

2

Fichas de especies

Abies alba Mill.

Abeto, abete, pinabete, abetunas (plantas jóvenes); *cat.*: avet, pivet, pinavet;
eusk.: izei zuria, zapina, txapina

Jesús PEMÁN GARCÍA, Jesús COSCULLUELA GIMÉNEZ, Rafael M^a
NAVARRO-CERRILLO

1. Descripción

1.1. Morfología

El abeto es un árbol de talla media, 20-30 m, de porte regular y tronco recto, cilíndrico y limpio, si se desarrolla en la debida espesura. Su ramificación es verticilada, con ramas principales que tienden a ser plagiotrópicas, al igual que las secundarias y terciarias. Su corteza es delgada, de color grisáceo o blanquecino; lisa y suave hasta los 30 ó 40 años, oscureciéndose y resquebrajándose a partir de esa edad. Las yemas son rojizas, obtusas y están recubiertas por escamas ovales, obtusas y algo aquilladas (Amaral Franco, 1986; Ruiz de la Torre, 2006).

1.2. Biología reproductiva

Abies alba es una especie dioica, con estróbilos unisexuales, que nacen típicamente en las ramas superiores. Los microesporangios y los macroesporangios se desarrollan en las yemas axilares (Owens, 1984). Todos los abetos requieren un periodo de dos años para completar su ciclo reproductivo. Los estróbilos femeninos son de forma oblongo-cilíndrica, de 2 a 4 cm de longitud, de color verdoso (Ruiz de la Torre, 2006). Aparecen de forma solitaria o en pequeños grupos en la parte superior de los ramillos del año anterior; lo que promueve la fertilización cruzada (Singh y Owens, 1982; Owens y Morris, 1998). Los conos masculinos tienen forma globosa, de 1 a 3 cm de longitud, de color pardo-rojizo, sentados. Aparecen aglomerados, principalmente, en las ramas bajas.

El proceso de la polinización, la fertilización, la maduración de las semillas y la diseminación ocurren en la misma estación, en un periodo entre 90 y 120 días, después del año de iniciación de los estróbilos (Franklin y Ritchie, 1970). El inicio de los primordios florales se produce de abril a mayo pero la diferenciación ocurre dos meses más tarde, entre julio y agosto, quedando los conos en estado de dormancia en noviembre. Los microesporofitos se inician a mediados de julio y principios de septiembre, mientras que los microesporangios comienzan la diferenciación en septiembre y son durmientes a mediados de octubre. El desarrollo de los esporangios se termina en abril del segundo año. Los estróbilos femeninos crecen rápidamente e, inicialmente, las brácteas son altamente conspicuas. Los estróbilos masculinos, una vez desarrollados, tienen el aspecto de una pequeña baya, hasta que se produce la dispersión del polen. La polinización es anemófila y ocurre a finales de mayo. El polen es relativamente pesado, por lo que las distancias de polinización suelen ser menores de 60 metros, lo que podría ser un factor

limitante para la producción de semilla viable (Lowe, 1974). Aunque los abetos son buenos productores de polen, normalmente no son grandes productores de semilla debido a diferentes causas como la iniciación de los conos, los daños producidos por plagas y heladas y la polinización inadecuada (Owens y Morris, 1998), lo que suele dar lugar a una abundante producción de semillas vacías (Khutortosov, 1987). El desarrollo del gametofito femenino se completa al final de junio y la fertilización ocurre a mediados de julio. El meristemo embrionario y el desarrollo de los cotiledones se desarrollan a principio de agosto y los embriones maduran al final de septiembre. La producción potencial de semillas fértiles varía entre 122 conos pequeños y 272 conos grandes (Nanu, 1979). El número de semillas por árbol aumenta, normalmente, con el diámetro hasta unos 40-50 cm y después decrece. El abeto alcanza la madurez sexual a una edad mínima de 20 años, para las flores femeninas, y de 35 años para la producción de estróbilos masculinos. Las mejores producciones tienen lugar entre los 40 y 100 años. La especie es cadañega aunque presenta variaciones interanuales en la cantidad de semilla y calidad del piñón, con buena producción de frutos cada 2-4 años. La dispersión de la semilla comienza a mediados o finales de septiembre y suele terminar en noviembre, con una fenología similar a la del pinsapo (Arista y Talavera, 1994). La diseminación es de tipo anemócora y barócora, por desintegración de la piña, de la cual perdura el raquis a lo largo del invierno. La lluvia de semillas disminuye con la distancia respecto al árbol madre, al igual que la mortalidad de las plántulas. Las semillas que se dispersan al inicio del periodo son las que tienen, frecuentemente, el mayor peso, la máxima capacidad de germinación y las menores tasas de semilla vacía o vana, así como los máximos valores de supervivencia. Las semillas germinan a lo largo del otoño.

