra de coco (cultivos de larga duración) (>75% en volumen) y algún componente inorgánico como perlita, vermiculita o arena de río (<25% en volumen). En el caso del cultivo en eras a raíz desnuda hay que

evitar los sustratos muy pesados, que limitan el crecimiento de las plantas, realizando enmiendas si es preciso.

Como ocurre con otras muchas especies, no se dispone de formulaciones y dosis de fertilizantes específicas para su cultivo, por lo que el viverista tiene que ir adecuando

el programa de fertilización a la evolución del cultivo y a sus particulares condiciones de producción (tipo de sustrato, calidad del agua de riego, duración del cultivo y planta tipo, principalmente). Al igual que con otras especies de matorral, los viveristas suelen optar por la incorporación de un fertilizante de liberación lenta como agregado en la formulación del sustrato, siendo muy frecuente el uso de dosis de 2 g l⁻¹ de sustrato de un fertilizante tipo 18-11-10 (8-9 meses) o 2,5 g l⁻¹ de sustrato con un fertilizante del tipo 14-8-15 (8-9 meses). Una alternativa en cultivos de corta duración es el uso de turbas fertilizadas, con abonado de base del tipo 16-8-16, con un corrector de pH (2 kg m³ de dolomita, 5% Mg) y fertilización de mantenimiento según la duración del cultivo y la planta tipo. En el caso de prolongar el cultivo, deberá mantenerse un cierto control para asegurar los requerimientos nutricionales durante todo el período.

4. Uso en repoblaciones y restauraciones

Al igual que con otras especies de matorral mediterráneo, *P. mahaleb* se ha utilizado poco en trabajos de repoblación forestal, aunque es una especie frecuente en jardinería. Su uso en proyectos de restauración ha sido circunstancial, existiendo algunos ejemplos en programas de recuperación de especies singulares, en particular en espacios naturales protegidos (Jordano *et al.*, 2002).

En el caso de utilización en programas de restauración ecológica, las zonas de umbría y las áreas próximas a las redes de drenaje, gracias a su mayor disponibilidad de agua, suelen ser las más adecuadas para la especie, obteniéndose mejores tasas de supervivencia. En estos lugares las plantas alcanzarán mayores tallas y desarrollos más rápidos, pudiendo servir de focos de nuevos propágulos.

La distribución espacial debe tender a crear un mosaico irregular: mosaico de orientación (umbrías y solanas) o mosaico dendriforme (vaguadas, lomas, red de drenaje). Las plantaciones de *P. mahaleb* pueden mezclarse, formando pequeños rodales, con especies arbóreas, como el pino salgareño (*Pinus nigra*), quejigo (*Quercus faginea*), acebo (*Ilex aquifolium*), majuelo (*Crataegus monogyna*), etc. Dado el temperamento de esta especie, deben evitarse los suelos con características limitantes especiales, como salinidad, hidromorfía o alto contenido en arcilla. Esta especie puede ser potencialmente interesante en las siguientes situaciones:

- Trabajos de restauración con fines de recreo y de mejora del paisaje, en particular, en espacios naturales protegidos.
- Recuperación de especies singulares amenazadas de flora y de fauna (asociada a especies como *Pinus nigra*, *Acer* spp., *Cotoneaster* spp., *Frangula alnus*, etc.) y como refugio y alimento de fauna, aumentando su diversidad.
- Repoblaciones asociadas a la mejora del aprovechamiento cinegético y faunístico en ambientes mediterráneos, aportando sombra y ramón para el ganado (tras una fase de acotamiento para el establecimiento de la vegetación). Contribuye a formar mosaicos más productivos y estables (espinares mediterráneos).
- Diversificación de la vegetación en masas forestales con baja madurez, favoreciendo los procesos de restauración de la vegetación y la densificación de

cubiertas (replantaciones de *Pinus nigra*, *P. sylvestris*). Este uso es particularmente importante en las replantaciones en zonas de alta y media montaña mediterránea, donde contribuye a formar mosaicos de vegetación que tienen una función crucial en la recuperación de su flora y fauna.

El temperamento de la especie y su rusticidad la hacen apta, también, para trabajos de jardinería, como plantaciones o setos. Es frecuente verla en jardines de la zona atlántica o en labores de mejora paisajística. También se utiliza en plantaciones de producción en algunos países del centro de Europa, por la calidad de la madera y el rápido crecimiento, aunque en menor medida que otras especies del género (*P. avium*) (Ruiz de la Torre, 2006).

5. Planificación de la replantación

El método de establecimiento en trabajos de restauración, tanto en medios forestales como en trabajos de jardinería, ha sido la plantación, aunque podría ensayarse la siembra como método de establecimiento complementario en algunos casos (Cerdá *et al.*, 2000). En el caso de actuaciones en el medio natural, donde las posibilidades de cuidados culturales son muy limitadas, la plantación debe hacerse en otoño, aunque puede ampliarse el período de establecimiento, siempre que las condiciones lo recomienden (zonas de montaña con presencia de heladas). En caso contrario, hay que evitar retrasos que pueden comprometer la supervivencia de las plantaciones, en particular en suelos muy pedregosos o de escasa profundidad efectiva.

Las características de la planta tipo estará condicionada por el objetivo y las condiciones de establecimiento; se puede utilizar plantas de una savia en contenedor forestal o de 2-3 savias en envases de gran volumen. Es importante adecuar la calidad de planta de vivero al objetivo de la replantación para evitar fracasos en el establecimiento o costes innecesarios. En general, cuanto más fácil sea ejecutar los cuidados culturales, en particular el riego, más grande puede ser el tamaño de la planta utilizada.

El establecimiento de especies de matorral ha mostrado tener numerosas dificultades. Las limitaciones en las condiciones de los terrenos objeto de restauración y la propia ecología de algunas de las especies dan lugar a valores bajos de supervivencia y a falta de crecimiento, lo que implica que el establecimiento inicial es el momento más crítico en este tipo de replantación. Respecto al cerezo de Santa Lucía, no se conocen experiencias concretas de restauración, por lo que deben considerarse los resultados obtenidos con especies similares (*Acer* spp., *Crataegus* spp., etc.).

La regeneración natural ha sido un aspecto muy poco estudiado en los trabajos de restauración de especies de matorral, aunque en el caso del cerezo de Santa Lucía se han realizado varios estudios para evaluar los procesos de regeneración en ecosistemas naturales, tanto en pinares naturales o en formaciones de matorral o terrenos descubiertos (Jordano y Schupp, 2000; Jordano *et al.*, 2002). En los últimos años, la Junta de Andalucía está promoviendo algunos trabajos de restauración de espinares mediterráneos, que incluyen numerosas especies de la vegetación de montaña y que suponen también procesos de restauración de formaciones de *Prunus* (Jordano *et al.*, 2002).

Las labores más frecuentes para la eliminación de la vegetación en plantaciones de esta especie consisten en el desbroce puntual, mecanizado o manual, que debe ser muy cuidadoso para no afectar a especies que actúen como facilitadoras.

Los procedimientos de preparación utilizados y su intensidad dependerán del sitio y del tipo de restauración. Para plantaciones mixtas en suelos forestales lo más frecuente es la preparación puntual, utilizando preferiblemente hoyos de gran tamaño. En repoblaciones de esta especie debe tenerse presente:

- Procurar la apertura de hoyos de gran tamaño (mínimo 40 x 40 x 60 cm), por lo que se debe recurrir a preparaciones en baja densidad siempre que sea posible.
- Adecuar el lugar de establecimiento a las condiciones edáficas, teniendo en cuenta la elevada heterogeneidad en espacios relativamente pequeños, evitando suelos de muy mala calidad, con tendencia al encharcamiento, etc. Por esta razón, la elección del lugar de plantación irá adecuándose a los microhábitats mejores para la especie.

Respetando estas restricciones, el cerezo de Santa Lucía tiene un establecimiento adecuado y crecimientos muy vigorosos, por lo que es muy recomendable en numerosos trabajos de restauración.

La densidad de plantación no ha sido estudiada, aunque por las características de la especie parece recomendable que sean bajas, con el objetivo de conseguir formaciones constituidas por un número mínimo de pies, buscando el máximo de vitalidad, de protección y de sombra con el mínimo de competencia intraespecífica. No obstante, el cerezo de Santa Lucía suele beneficiarse de una cierta protección (Jordano y Schupp, 2000), por lo que parece más conveniente la repoblación por golpes, agrupada en las localizaciones más favorables, dejando sin repoblar las zonas de mayor dificultad. En las partes bajas de ladera, junto a la red de drenaje y en las superficies con mayor disponibilidad hídrica y mayor profundidad de suelo, puede emplearse una mayor densidad (en torno a 200 pies ha^{-1}), que irá disminuyendo progresivamente hacia las partes altas y zonas convexas, que se dejarían para otras especies más exigentes y en densidad variable (<100 pies ha^{-1}). La estructura creada conseguirá proporcionar una matriz de vegetación más compleja y, al ser moderada la competencia, las plantas se mantendrán con un elevado vigor vegetativo, desarrollando una buena ramificación.

El establecimiento del cerezo de Santa Lucía no requiere cuidados culturales especiales, si bien es cierto que se beneficia de los riesgos de establecimiento y mantenimiento durante los tres primeros años, aunque su aplicación es poco factible en la mayoría de los casos.