Las piñas son de forma cilíndrica, erguidas, de 10 a 20 cm de longitud y de 3 a 5 cm de grosor, cambiando de color verde parduzco a pardo, en la madurez (Fig. 1). Las escamas tectrices son largamente salientes, con el borde denticulado y la punta estrecha y revuelta. Las escamas fructíferas son redondeadas, estrechadas en cuña en la base, desarticulándose en la madurez para dejar libres los piñones. Estos son aovado-trianguulares, angulosos, con una gran ala trapezoidal (Ceballos, 1958; Amaral Franco, 1986; Ruiz de la Torre, 2006). Cada escama contiene dos semillas en la parte superior, con un ala membranosa. Las escamas de la parte superior e inferior del cono contienen semillas vanas. La diseminación se produce por abscisión de las escamas, quedando el raquis de la piña.

Piñón triangular, con un tamaño de 9 a 14 mm de longitud por 3 a 6 mm de anchura, con testa blanda de color pardo y con presencia de un ala traslúcida, extendida y larga y un peso entre 30 y 50 mg (Fig. 2). La semilla contiene más de un 20% de resina (Cermak, 1987), lo que posiblemente está relacionado con el proceso de durmancia, así como con la protección del embrión y el megagametofito contra un exceso de desecación. Los cotiledones del embrión varían entre 3 y 14 y están bien diferenciados, pero el ápice radical es difícil de discernir.

La maduración de los frutos de los abetos se produce en dos fases, por lo que la capacidad de germinación aumenta continuamente a lo largo del periodo de dispersión. Debido a esto es recomendable recoger las semillas durante un periodo intermedio o al final de la diseminación. Elegir el momento del comienzo de la cosecha es bastante difícil, ya que no todos los frutos maduran de forma simultánea; variando incluso entre los conos

de un mismo árbol, de un mismo rodal y entre rodales en un mismo año, así como entre años (Edwards, 1980). Por otro lado, debe evitarse que se produzca la abscisión, por lo que es importante establecer criterios claros de maduración de los frutos con carácter local. El criterio más frecuente es el color del cono y de la semilla, aunque también se han utilizado medidas gravimétricas y medidas del embrión (Eremko, 1989). El grado de desarrollo del embrión, que se considera para otras especies del género, varía entre el 84-94% de la longitud total; aunque lo más recomendable es un desarrollo del embrión del 90% (Eremko, 1989). El resinado de los conos, también, es un indicador para iniciar la recolección, que se realiza a finales del verano y principios del otoño.



Figura 2. Semillas de *Abies alba*.

Figura 1. Piña de *Abies alba*
(Foto: J.I. García Viñas).

1.3. Distribución y ecología

Se extiende por las montañas del centro y sur de Europa, entre las latitudes 40 y 52° N y las longitudes 5 y 27° E. En su distribución más meridional puede llegar, de forma aislada, hasta una latitud de 38° N y en su distribución más occidental hasta una latitud de 1° O (Wolf, 2003). En España, su distribución queda limitada a los Pirineos, desde Navarra hasta Girona. Su distribución más meridional en la Península corresponde a la Sierra de Guara (Huesca) y al Montseny (Barcelona) (Montserrat, 1986). Las mejores masas se encuentran en Lleida, en el Valle de Arán. Se presenta formando masas monoespecíficas o masas mixtas con el haya (*Fagus sylvatica*), pino negro (*Pinus uncinata*) o pino silvestre (*P. sylvestris*), abarcando una superficie superior a las 36.000 ha. La tercera parte de esta superficie se corresponde con las masas situadas en la provincia de Lleida.