Puede ser recomendable el uso de tubos protectores dado el temperamento de la especie y su alta palatabilidad, que la hace muy atractiva para los herbívoros. Las condiciones particulares de establecimiento, en zonas de montaña hacen innecesario el control de la vegetación competidora, por lo que es más recomendable el uso de mallas protectoras, evitando tubos cerrados que pueden producir daños a las plantas por acumulación de nieve en su interior.

6. Bibliografía

- ANTHOS, 2012. Sistema de información de las plantas de España. [Base de Datos en Línea]. Real Jardín Botánico, CSIC Fundación Biodiversidad. Disponible en http://www.anthos.es/v22/index.php?set_locale=es [7 En, 2012].
- BAUMANN G., 1977. Clonal selection in *Prunus mahaleb* rootstocks. Acta Hort. (ISHS) 75, 139-148.
- BUSCH R., 1978. Summer rooting of stone fruit understock cuttings. En: Combined Proceedings of the International Plant Propagators Society 28, 63-64.
- CALVET C., ESTAUN V., CAMPRUBI A., HERNANDEZ-DORREGO A., PINOCHET J., MORENO M.A., 2004. Aptitude for mycorrhizal root colonization in *Prunus* rootstocks. Sci. Hort. 100(1-4), 39-49.
- CASTILLO F.M., SAN MARTIN E., 2003. Evaluacion del efecto combinado de bioestimulantes y acidoindolbutirico en el enraizamiento de estacas herbaceas de tres portainjertos de cerezo: Santa Lucia 64 (*Prunus mahaleb*) Gisella 6 (*Prunus cerasus* x *Prunus canescens*) y Maxima 14 (*Prunus mahaleb* x *Prunus avium*). Universidad de las Américas, Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- CATALÁN G., 1991. Semillas de árboles y arbustos forestales. Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid. pp. 305-307.
- CERDÀ A., GARRIGÓS N., GARCÍA-FAYOS P., 2000. Erosión hídrica de semillas en relación con su forma y tamaño. Edafología 7-1, 97-106.
- DRADI G., VITO G., STANDARDI A., 1996. *In vitro* mass propagation of eleven *Prunus mahaleb* ecotypes. Acta Hort. 410, 477-483.
- DRUART P., 1980. Plantlet regeneration from root callus of different *Prunus* species. Sci. Hort. 12(4), 339-342.
- EHRLÉN J., 1991. Why do plants produce surplus flowers? A reserve-ovary model. Am. Nat. 138, 918-933.
- ELLIS R.H., HONG T.D., ROBERTS E.H., 1985. Handbook of seed technology for genebanks. Vol. 2. En: Compendium of specific germination information and test recommendations. International Board for Plant Genetic Resources, Rome.
- GARCÍA C., ARROYO J.M., GODOY J., JORDANO P., 2005. Mating patterns, pollen dispersal, and the ecological maternal neighbor hood in a *Prunus mahaleb* (L.) population. Molec. Ecol. 14, 1821-1830.
- GARCÍA C., JORDANO P., GODOY J., 2007. Contemporary pollen and seed dispersal in a *Prunus mahaleb* population: patterns in distance and direction. Molec. Ecol. 16, 1947-1955.
- GARCÍA-CASTAÑO J., 2001. Consecuencias demográficas de la dispersión de semillas por aves y mamíferos frugívoros en la vegetación mediterránea de montaña. Tesis Doctoral, Universidad de Sevilla.
- GARCÍA DEL BARRIO J.M., DE MIGUEL J., ALÍA R., IGLESIAS S., 2001. Regiones de identificación y utilización de material forestal de reproducción. Dirección General de Conservación de la Naturaleza. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- GODOY J.A., JORDANO P., 2001. Seed dispersal by animals: exact identification of source trees with endocarp DNA microsatellites. Molec. Ecol. 10, 2275-2283.
- GUELLA R., ESPADA J., 1993. Portainjertos para cerezo. Situación actual. Hortofruticultura 6, 61-65.
- GRISEZ T., BARBOUR J., KARRFALT R., 2008. *Prunus* L. The woody plant seed manual (Bonner F.T., Karrfalt R.P., eds.). United States Department of Agriculture, Forest Service, Agriculture Handbook 727, Washington. pp. 875-890.
- GUITIÁN J., SÁNCHEZ J.M., GUITIÁN P., 1992 a. Niveles de fructificación en *Crataegus monogyna* Jacq., *Prunus mahaleb* L. y *Prunus spinosa* L. Anal. Jard. Bot. Madrid 50(2), 239-245.
- GUITIÁN J., FUENTES M., BERMEJO T., LÓPEZ B., 1992 b. Spatial variation in the interactions between *Prunus mahaleb* and frugivorous birds. Oikos 63, 125-130.
- HERRERA C., 1989. Frugivory and seed dispersal by carnivorous mammals and associated fruit characteristics in undisturbed mediterranean habitats. Oikos 55, 250-262.

- HERRERA C., JORDANO P., 1981. *Prunus mahaleb* and birds: the high efficiency seed dispersal system of a temperate fruiting tree. *Ecol. Monogr.* 51, 203-218.
- ISTA (International Seed Testing Association), 2011. International rules for seed testing. Edition 2011. ISTA, Bassersdorf, Switzerland.
- JIMENEZ S., PINOCHET J., GOGORCENA Y., BETRAN J., MORENO M., 2007. Influence of different vigour cherry rootstocks on leaves and shoots mineral composition. *Sci. Hort.* 112(1), 73-79.
- JORDANO P., 1993. Pollination biology of *Prunus mahaleb* L.: deferred consequences of gender variation for fecundity and seed size. *Biol. J. Linn. Soc.* 50(1), 65-84.
- JORDANO P., GODOY J., 2000. RAPD variation and population genetic structure in *Prunus mahaleb* (*Rosaceae*), an animal-dispersed tree. *Molec. Ecol.* 9, 1293-1305.
- JORDANO P., SCHUPP E., 2000. Seed disperser effectiveness: the quantity component and patterns of seed rain for *Prunus mahaleb*. *Ecol. Monogr.* 70, 591-615.
- JORDANO P., ZAMORA R., MARAÑÓN T., ARROYO J., 2002. Claves ecológicas para la restauración del bosque mediterráneo. Aspectos demográficos, ecofisiológicos y genéticos. [en línea]. Ecosistemas Disponible en: <http://www.revistaecosistemas.net/pdfs/312.pdf> [27 Jun, 2010].
- JORDANO P., GARCIA C., GODOY J., GARCIA-CASTAÑO J., 2007. Differential contribution of frugivores to complex seed dispersal patterns. *En: Proceedings National Academy of Sciences USA* 104, 3278-3282.
- LIPECKI J., SELWA J., 1978. The effect of coumarin and some related compounds on the rooting of softwood cuttings of *Prunus mahaleb*. *Acta Hort.* 80, 79-81.
- LÓPEZ GONZÁLEZ G., 1982. La guía INCAFO de los árboles y arbustos de la Península Ibérica. Ed. INCAFO, Madrid.
- LOURO V., PINTO G., 2011. Sementes, uma ponte entre o passado e o futuro da floresta. Ministério da Agricultura, Mar, Ambiente e Ordenamento do Território. CENASEF. pp. 31-38.
- MARAÑÓN T., CAMARERO J., CASTRO J., DIAZ M., ESPELTA J., HAMPE A., JORDANO P., VALLADARES F., VERDU M., ZAMORA R., 2008. Heterogeneidad ambiental y nicho de regeneración. *En: Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante.* (Valladares F., ed.). Ministerio de Medio Ambiente. EGRAF SA, Madrid. pp. 71-102.
- NAVARRO CERRILLO R.M., GÁLVEZ C., 2001. Manual para la identificación y reproducción de semillas de especies vegetales autóctonas de Andalucía. Tomo II. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, Córdoba. pp. 273-276.
- PFLUGSHAUPT K., KOLLMANN J., FISCHER M., ROY M., 2002. Pollen quantity and quality affect fruit abortion in small populations of a rare fleshy-fruited shrub. *Basic Appl. Ecol.* 3(4), 319-327.
- PIOTTO B., 1992. Semi di alberi e arbusti in Italia: come e quando seminarli. Società Agricola e Forestale (Grupo ENCC), Roma
- PRADA M.A., ARIZPE D. (coords.), 2008. Manual de propagación de árboles y arbustos de ribera. Una ayuda para la restauración de riberas en la región mediterránea. Generalitat Valenciana, Valencia.
- PUIG J.A., 2002. Enraizamiento de estacas de guindo ácido (*Prunus cerasus* L.), cerezo Santa Lucía (*Prunus mahaleb* L.) y cerezo dulce (*Prunus avium* L. Cv. Bing). Facultad de Agronomía. Universidad de Concepción.
- ROSÚA J.L., LÓPEZ DE HIERRO L., MARTÍN J.C., SERRANO F.A., SÁNCHEZ LANCHA A., 2001. Procedencias de las especies vegetales autóctonas utilizadas en restauración de la cubierta vegetal. Tomo II. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, Sevilla. pp. 97-103
- RUIZ DE LA TORRE J., 2006. Flora Mayor. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Dirección General para la Biodiversidad, Madrid. pp. 907-910.
- SAPONARI M., BOTTALICO G., SAVINO V., 1999. *In vitro* propagation of *Prunus mahaleb* and its sanitation from prune dwarf virus. *Adv. Hort. Sci.* 13, 56-60.