Su rango altitudinal oscila desde los 139 m en Polonia hasta los 2.900 m en Bulgaria. En España este rango se reduce al intervalo entre 700 y 2.200 m, situándose la mayoría de las masas entre 1.400 y 1.800 m (Gracia, 2004). Sus mejores masas se sitúan en localidades con más de 1.000 mm de precipitación anual, considerándose 800 mm como

el mínimo necesario (Masson, 2005). La precipitación estival supera, en la mayor parte de sus masas, los 400 mm aunque con elevada humedad ambiente pueden reducirse sus necesidades a 250 mm. La duración del periodo seco que tolera es menor de dos meses (Masson, 2005; Bravo-Oviedo y Montero, 2008). En cuanto a su régimen térmico, destaca su reducida oscilación térmica anual, variando la temperatura media anual entre 6 y 11 °C. La temperatura media del mes más cálido se sitúa entre 10 y 15 °C, pudiendo llegar en algunos enclaves hasta 18 °C. La temperatura media del mes más frío oscila entre -3 y 0 °C. Necesita 60 a 200 días al año sin heladas; siendo muy sensible a las heladas tardías, por lo que rehúye las ubicaciones favorables a estos eventos, como son las bajas altitudes donde la brotación se produce demasiado pronto o las situaciones muy expuestas, como las cubetas, los collados, las crestas o los altiplanos (Masson, 2005). Esta característica se confirma en los abetares catalanes que se distribuyen principalmente en un rango de pendientes que oscila entre el 30 y 80% (Gracia, 2004). La duración del periodo vegetativo debería estar comprendida entre 60 y 180 días con una temperatura superior a 10 °C. Estas características climáticas justifican que la especie se distribuya en los pisos bioclimáticos montano y subalpino o en los fitoclimas VI y VIII(VI). Si el suelo es profundo puede desarrollar una raíz pivotante. Es estable al viento aunque se ha mostrado muy sensible a fuertes vendavales, como los ocurridos en el Valle de Arán en 1996 y 2010. Es un árbol muy tolerante a la sombra. En su regeneración natural requiere sombra espesa por lo que esta se produce bajo la cubierta de otras especies arbóreas, raramente arbustivas. Como consecuencia de ello llega a constituir, hasta su estado de latizal, el estrato inferior o intermedio de otras formaciones de bosque (Ruiz de la Torre, 2006). En las montañas occidentales de Polonia se ha comprobado que la regeneración natural del abeto se produce mejor bajo la cubierta del alerce (*Larix decidua*), en lugar de la del haya, debido a que la luz presenta un mayor valor del cociente rojo: rojo lejano (Dobrowolska, 2008). En la Península se distribuye en orientaciones de umbría, variando de NO a NE. En cuanto a suelos, muestra un amplio rango de tolerancia a sus propiedades físicas y químicas aunque sus mejores masas se sitúan en los suelos profundos, ricos en nutrientes, de texturas limosas y bien drenados. En este sentido, la profundidad mínima requerida es de 60 cm mientras que la textura preferida es la que le garantiza un alto contenido de agua en el suelo. Es por ello que prefiere texturas limosas, rehuendo los arenosos y fuertemente arcillosos. Para un buen desarrollo de su sistema radical, el suelo no debe ser muy compacto ni encharcarse con facilidad. Se desarrolla tanto en suelos con litología silícea, granito, gneis, cuarcita o esquistos, como en suelos con litología caliza. El pH oscila entre neutro y ácido, no tolerando los fuertemente ácidos. Es indiferente en cuanto a la fertilidad del suelo, no siendo este factor limitante en su distribución.

Las masas centroeuropeas y peninsulares de esta especie presentan, desde hace más de 20 años, procesos de decaimiento debido a causas bióticas y abióticas no totalmente conocidas. Mientras que en Centro Europa se han relacionado estos episodios con la lluvia ácida, en el norte de Italia se ha relacionado con causas bióticas, por la presencia del patógeno *Heterobasidion annosum*, hongo que produce la pudrición del sistema radical. En España, el decaimiento observado en las masas aragonesas de la especie ha sido relacionado con causas de carácter climático, producto de la reducción de las precipitaciones estivales de mediados de la década de los ochenta (Camarero *et al.*, 2004). El futuro de las masas peninsulares de abeto, según los escenarios de cambio global analizados para el horizonte

del año 2080, reducen en un 91% el área potencial de la especie (Benito *et al.*, 2008), por lo que el futuro de las mismas está seriamente comprometido.