Prunus spinosa L.

Endrino, espino negro, ciruelo borde, bruñera, marañon (La Rioja), briñón (Liébana), arañon, arto negro (Aragón), gruña (Navarra), arán (Vitoria); *cat.*: aranyó, aranyoner, arç nègre, escanya-gats, abreñoné (Lleida), oronyer, prunyoner (Baleares); *gall.*: bruñeiro, gruña, ameixeira brava; *eusk.*: elorrio-beltza, arana, araneira

Manuel FERNÁNDEZ MARTÍNEZ, Reyes ALEJANO MONGE

1. Descripción

1.1. Morfología

Prunus spinosa L. es una mata alta o arbusto caducifolio que normalmente se eleva hasta 1-2 m de altura, pudiendo alcanzar tallas arbustivas de 4-6 m (Ruiz de la Torre, 2006). Las ramillas son patentes, cortas y espinosas, terminadas en un pincho rígido. Las hojas son pequeñas, de 1,5 a 3,5 cm de longitud, lanceoladas o elípticas, pubescentes al menos en el envés y el pecíolo y de bordes aserrados.

1.2. Biología reproductiva

Sus flores son blancas, solitarias o en grupos de 2-3, algo precoces y muy abundantes. Habitualmente inicia la floración a principios de primavera, con un rango que va desde finales de enero a finales de marzo, extendiéndose hasta mayo en las localidades más tardías. La polinización es entomófila y autoincompatible.

El fruto es una drupa globosa de 10 a 15 mm de diámetro, de color azul negruzco debido a la abundancia de pigmentos naturales (antocianos y carotenoides) de acción antioxidante, cubierto de una película blanquecina; es comestible, con sabor ácido y astringente. La semilla está protegida por el endocarpo, que presenta una superficie rugosa, de color marrón claro, con sutura lateral aquillada (Fig. 1 y 2) (Galán *et al.*, 2003; Ruiz de la Torre, 2006; López González, 2007). Los frutos maduran en verano, manteniéndose bastante tiempo sobre la planta, hasta diciembre en algunos casos. La dispersión suele ser por vertebrados frugívoros.

Admite bien la poda y el injerto y rebrota con facilidad de raíz (Guitian *et al.*, 1992, 1993; Ruiz de la Torre, 2006; López González, 2007; Prada y Arizpe, 2008).

1.3 Distribución y ecología

Extendido por la mayor parte de Europa, Asia occidental y norte de África, en la Península Ibérica abunda principalmente en la zona central y mitad septentrional, pero también está presente en la mitad sur e Islas Baleares, faltando en Ibiza (Fig. 3). Vive en altitudes bajas y medias, frecuentemente desde 0 a 900 m (Ruiz de la Torre, 2006), pero pudiendo alcanzar los 1.500 m (López González, 2007).



Figura 1. Fruto maduro de *Prunus spinosa*
(Foto: M. Fernández).



Figura 2. Semillas de *Prunus spinosa*
cubiertas por el endocarpo.

Indiferente en cuanto a suelos, prefiere los formados sobre calizas o margas, siendo más raro en sustratos silíceos. Su temperamento es de luz o media luz, especialmente en las zonas más húmedas de clima atlántico, prefiriendo los enclaves frescos en las zonas de clima mediterráneo. Es una especie de capacidad invasora y colonizadora de calveros de bosques, prados y laderas de derrubios. Es típico de la orla espinosa de degradación o claros y bordes de hayedos, robledales, pinares de silvestre, pero también de encinares y alcornocales montanos y de meseta, quejigares, sabinars de *Juniperus thurifera*, olmedas y bosques ribereños. Por tanto, se encuentra asociado a majuelos, rosales, zarzas, avellanos, boneteros, sanguinos, aligustres, etc. (Blanco *et al.*, 1997).

2. Materiales forestales de reproducción

2.1. Marco normativo. Identificación de los materiales de reproducción

El endrino no se incluye en la normativa estatal referida a la comercialización de los materiales forestales de reproducción, aunque sí en la de la Comunidad Valenciana (D. 15/2006), que establece un sistema de certificación y control similar al del Real Decreto 289/2003.

Se recomienda contribuir a la identificación del origen de los materiales de reproducción, desde su recolección hasta su uso en campo. Para ello, puede procederse a la identificación de su origen considerando la división territorial establecida por García del Barrio *et al.* (2001) en las denominadas Regiones de Identificación y Utilización de materiales forestales de reproducción.

Dada la baja diversidad genética entre poblaciones, comparada con otras especies leñosas, y por las posibles variantes genéticas particulares de las poblaciones más meridionales, se recomienda mantener cierta precaución en el movimiento de materiales de reproducción entre zonas (Mohanty *et al.*, 2002; Prada y Arizpe, 2008).

El endrino, como integrante del género *Prunus* y por no figurar en las excepciones que marca la normativa al respecto, requiere pasaporte fitosanitario para la comercialización y tránsito de sus materiales de reproducción.



Figura 3. Distribución de *Prunus spinosa* y Regiones de Identificación de sus materiales de reproducción (Fuente: Mapa Forestal de España, 1:200.000).

2.2. Técnicas de manejo y propagación

Para la obtención de los propágulos (semillas o estacas vegetativas) se debe tener en cuenta que, de modo natural, las plantas de endrino se propagan vegetativamente, de tal forma que la probabilidad de encontrar un mismo genotipo en plantas vecinas es muy elevada (Nocentini y Mori, 1991; Leinemann *et al.*, 2002 y 2010). Por tanto, la recolección se hará de plantas separadas entre sí, al menos, 12-30 m para aumentar la diversidad genética.

2.2.1. Semillas

La recolección se puede hacer manualmente desde el suelo, desde finales de verano hasta avanzado el otoño. La consecución de las semillas se realizará siguiendo la secuencia propia de frutos carnosos (despulpado, lavado, secado, cribado y aventado), referenciada con más detalle en *P. avium*. Posteriormente se recomienda conservarlas en ambiente seco y frío (-5 a 4 °C), con un 4-8% de contenido de humedad, en recipientes herméticos (Navarro Cerrillo y Gálvez, 2001; Prada y Arizpe, 2008).

Las semillas de este género presentan letargo interno, y algunas también incluyen la impermeabilidad de la cubierta. Esto hace que la siembra directa en vivero produzca una germinación incierta o, a veces, casi nula (Takos y Efthimiou, 2003). Para salvar esta situación hay que realizar tratamientos pregerminativos, aconsejándose sembrar en semillero y luego trasplantar al envase definitivo de cultivo. Como norma de referencia

se recomienda estratificar en frío durante 12-24 semanas, o bien 2-4 semanas en caliente seguido de 4-18 semanas en frío, para luego germinar a 18-22 °C. Con estas recomendaciones se puede llegar a obtener porcentajes de germinación del 70-90% (Prada y Arizpe, 2008). Navarro Cerrillo y Gálvez (2001) publican un listado de tratamientos recomendados por diversos autores que se expone a continuación:

- Estratificación en arena o turba húmeda a 4-6 °C durante 3-4 meses antes de la siembra en primavera (Catalán, 1991).
- Ellis *et al.* (1985) recomiendan diversas combinaciones de tratamientos basados en estratificaciones cálidas y frías:
- Estratificación a 1 °C durante 16 semanas.
- Estratificación a 20 °C durante 3 semanas, después a 2-7 °C durante 6 meses.
- Estratificación a 20 °C durante 2 semanas, después a 3 °C en un período variable de 2-6 semanas, posteriormente a 25 °C otras 2 semanas y finalmente a 3 °C durante 30 semanas.
- Estratificación a 20 °C durante 2 semanas, posteriormente 4-10 ciclos a 3 y 25 °C (2 semanas / 2 semanas), finalmente a 3 °C durante 32 semanas.
- Estratificación a 20 °C durante 2 semanas, posteriormente 4-8 ciclos a 3 y 25 °C (4 semanas / 2 semanas), finalmente a 3 °C durante 32 semanas.
- Estratificación a 20 °C durante 2 semanas, posteriormente 2 ciclos a 3 y 25 °C (8 semanas / 2 semanas) o (14 semanas / 2 semanas), finalmente a 3 °C durante 12-16 semanas.
- McAlpie (1999) recomienda, para el género *Prunus*, dejar las semillas en remojo durante toda una noche, después sembrar en húmedo a 25-30 °C durante 4-6 días, pasar posteriormente a 2 °C en oscuridad durante 11-12 semanas, incrementar lentamente los niveles de temperatura y luz hasta tenerlas listas para germinar.

Tabla 1. Datos característicos de lotes de semillas de *Prunus spinosa*.

Rendimiento semilla/fruto (% en peso)	Pureza (%)	Facultad germinativa (%)	Nº semillas kg ⁻¹	Referencia
12	100	65-100	4.115-6.666	Navarro-Cerrillo y Gálvez (2001)
		80-90	4.400-6.000	Piotto y Di Noi (2001)
	98		15.800	Red de Viveros de Andalucía
9-18	98-100	58-83 ⁽¹⁾	4.500-8.000	CNRGF <i>El Serranillo</i> (Anexo III)
12-17	98-100	75-98 ⁽¹⁾	5.100-7.400	Vivero Central JCyL (Anexo IV)

⁽¹⁾ Ensayos al tetrazolio

Prunus spinosa no está contemplada en las reglas de la ISTA. Puede tenerse en cuenta al respecto la metodología reseñada para *P. avium* por este organismo (ISTA, 2011) o por la Forestry Commission (2010) que establece una alternancia térmica de 3-20 °C, según

un ciclo de 16-8 horas, durante un mínimo de 28 días. En todo caso, se hace especial hincapié en la recomendación de estimar la viabilidad de los lotes mediante ensayos con tetrazolio u otra técnica que permita una rápida evaluación.

Las plántulas recién germinadas miden 5-6 cm, con dos cotiledones elípticos de borde dentado y hojas primordiales lanceoladas, grandes, de borde aserrado.

2.2.2. Vegetativa

Esta especie puede propagarse vegetativamente sin demasiadas complicaciones, bien a través de cultivo *in vitro* (Ochatt, 1992; Shelifost *et al.*, 1993), bien a partir de renuevos producidos por plantas adultas (Schutz y Ghul, 1996). En tales casos se pueden tomar propágulos que, cultivados en vivero, darán plantones aptos para su trasplante a campo.

Para la propagación vegetativa en vivero, se recomienda el uso de estaquillas leñosas de 10-15 cm de longitud, recolectadas en invierno de la parte media o basal y la aplicación de auxinas al 0,5-1% (Ruiz Pedreira, 1989; Prada y Arizpe, 2008).

3. Producción de plantas

El endrino es, posiblemente, la especie del género *Prunus* que más se ha cultivado como planta forestal. La siembra se hace a finales de invierno o principios de primavera. El porcentaje de germinación suele ser superior al 40% para semillas del año, lo que hace recomendable la siembra en semilleros si no hay garantías de poder aplicar tratamientos pregerminativos adecuados. El cultivo puede realizarse en envases forestales de 200-300 cm³, para plantas del tipo 1+0, obteniéndose un tamaño final entre 20-40 cm de altura (Navarro Cerrillo y Gálvez, 2001), o bien trasplantarlas a contenedores de 2,5-3,5 l para obtener plantas de 2 savias del tipo 1+1.



Figura 4. Planta de *Prunus spinosa* de dos savias cultivada en alvéolo de 1,5 litros (Foto: CNRGF El Serranillo).

4. Uso en repoblaciones y restauraciones

Es una especie muy útil para las repoblaciones de enriquecimiento y de reconstrucción de hábitats por lo apreciado de sus frutos por la fauna silvestre.

5. Planificación de la repoblación

Las experiencias en campo han dado buenos resultados con siembras directas, pero mejores con plantación (Bagnaresi y Chiusoli, 1976; Willoughby y Jinks, 2009). En cualquier caso se aconseja el control de la competencia herbácea durante, al menos, el primer año, y la protección contra el ataque de los conejos (Kopp, 1987; Bakker *et al.*, 2004; Sack, 2004; Willoughby y Jinks, 2009).



Figura 5. Plantación de *Prunus spinosa* después de 10 años, formando seto con otras rosáceas, arces, enebros y pinos (Foto: J. Sánchez).

6. Bibliografía

BAGNARESI U., CHIUSOLI A., 1976. Use of shrubs for the stabilization, protection and improvement of degraded slopes. First results of direct sowing and planting trials in the Bologna hills. Italia Forestale e Montana, 31(5), 196-210.

BAKKER E.S., OLFF H., VANDENBERGHE C., MAEYER K., SMIT R., GLEICHMAN J.M., VERA F.W.M., 2004. Ecological anachronisms in the recruitment of temperate light-demanding tree species in wooded pastures. J. Appl. Ecol. 41 (3), 571-582.

- BLANCO E., CASADO M.A., COSTA M., ESCRIBANO R., GARCÍA-ANTÓN M., GÉNOVA M., GÓMEZ-MANZANEQUE A., GÓMEZ-MANZANEQUE F., MORENO J.C., MORLA C., REGATO P., SAINZ-OLLERO H., 1997. Los bosques ibéricos. Una interpretación geobotánica. Ed. Planeta, Barcelona.
- CATALÁN G., 1991. Semillas de árboles y arbustos forestales. Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid. pp. 305-307.
- ELLIS R.H., HONG T.D., ROBERTS E.H., 1985. Handbook of seed technology for genebanks. Vol. 2. En: Compendium of specific germination information and test recommendations. International Board for Plant Genetic Resources, Rome.
- FORESTRY COMMISSION, 2010. Draft guidance for seed testing at Forestry Commission approved forest tree seed testing facilities. Disponible en: [http://www.forestry.gov.uk/pdf/STC-Appendix_1.pdf/\\$FILE/STC-Appendix_1.pdf](http://www.forestry.gov.uk/pdf/STC-Appendix_1.pdf/$FILE/STC-Appendix_1.pdf) [5 Jul, 2010]
- GALÁN P., GAMARRA R., GARCÍA VIÑAS J.I., 2003. Árboles y arbustos de la Península Ibérica e Islas Baleares. Ed. Jaguar. Madrid.
- GARCÍA DEL BARRIO J.M., DE MIGUEL J., ALÍA R., IGLESIAS S., 2001. Regiones de identificación y utilización de material forestal de reproducción. Dirección General de Conservación de la Naturaleza. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- GUIITIAN J., SANCHÉZ J., GUITIAN P., 1992. Niveles de fructificación en *Crataegus monogyna* Jacp.; *Prunus mahaleb* L. y *Prunus spinosa* L. Anal. Jard. Bot. Madrid 50(2), 239-245.
- GUIITIAN J., GUITIAN P., SANCHEZ J., 1993. Reproductive biology of two *Prunus* species (*Rosaceae*) in the Northwest Iberian Peninsula. Plant Syst. Evol. 185, 153-165.
- ISTA (International Seed Testing Association), 2011. International rules for seed testing. Edition 2011. ISTA, Bassersdorf, Switzerland.
- KOPP R., 1987. Experience in the propagation and cultivation of indigenous shrub species. Forst- und Holzwirt 42 (10), 269-274.
- LEINEMANN L., BENDIXEN K., KOWNATZKI D., HATTEMER H.H., LIEPE K., STENGER G., 2002. Genetic studies in trees and shrubs for landscaping with emphasis on production and certification of reproductive material. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 173(7/8), 146-152.
- LEINEMANN L., STEINER W., HOSIUS B., KLEINSCHMIT J., 2010. Clonal reproduction in near nature populations of black thorn (*Prunus spinosa* L.). Forstarchiv 81(4), 165-169.
- LÓPEZ GONZÁLEZ G.A., 2007. Los árboles y arbustos de la Península Ibérica e Islas Baleares. Tomo I. Ed. Mundi-Prensa, Madrid. pp. 808-810.
- McALPINE K.G., 1999. The Effects of Small-Scale Environmental Heterogeneity on Seed Germination in Treefall Gaps. BSc (Hons), Victoria University of Wellington, Wellington, New Zealand.
- MOHANTY A., MARTÍN J.P., AGUINAGALDE I., 2002. Population genetic analysis of European *Prunus spinosa* (*Rosaceae*) using chloroplast DNA markers. Am. J. Bot. 89, 1223-1228.
- NAVARRO CERRILLO R.M., GÁLVEZ C., 2001. Manual para la identificación y reproducción de semillas de especies vegetales autóctonas de Andalucía. Tomo II. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, Córdoba. pp. 277-279.
- NOCENTINI G., MORI P., 1991. First contribution to the study of clonal dispersal of *Prunus spinosa*. Monti e Boschi 42(3), 49-54.
- OCHATT S.J., 1992. The development of protoplast-to-tree systems for *Prunus cerasifera* and *Prunus spinosa*. Plant Sci. 81(2), 253-259.
- PIOTTO B., DI NOI A. (eds.), 2001. Propagazione per seme di alberi e arbusti della flora mediterranea. ANPA, Roma.
- PRADA M.A., ARIZPE D. (coords.), 2008. Manual de propagación de árboles y arbustos de ribera. Una ayuda para la restauración de riberas en la región mediterránea. Generalitat Valenciana, Valencia.

RUIZ DE LA TORRE J., 2006. Flora Mayor. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Dirección General para la Biodiversidad, Madrid. pp. 890-893.

RUIZ PEDREIRA J., 1989. Cultivo del endrino en Navarra. Navarra Agraria 44, 5-8.

SACK L., 2004. Responses of temperate woody seedlings to shade and drought: do trade-offs limit potential niche differentiation? *Oikos* 107(1), 110-127.

SCHUTZ J.P., GUHL A., 1996. Silvicultural interventions in forest borders with regard to the dynamics of stand development. *Schweizerische Zeitschrift Forstwesen*, 147(8), 615-631.

SHELIFOST A.E., KOSTYSHIN S., VOLKOV R.A., 1993. Micropropagation of *Prunus* species. *Biotekhnologiya* 9(5), 3-5.

TAKOS I.A., EFTHIMIOU G., 2003. Germination results on dormant seeds of fifteen tree species autumn sown in a Northern Greek nursery. *Silvae Genet.* 52(2), 67-71.

WILLOUGHBY I., JINKS R.L., 2009. The effect of duration of vegetation management on broadleaved woodland creation by direct seeding. *Forestry* 82(3), 343-359.

Pseudotsuga menziesii Mirb.

Abeto de Douglas, pino de Oregón; *cat.*: avet de Douglas; *eusk.*: Douglas izeia

Jesús PEMÁN GARCÍA, Jesús COSCULLUELA GIMÉNEZ, Juan Antonio GÓMEZ FERNÁNDEZ

1. Descripción

Pseudotsuga menziesii es una especie nativa de la costa oeste de América del Norte. La variedad a la que se hará referencia en este texto es la var. *menziessii*, que ha sido ampliamente introducida en Europa desde comienzos del siglo XIX, siendo hoy en día una de las especies más productivas en el continente europeo.

1.1. Morfología

Es un árbol que puede alcanzar y sobrepasar los 90 m de altura y 4 m de diámetro (Vidakovic, 1991; Young y Young, 1994), aunque en España no suele superar los 50 m. Es muy longevo, pudiendo vivir más de 700 años (Vidakovic, 1991). Su tronco es recto y la corteza parda y delgada. La copa es cónico-piramidal. La ramificación es difusa, siendo las ramas principales plagiotrópicas y las de último orden péndulas (Ruiz de la Torre, 2006). Su sistema radical es potente, oblicuo, con raíces secundarias bien desarrolladas que son superficiales si el suelo es somero. Las yemas son fusiformes, alargadas y agudas, de 1 cm de longitud, recubiertas por catáfilos anaranjados o pardo-rojizos claros, lustrosos, no resinosas. Los brotes son verde-amarillentos que se vuelven grisáceos, con pubescencia corta. Las hojas son lineales, rectas, de 15 a 30 mm. Tienen un surco en el haz y dos líneas estomáticas muy evidentes en el envés. Se insertan en la ramilla formando una espiral.

1.2. Biología reproductiva

Se trata de una especie monoica con flores unisexuales. La distribución de las flores en la copa del árbol mantiene a las flores masculinas en la parte inferior de las ramas mientras que las femeninas se sitúan en una posición subterminal. Las flores femeninas, de 3 cm de longitud, tienen un color que varía de verde a rojo intenso. Los estróbilos masculinos son ligeramente más cortos, de 2 cm, y tienen un color que varía del amarillo al rojo intenso. La floración, según la estación, se produce entre marzo y junio, abarcando la polinización un período de 2-3 semanas. La polinización es anemófila. La fertilización se produce 10 semanas después de la polinización.

Los conos son ovoideos en la madurez, colgantes, de 5 a 10 cm de longitud. Presentan unas escamas delgadas, redondeadas, con brácteas en forma de tridente que sobresalen fuera de las escamas. El piñón es triangular, de 6 a 8 mm, con un ala bien soldada, de color marrón por una cara y gris por la otra.



Figura 2. Semillas de *Pseudotsuga menziesii*.

Figura 1. Piña de *Pseudotsuga menziesii*
(Foto: J.I. García Viñas).

El inicio de la fructificación se produce entre los 7 y los 10 años, aunque para la recogida de semillas hay que esperar normalmente hasta los 40 años. Los árboles de 100 ó 200 años producen más conos que los jóvenes, pero contienen un menor número de semillas viables (Stein y Ownston, 2008). Para adelantar la edad de maduración se han realizado ensayos de inducción floral (Silen, 1978; Merlo *et al.*, 1997).

Las piñas cambian de color al madurar, pasando de un color verde, similar al de las acículas, a un color marrón. Tal cambio cromático comienza en las brácteas; cuando éstas adquieren un color marrón, aunque la piña todavía esté verde, se puede iniciar la cosecha. Maduran, según las condiciones climáticas de la estación, entre mediados de agosto y octubre (Michaud, 1997), diseminando inmediatamente. En las masas costeras americanas se ha observado que la apertura del cono se produce completamente cuando éste ha perdido entre un 35 y un 51% de su peso fresco (Hermann y Lavender, 1990). Las semillas se desarrollan durante el verano y comienzos del otoño. El número de semillas por cono es muy variable, habiéndose registrado en Estados Unidos entre 20 y 50, según las localidades (Young y Young, 1992). La frecuencia con que se pueden producir cosechas abundantes es de 1 a 7 años. La dispersión está muy condicionada por las características ambientales de finales del verano y suele producirse durante el otoño y el invierno. Se produce por gravedad y por el viento, abarcando normalmente un radio de 100 m, aunque no es infrecuente, si los vientos son fuertes, que puedan trasladarse hasta 1 ó 2 km.

1.3. Distribución y ecología

Como se ha mencionado en el apartado de descripción, esta especie es nativa de la costa occidental de América del Norte, extendiéndose entre los paralelos 19° N y 55° N. Se reconocen, fundamentalmente, dos variedades: la var. *glauca* que se distribuye por el interior, a lo largo de las Montañas Rocosas y la var. *menziesii*, ampliamente cultivada

en Europa. El área de distribución natural de este último taxón se sitúa en la costa del Pacífico de Norteamérica, desde la Columbia Británica, donde fue descubierto en la isla de Vancouver por Menzies a finales del siglo XVIII, hasta la Sierra Nevada californiana; su rango latitudinal es muy amplio, al extenderse desde los 35° N de California hasta los 55° N de la Columbia Británica, lo que supone una extensión de más de 2.200 km.

En Europa ha sido ampliamente distribuida desde que el botánico escocés David Douglas la introdujera en Gran Bretaña en 1827. La superficie que ocupa en Europa supera las 700.000 ha, siendo Francia el país que más la ha utilizado, al alcanzar su superficie las 400.000 ha (De Champs, 1997; Angelier, 2007). Otros países europeos donde se ha utilizado son Alemania, Inglaterra, Bélgica, Holanda e Italia. En España se distribuye, principalmente, por todo el norte peninsular, abarcando una superficie cercana a las 30.000 ha. Se han constatado indicios de naturalización de la especie en áreas del NE peninsular (Broncano *et al.*, 2005).

En España su rango altitudinal oscila desde el nivel del mar hasta los 1.000 m, aunque en algunas estaciones gallegas ha mostrado buenos resultados a cotas de 1.300 y 1.400 m (Aunós y Vega, 2008). En Francia y en las estaciones catalanas en las que se ha ensayado, su óptimo se sitúa en el entorno o por debajo de los 800 m. En cuanto al régimen pluviométrico, requiere una precipitación anual entre 800 y 1.200 mm, bien repartida a lo largo de todo el año, garantizando una precipitación estival superior a 200 mm (Masson, 2005; Bravo y Montero, 2008). La temperatura media anual oscila entre 8 y 11 °C, rehuyendo las estaciones muy cálidas o muy frías. Su sensibilidad a las heladas es muy variable según las procedencias, mostrando cierta sensibilidad a las heladas tardías en primavera. Se considera especie de media luz, adaptándose bien a las plantaciones lineales en fajas con una protección lateral, sobre todo en climas secos y calurosos. Requiere suelos con una profundidad de, al menos, 40 cm para garantizar una reserva mínima de agua, sobre todo en climas secos, aunque la profundidad óptima se sitúa en los 60 cm. La litología de sus suelos suele ser silíceo o caliza, aunque en esta última el sustrato debe estar descalcificado. Su rango de pH oscila entre 5 y 6. En cuanto a la textura, rehúye los suelos arcillosos o arenosos, prefiriendo los francos, limosos o arenoso-limosos.

2. Materiales forestales de reproducción

2.1. Marco normativo. Identificación de los materiales de reproducción

El abeto Douglas es una especie incluida en la normativa europea y española relativa a la producción y comercialización de materiales forestales de reproducción. La delimitación de sus regiones de procedencia se ha hecho por el método divisivo (Fig. 3, Tabla 1).

Como especie alóctona en la Península, su distribución en la misma se debe a las labores de repoblación realizadas por la Administración forestal. Aunque la mayor parte del material empleado en estas repoblaciones ha sido de procedencia foránea, en la actualidad se dispone en el Catálogo Nacional de Materiales de Base de unidades de admisión que permiten la producción de materiales de las categorías identificada, seleccionada, y cualificada (Fig. 3, Tabla 1). El material cualificado se corresponde con el obtenido de



Figura 3. Distribución de *Pseudotsuga menziesii* y Regiones de Procedencia de sus materiales de reproducción (Alía *et al.*, 2009).

los huertos semilleros establecidos en las provincias de Lugo y Orense. No obstante, esta disponibilidad de materiales en el catálogo, aún es frecuente su importación, tanto en forma de semillas como de plantas.

En 1978 se comenzó a instalar en España una red de ensayos de procedencias, compuesta inicialmente por 18 parcelas distribuidas por todo el norte peninsular, desde el Pirineo navarro hasta Galicia (Vega *et al.*, 1993). Esta red incluye 91 procedencias americanas del área natural de distribución de *P. menziesii* var. *menziesii*. Merlo *et al.* (2004) han propuesto la utilización de algunas de las parcelas de estos ensayos como material de base para la obtención del material forestal de reproducción de esta especie. Recomiendan, para hacer efectiva la ganancia genética asociada a la selección de los fenotipos, utilizar sólo las semillas en estaciones ecológicas similares a las del lugar del ensayo, es decir, en la misma región de utilización donde se encuadra el mismo.

Se trata de una especie sometida a la normativa correspondiente al pasaporte fitosanitario y, de forma particular, a las medidas preventivas contra el patógeno *Gibberella circinata* (forma sexuada de *Fusarium circinatum*) (RD. 637/2006 y RD. 65/2010). Al respecto, deben analizarse todos los lotes de semillas, tanto los que son objeto de comercio como los recolectados para autoconsumo, así como cumplir una serie de requisitos para la circulación del material de reproducción. Asimismo, deben realizarse inspecciones periódicas de las masas de la especie, particularmente los materiales de base.

Tabla 1. Descripción de las áreas con presencia de *Pseudotsuga menziesii* por región de procedencia (RP: número de la región de procedencia; Pres: presencia de la especie en cada una de las regiones, estimada como el cociente del área de la especie en dicha región respecto del área total de la especie; A: número de meses de déficit hídrico (precipitación media mensual <2 temperatura media mensual); Osc: media anual de la oscilación térmica diaria; Hs: número de meses con helada segura (media mínimas <0 °C); Med: valor medio; Max: valor máximo; Min: valor mínimo; MaxMC: valor máximo del mes más cálido; MinMF: valor mínimo del mes más frío); Tipo de suelo: porcentaje del tipo de suelo según la cartografía Soil Map of the European Communities dentro de cada región de procedencia. La clasificación de suelos utilizada en dicha cartografía es la de FAO de 1974. Las abreviaturas se han actualizado a la clasificación FAO de 1989. Los tipos de suelos inexistentes en la nueva clasificación se han mantenido con los nombres antiguos, asignándoseles nuevas abreviaturas (Rankers: RK, Xerosoles: XE). Sólo se incluyen aquellos suelos que superan el 10% en el conjunto del territorio estudiado).

RP	Pres (%)	Altitud (m)			Precipitación (mm)		A (meses)	Temperatura (°C)			Osc (°C)	Hs (meses)	Tipo de suelo (FAO)
		Med	Max	Min	Annual	Estival		Med	MaxMC	MinMF			
1	2,2	361	449	288	1496	135	0,9	12,6	25,3	3,1	11,7	0	CMtu(57) RK(43)
2	0,6	827	1010	644	1298	124	1,3	11,3	26,3	0,7	14,6	0	RK(100)
3	2,5	604	791	423	1422	177	0	10,5	20,4	2,4	10	0	RK(50) CMtu(38) PDtu(12)
4	0,6	704	920	487	1071	177	0	10,7	24,1	-0,8	12,9	1,4	CMtu(50) RK(50)
5	1,5	1114	1161	1048	882	114	1,3	9,3	26,4	-2,6	16,3	4	CMtu(80) CMc(20)
6	39,7	449	847	124	1596	236	0	12,1	24,1	2,6	12,6	0	CMc(49) CMtu(32) LVx(19)
7	6,5	793	1214	465	1083	153	0,2	10,3	24,4	0,2	14,1	0,4	CMc(71) CMtu(29)
8	1,2	1323	1683	915	1288	299	0	8,1	23,2	-3,4	15,5	4,3	CMtu(50) CMc(25) FLe(25)
9	23,7	789	1145	340	947	207	0	11,5	26,5	-1,0	16,1	1,8	CMtu(75) CMc(25)
10	0,6	630	1109	151	950	200	0,6	12,2	26,4	0,1	15,1	1,6	CMd(100)
14	3,4	811	1123	399	596	131	1,4	11,1	26,7	0,1	15,8	0,6	CMc(64) CMc(18) CMg(18)
15	10,2	1152	1595	844	831	166	0,1	9,5	24,3	-0,8	15,1	1,6	CMc(43) CMc(30) CMtu(15) FLe(12)
16	0,9	1006	1149	862	742	129	0,9	10,2	26,2	-0,8	15,9	1,6	CMc(33) CMc(33) FLe(33)
17	0,3	1172	1172	1172	544	64	2,8	10	28,7	-3,4	17,9	4,5	CMd(100)
20	2,5	1413	1769	1136	950	112	1,6	9,2	26,8	-2,6	17,6	4,1	CMtu(75) CMc(25)

RP	Pres (%)	Altitud (m)			Precipitación (mm)		A (meses)	Temperatura (°C)			Osc (°C)	Hs (meses)	Tipo de suelo (FAO)
		Med	Max	Min	Anual	Estival		Med	MaxMC	MinMF			
23	0,3	1157	1157	1157	623	118	1,4	11,5	27,5	-0,1	15,8	0,3	CMe(100)
30	0,3	313	313	313	607	37	3,9	16,9	36,4	3	19	0	CMe(100)
31	0,3	593	593	593	534	38	4,1	16,4	34,5	3,3	18,2	0	CMe(100)
32	0,9	826	902	757	710	57	3,4	14,3	34,4	0,3	19,3	0,3	CMe(100)
39	0,6	1705	1813	1597	705	70	2,7	10,1	28,2	-2,6	17,5	3,1	CMe(50) LPd(50)
41	0,3	911	911	911	718	45	3,4	13,6	33,7	1,1	18,7	0	CMe(100)
45	0,3	611	611	611	867	49	3,2	14,9	32,4	2,9	16,1	0	CMe(100)
46	0,3	632	632	632	843	43	3,5	15,1	32,5	3	16	0	CMe(100)
49	0,3	778	778	778	772	83	3	13,1	25,6	3,4	-	0	-

2.2. Técnicas de manejo y propagación

2.2.1. Semillas

La recogida de las piñas se realiza sobre árbol en pie, accediendo a la copa, o en árboles apeados, aprovechando las cortas, durante agosto-septiembre. El rendimiento de la recogida de frutos por árbol oscila entre 0,2-0,8 hl, con un peso del hectolitro de fruto entre 40 y 50 kg. Los conos pueden permanecer en el árbol uno o más años después de la dispersión.

La extracción de las semillas se realiza mediante apertura de las piñas en hornos de calor artificial. Las condiciones de secado dependen del grado de humedad de los conos, utilizándose, como recomendación general, temperaturas de 32-43 °C, durante 16-48 horas (Stein y Ownston, 2008). Las operaciones posteriores a la extracción son las generales de limpieza previa para eliminación de restos del cono y acículas y otras impurezas, así como el desalado, mediante aventado o cribado.

De comportamiento ortodoxo, las semillas pueden almacenarse durante largos períodos de tiempo en recipientes herméticos. Para intervalos entre 1 y 3 años el almacenamiento debe realizarse a temperaturas entre 2 y 10 °C y con contenidos de humedad de las semillas de 7-12%, mientras que para períodos más largos la temperatura debe oscilar entre -1 y 4 °C y el contenido de humedad debe reducirse algo más, a 6-7% (Alía *et al.*, 2009). Para mejorar la facultad germinativa se recomienda una estratificación en frío, a 2 °C, en medio húmedo, durante 28 días (Gautry, 1997; Sorensen, 1999).

Tabla 2. Datos característicos de lotes de semillas de *Pseudotsuga menziesii*.

Rendimiento semilla/fruto		Pureza (%)	Facultad germinativa (%)	Nº semillas kg ⁻¹	Referencia
(kg hl ⁻¹)	(% en peso)				
		95	80-90	44.000-93.250-150.000	Catalán (1977)
0,4-1			70-90	80.000-100.000	Cemagref (1982)
0,2-0,5-0,6					Gradi (1989)
0,27-0,4-0,6			80	88.000	Forestry Commission (1992)
			70-80	33.000-120.000 (72.000-96.000)	Piotto (1992)
		92		104.000	Ribeiro <i>et al.</i> (2001)
0,26-1,03	0,5-2		75-84 ⁽¹⁾	33.951-182.150 ⁽²⁾	Stein y Ownston (2008)
	0,4-1,6-2,5		0-54-90	43.466-84.996-108.715	Louro y Pinto (2011)
		97-99	75-95	68.000-96.000	CNRGF <i>El Serranillo</i> (Anexo III)
		96-100		(84.000-91.000)	Vivero Central JCyL (Anexo IV)

⁽¹⁾ Valores medios bajo diferentes condiciones del ensayo de germinación.

⁽²⁾ Rango extremo de variación según el origen de la semilla en el área de distribución natural.

Como procedimiento para evaluar la germinación, las reglas ISTA (2011) establecen unas condiciones de germinación de alternancia térmica (20-30 °C), según un ciclo de 16-8 horas, que se debe realizar en un doble test, sobre una muestra de semilla no estratificada y sobre otra muestra estratificada en frío durante 21 días. La Forestry Commission (2010) recomienda que tal ensayo se realice a temperatura constante de 20 °C y alarga la duración del mismo a 28 días. La germinación es epigea. Los valores de referencia de lotes de semillas ofrecidos por diferentes autores se recogen en la Tabla 2.

2.2.2. Vegetativa

La micropropagación a partir de ápices caulinares y yemas axilares y las técnicas de embriogénesis somática están adquiriendo un gran interés como métodos eficientes de propagación clonal a gran escala de material seleccionado, producto de los programas de mejora genética (Páques, 1997).

3. Producción de plantas

Las plantas pueden producirse en contenedor o a raíz desnuda. En Galicia, el 50-70% de la planta que se utiliza se produce en envase (Álvarez *et al.*, 2001). Se cultiva en envases con dispositivos de antiespiralización y autorrepicado. La siembra suele hacerse en los meses de abril-mayo, en bandejas forestales con alvéolos de 300 cm³ de capacidad, con formas ahusadas, de 15-18 cm de profundidad y con una densidad de cultivo de aproximadamente 400 alvéolos m⁻². El volumen del contenedor ha mostrado que tiene influencia en la respuesta de las plantas de esta especie frente al estrés de plantación, respondiendo mejor las cultivadas en mayor volumen (Haase y Rose, 1993). No obstante, no se ha demostrado que un mayor volumen radical mejore la respuesta a la sequía durante el primer año de plantación (Haase y Rose, 1993; Jacobs *et al.*, 2004). Los sustratos de cultivo se formulan, generalmente, con turba y vermiculita (8:2), o bien turba, fibra de coco y vermiculita (4:4:2).

En viveros ubicados en zonas frías, es necesario cultivar en invernadero, al menos hasta sobrepasar el período crítico de heladas y para proteger los brinzales de las fuertes insolaciones en las horas centrales del día. Pasado este período, que depende del estado de la planta, se puede sacar al exterior, preferentemente a un umbráculo, al menos durante 2-3 semanas. Asimismo, en otoño se recomienda proteger de nuevo los brinzales de las bajas temperaturas, ya que valores de -8 °C, si se repiten durante varios días, pueden dañar gravemente el sistema radical de las plantas, llegando a provocarles la muerte.

Desde el momento de la siembra, hasta bien avanzada la fase de establecimiento, se debe aportar riegos cortos y frecuentes, evitando, en la medida de lo posible, encharcamientos del sustrato. Durante este período se desaconseja la fertirrigación. Se deben dar tratamientos con fungidas e insecticidas cada 10-15 días, alternando las materias activas. Se debe vigilar la presencia de malas hierbas. Durante la fase de crecimiento se deben dar riegos más largos y menos frecuentes, verificando que el volumen del sustrato queda completamente saturado. Se recomienda mantener el contenedor a capacidad de campo, con alternancia de suaves períodos de estrés hídrico. Si se ha optado por el sistema de fertirrigación, se pueden utilizar los protocolos generales descritos para coníferas (Mullin y Hallett, 1983;

Landis *et al.*, 1989). Dependiendo de los valores de conductividad eléctrica del agua de riego, se harán aportaciones de fertilizante con incrementos entre 200-600 $\mu\text{S cm}^{-1}$. En la fase de endurecimiento, la manipulación del régimen de riegos es una de las maneras más efectivas de iniciar la parada del crecimiento. Se deben dar riegos largos, pero más espaciados en el tiempo, recomendándose no superar el 50% de pérdida de peso, en relación con el de la bandeja saturada. Se debe extremar la vigilancia en esta fase, dada la posibilidad de que el medio se vuelva hidrófobo. Puede haber una variación considerable de humedad del sustrato entre contenedores adyacentes, principalmente en las bandejas del borde. Igual que en la fase anterior, si se ha optado por el sistema de fertirrigación, se deben hacer aportaciones de fertilizante adecuados para esta fase (Mullin y Hallett, 1983; Landis *et al.*, 1989). Dependiendo de los valores de conductividad eléctrica del agua de riego, se harán aportaciones de abono con incrementos entre 100-400 $\mu\text{S cm}^{-1}$. Tanto en las fases de crecimiento y endurecimiento, se deben aplicar tratamientos preventivos cada 15-21 días con fungicidas e insecticidas, alternando las materias activas, y vigilar la presencia de malas hierbas.

El cultivo a raíz desnuda exige un manejo cuidadoso en las fases de extracción, transporte y almacenamiento. La instalación del vivero debe realizarse en zonas donde las condiciones climáticas proporcionen al suelo un grado de humedad continuo a lo largo de todo el año, con una baja demanda ambiental que posibilite a la planta regenerar



Figura 4. Planta de *Pseudotsuga menziesii* de una savia cultivada en contenedor de 300 cm^3 (CNRGF *El Serranillo*)

y elongar su sistema radical antes de la llegada de la estación calurosa. La preparación de las eras en el vivero debe iniciarse con una labor de alzado de aproximadamente 40 cm de profundidad en toda la superficie. Posteriormente deben realizarse labores de gradeo cruzado a unos 15-20 cm de profundidad, aprovechando para hacer las correspondientes aportaciones de abonos y enmiendas, en función de los niveles iniciales de fertilidad del suelo y de si se va a realizar fertirrigación durante el ciclo de cultivo. En fechas próximas a la siembra, se preparan las eras. Las eras deben tener una anchura igual a la distancia entre ruedas del tractor agrícola, de forma que permita realizar operaciones manuales desde las sendas laterales o roderas del tractor (normalmente 1-1,5 m). Estas sendas laterales deben tener un ancho entre 35 y 50 cm. La longitud de las eras será aproximadamente de 100-150 m, con una pendiente longitudinal del 1% para facilitar el drenaje del agua de la lluvia o de un exceso de riego. Se recomienda hacer las eras elevadas respecto del nivel del suelo y utilizar un sistema de riego por aspersión. La siembra en las eras se realiza en abril-mayo. En zonas con riesgo de heladas, se recomienda proteger las eras con una manta térmica. Mientras el cultivo no esté establecido, se aconseja también la instalación de



Figura 5. Cultivo de *Pseudotsuga menziesii* a raíz desnuda en un vivero de Guipúzcoa (Foto: F. Otazua).

un mantón antipájaros. Una vez establecido el cultivo, se recomiendan riegos abundantes y espaciados en el tiempo para favorecer el desarrollo radical de las plantas, obteniéndose plantas más duras y resistentes. La velocidad de caudal o riego no debe superar la capacidad de infiltración del terreno para evitar encharcamientos y arrastres o erosiones; es suficiente con humedecer la zona donde están establecidas las raíces. Se deben aplicar tratamientos fitosanitarios preventivos cada 15-21 días con fungicidas e insecticidas de amplio espectro. Con el fin de estimular el desarrollo de raíces secundarias y, por tanto, mejorar la forma y la estructura del sistema radical, se recomienda realizar un repicado durante el otoño o principios del invierno, a una profundidad de unos 12-15 cm. En Francia, la planta de dos savias es repicada al final del primer año y la de tres puede serlo, según las características deseadas, al final del primer o del segundo año (Gautry, 1997).

La concentración de nitrógeno foliar ha demostrado estar relacionada con la supervivencia de las plantas en el monte (Van den Driessche, 1988) y con su resistencia al frío (Larsen, 1978). Los valores de concentración de nitrógeno foliar recomendados por estos autores varían de 1,6 a 2,4% para la supervivencia y de 1,3 a 1,4% para la resistencia al frío.

En España no hay establecidas normas específicas de calidad relativas a las plantas de *Pseudotsuga menziesii*, pero sí en Francia (Tabla 3).

Tabla 3. Valores de atributos morfológicos y, en su caso, volumen de contenedor establecidos por la normativa francesa para plantas de *Pseudotsuga menziesii* (Journal Officiel de la République Française; Arrêté du 29 novembre 2003).

Edad (savias)		Altura (cm)	Diámetro mínimo del cuello de la raíz (mm)	Volumen mínimo del contenedor (cm ³)
Raíz desnuda	Contenedor			
-	1	10-20	3	200
2	2	20-30	4	200
3	3	30-40	5	400
4	3	40-50	6	400
4	-	50-65	7	-
4	-	65-80	9	-
4	-	≥80	12	-

4. Uso en repoblaciones y restauraciones

La superficie repoblada con abeto Douglas en España alcanza las 30.000 ha. Los primeros indicios de su utilización en Guipúzcoa se remontan a 1921, con la producción de plantas en varios viveros de esta provincia (Ayerbe, 2005). Por aquel entonces, y a pesar de la potencialidad que para la especie advertían algunos técnicos forestales como Areses, otros albergaban todavía serias dudas sobre su utilización en España (Arias, 1925). Su objetivo en la repoblación es claramente productivo, al ser una de las especies madereras más interesantes en todo el continente europeo. En el País Vasco se ha empleado, también, como especie auxiliar para la restauración de hayedos en lugares desarbolados, utilizándolo como sobrecultivo de la frondosa (Aunós y Vega, 2008).

5. Planificación de la repoblación

La labor de desbroce previo a la repoblación con abeto Douglas ha sido tradicionalmente intensa, dada la sensibilidad de esta especie a la competencia con la vegetación. Hoy en día el procedimiento más utilizado es el desbroce mecanizado con desbrozadoras de cadenas o martillos, que pueden realizar un desbroce a hecho de toda la superficie si la pendiente es reducida, o en fajas alternas en el caso de que sea elevada. Cuando el terreno está encespedado el laboreo se efectúa con grada o vertedera, o incluso se lleva a cabo un decapado, con el fin de reducir la competencia. También se han realizado con éxito desbroces químicos con glifosato (Michaud, 1997). Los procedimientos de preparación del suelo deben ser profundos para garantizar un buen desarrollo radical; los más utilizados son el subsolado profundo, bien por curvas de nivel o en línea de máxima pendiente cuando ésta es escasa, el ahoyado con retroexcavadora o mediante ahoyadoras helicoidales y el laboreo. En ocasiones también se ha empleado el ahoyado con ripper siguiendo la línea de máxima pendiente (Vega *et al.*, 1998).

El método de repoblación es la plantación manual o mecanizada. Cuando ésta se hace manual, es frecuente la utilización del plantamón o de una pala plana. La época de plantación comprende desde el otoño al comienzo de la primavera.



Figura 6. Planta de *Pseudotsuga menziesii* con 3 años en campo (Foto: E. de Ribot).



Figura 7. Plantación de abeto Douglas en Sant Celoni (Barcelona) sobre antiguos castaños (Fotos: E. de Ribot).

El abeto Douglas es exigente en cuanto a fertilidad del suelo, por lo que suele realizarse una fertilización inicial o de arranque en el momento de la plantación; puede efectuarse mediante el uso de abonos de liberación lenta que conlleven el aporte de oligoelementos o con abonos granulados del tipo 8-24-16 (De Champs, 1997; Vega *et al.*, 1998). Según los resultados de ensayos realizados en tierras agrícolas abandonadas en Galicia, la fertilización nitrogenada no es una práctica recomendable (Zas, 2003), en concordancia con lo manifestado por otros autores que señalan que un exceso de fertilización con nitrógeno conlleva un menor crecimiento de la biomasa radical y una mayor susceptibilidad de la especie a padecer estrés hídrico (Jacobs *et al.*, 2004). Se han utilizado tubos invernadero para evitar los daños por herbivoría, con buenos resultados de supervivencia y crecimiento.

6. Bibliografía

- ALÍA R., GARCÍA DEL BARRIO J.M., IGLESIAS S., MANCHA J.A., DE MIGUEL J., NICOLÁS J.L., PÉREZ MARTÍN F., SÁNCHEZ RON D., 2009. Regiones de procedencia de especies forestales en España. Organismo Autónomo Parques Nacionales, Madrid. pp. 227-230.
- AYERBE M.R., 2005. Servicio Forestal de Guipúzcoa. I Desde sus orígenes hasta 1925. Diputación Foral de Guipúzcoa, Astigarraga.
- ARIAS J., 1925. Sobre la elección de las especies forestales. La “*Pseudotsuga douglasii*”. España Forestal 3-5.
- ALVAREZ P., ROSA E., VEGA P., VEGA G., RODRIGUEZ R., 2001. Viveros forestales y uso de planta forestal en repoblación en Galicia. En: Actas del III Congreso Forestal Español (Junta de Andalucía, ed.). Granada. Mesa 3. pp. 232-238. Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- ANGELIER A., 2007. Guide des sylvicultures Douglasiennes françaises. Office National des Forêts.
- AUNÓS A., VEGA G., 2008. Selvicultura de *Pseudotsuga menziesii*. En: Compendio de Selvicultura aplicada en España. (Serrada, R, Montero, G, Reque J.A., eds.). Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria, Madrid. pp. 643-656.
- BRAVO A., MONTERO G., 2008. Descripción de los caracteres culturales de las principales especies forestales españolas. En: Compendio de Selvicultura aplicada en España. (Serrada, R, Montero, G, Reque J.A., eds.). Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria, Madrid. pp. 1099-1100.
- BRONCANO M.J., VILA M., BOADA M., 2005. Evidence of *Pseudotsuga menziesii* naturalization in montane mediterranean forests. For. Ecol. Manage. 211, 257-263.
- CATALÁN G., 1977. Semillas de árboles y arbustos forestales. Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid. pp. 308-311.
- CEMAGREF (Centre National du Maquinisme Agricole du Genie Rural des Eaux et des Forets), 1982. Les Semences Forestières. Note Technique 48.
- DE CHAMPS J., 1997. La fertilisation. En: Le Douglas. (De Champs J., coord.). AFOCEL, Paris. pp. 137-150.
- FORESTRY COMMISSION, 1992. Seed manual for forest trees. Ed. A.G. Gordon. Bulletin 83.
- GAUTRY J.I., 1997. Les techniques de pépinière. En: Le Douglas. (De Champs J., coord.). AFOCEL, Paris. pp. 77-94.
- GRADIA., 1989. Vivaistica Forestale. Edagricole, Bologna.
- HAASE D.L., ROSE R., 1993. Soil moisture stress induces transplant shock in stored and unstored 2 + 0 Douglas-fir seedlings of varying root volume. For. Sci. 39, 275-294.
- HERMANN R.K., LAVENDER D.P., 1990. *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco, Douglas-fir. En: Silvics of North America. Volume 1, Conifers. Agric. (Burns R.M., Honkala B.H., coords.). United States Department of Agriculture, Forest Service, Agriculture Handbook 654, Washington. pp. 527-540.

- ISTA (International Seed Testing Association), 2011. International rules for seed testing. Edition 2011. ISTA, Bassersdorf, Switzerland.
- JACOBS D.F., ROSE R., HAASE D.L., ALZUGARAY P.O., 2004. Fertilization at planting inhibits root system development and drought avoidance of Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii*) seedlings. *Ann. For. Sci.* 61, 643-652.
- LANDIS T.D., TINUS R.W., McDONALD S.E., BARNETT J.P., 1989. Seedling nutrition and irrigation. The container tree nursery Manual. Vol 4. United States Department of Agriculture, Forest Service, Agriculture Handbook 674, Washington.
- LARSEN J.B., 1978. Die Frostresistenz der Douglasie (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) verschiedener Herkünfte mit unterschiedlichen Höhenlagen. *Silvae Genet.* 27(3/4), 150-156.
- LOURO V., PINTO G., 2011. Sementes, uma ponte entre o passado e o futuro da floresta. Ministério da Agricultura, Mar, Ambiente e Ordenamento do Território. CENASEF. pp. 31-38.
- MASSON G., 2005. Autécologie des essences forestières. Vol 2. Editions TEC & DOC, Lavoisier, Paris. pp. 67-80.
- MERLO E., MOO C., PHILIPPE G., 1997. Aplicaciones técnicas de inducción floral en *Pseudotsuga menziesii*. En: Actas del II Congreso Forestal Español, I Congreso Forestal Hispano Luso. (Puertas F., Rivas M., eds.). Pamplona. Tomo III. pp. 413-417. Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- MERLO E., DÍAZ R., ZAS R., FERNÁNDEZ-LÓPEZ J., 2004. Propuesta de utilización de ensayos de procedencias de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco como material de base para la obtención de material forestal de reproducción. *Invest. Agrar.: Sist. Recur. For.* 13(3), 492-505.
- MICHAUD D., 1997. La préparation du terrain. En: Le Douglas. (De Champs J., coord.). AFOCEL, Paris. pp. 111-124.
- MULLIN T.J., HALLETT R.D., 1983. Fertilization of containerized tree seedlings by the replacement method. Canadian Forestry Service, Maritimes Forest Research Centre. Technical Note 93.
- PÁQUES M., 1997. L'apport des biotechnologies. En: Le Douglas. (De Champs J., coord.). AFOCEL, Paris. pp. 95-110.
- PIOTTO B., 1992. Semi di alberi e arbusti in Italia: come e quando seminarli. Società Agricola e Forestale (Grupo ENCC), Roma.
- RIBEIRO D., RIBEIRO H., LOURO V., 2001. Produção em viveiros florestais. Direcção-Geral de Desenvolvimento Rural, Lisboa.
- RUIZ DE LA TORRE J., 2006. Flora Mayor. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Dirección General para la Biodiversidad, Madrid. pp. 116-120.
- SILEN R.R., 1978. Genetics of Douglas-fir. United States Department of Agriculture, Forest Service, Washington.
- SORENSEN F.C., 1999. Effect of dry storage on germination rate of seeds of coastal Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco var. *menziesii*). *Seed Sci. Technol.* 27(1), 91-99.
- STEIN W.I., OWNSTON P.W., 2008. *Pseudotsuga*. En: The woody plant seed manual (Bonner F.T., Karrfalt R.P., eds.). United States Department of Agriculture, Forest Service, Agriculture Handbook 727, Washington. pp. 891-904.
- VAN DEN DRIESSCHE R., 1988. Nursery growth of conifer seedlings using fertilizers of different solubilities, and application time, and their forest growth. *Can. J. For. Res.* 18(2), 172-180.
- VEGA G., PUERTO G., RODRÍGUEZ R., VEGA, P., GONZÁLEZ M., 1993. La introducción de *Pseudotsuga menziesii* en el norte de España. En: Actas del I Congreso Forestal Español. (Silva-Pando F.J., ed.). Pontevedra. Tomo II. pp. 65-69. Disponible en: <http://congresoforestal.es>

VEGA G., RODRÍGUEZ R., ARENAS S., GARCÍA S., MANSILLA P., VEGA P., RUÍZ A.D., 1998. Manual de silvicultura del pino de Oregón. [en línea]. (Escola Politécnica Superior de Lugo, ed.), Lugo. Disponible en: <http://www.agrobyte.com/publicaciones/frondosas/indice.html> [25 Oct, 2010].

VIDAKOVIC M., 1991. Conifers: morphology and variation. Graficki Zavod Hrvatske publisher. pp. 623-636.

YOUNG J.A., YOUNG C.G., 1994. Seeds of woody plants in North America. Discorides Press, Portland, Oregon, USA. pp. 138-139.

ZAS R., 2003. Foliar nutrient status and tree growth response of young *Pseudotsuga menziesii* Mirb. (Franco) to nitrogen, phosphorus and potassium fertilization in Galicia (Northwest Spain). Invest. Agrar.: Sist. Recur. For. 12(1), 75-85.