2. Materiales forestales de reproducción

2.1. Marco normativo. Identificación de los materiales de reproducción

Es una especie que tiene regulada la comercialización del material de reproducción, tanto a nivel europeo como español, y para la que se han definido seis regiones de procedencia por el método aglomerativo, tres de las cuales son de área restringida (Fig. 3). En la actualidad, en el Catálogo Nacional de Materiales de Base se dispone de material identificado y seleccionado de esta especie, si bien de momento no se han establecido para las áreas restringidas de San Juan de la Peña y Sierra Oroel y Sierra de Guara. Los rodales selectos se han delimitado para la región de procedencia Pirineo oriental.

Las características de las regiones de procedencia definidas y de las áreas restringidas se recogen en la Tabla 1.



Figura 3. Distribución de *Abies alba* y Regiones de Procedencia de sus materiales de reproducción. 1.- Pirineo Occidental. 2.- Pirineo Central. 3.- Pirineo Oriental. A.- San Juan de la Peña y Sierra Oroel. B.- Sierra de Guara. C.- Montseny (Alía *et al.*, 2009).

Tabla 1. Descripción de las áreas con presencia de *Abies 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, 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	10,3	1126	1781	662	1580	238	0	8,2	23,2	-2,6	15,1	4	CMc(100)
2	80,1	1702	2735	731	1238	267	0	6,2	21,7	-5,5	16,3	5,8	CMtu(45) CMc(22) LPd(17) RK(11)
3	7,3	1642	2476	721	1150	309	0	6,9	22,8	-5,6	16,8	5,7	CMtu(68) CMc(22)
A	1,3	1319	1595	1050	1037	181	0	8,5	25	-2,9	17	4,2	CMc(71) CMg(29)
B	0,2	1667	1884	1523	1266	211	0	7,7	24,1	-3,8	18,1	4,8	CMc(100)
C	0,9	1127	1570	733	993	206	0	10,2	25	-2,2	16,3	3	CMtu(100)

En Francia existe un banco de germoplasma operativo para esta especie (Fady *et al.*, 1999). Respecto a la legislación sobre sanidad vegetal, es de hacer constar que *A. alba* está sometido a la normativa sobre pasaporte fitosanitario.

2.2. Técnicas de manejo y propagación

2.2.1. Semillas

La recolección se realiza directamente del árbol, mediante escaleras o pértigas, o por escalada. También puede efectuarse en árboles apeados, aunque es difícil hacer coincidir la época óptima de recogida con las cortas (Piggot, 1994). La germinación de la semilla puede mejorarse con un adecuado almacenamiento e, incluso, con un almacenaje parcial en condiciones de temperatura y humedad. El proceso de posmaduración y secado de los conos debe realizarse durante varias semanas en sacos no amontonados en un lugar sombreado, con una buena circulación de aire y a una temperatura inferior a 10 °C (Edwards, 1980; Eremko, 1989). Un mal almacenamiento, previo a la extracción, conduce a una importante pérdida de calidad de la semilla. El procesado de los frutos es similar al de otras coníferas con la particularidad de que los conos tienen un periodo de almacenamiento temporal, de hasta 2 meses, para completar su maduración y desarticulación. Se recomienda una reducción de la humedad hasta el 15% para evitar daños en la separación de la semilla y facilitar la eliminación de las alas (Rooke, 1994). Si se considera necesario un secado extra puede mantenerse a temperaturas de hasta 30 °C. Una vez secados los conos se voltean manualmente o se pasan por vibradores para separar impurezas y restos de escamas, raquis, etc. (Rooke, 1994). La desarticulación de los conos puede ultimarse manualmente, mediante un ligero movimiento de torsión con la mano, forma de proceder que cabe emplear cuando se trata de pequeñas cantidades y se quiere evitar daños a la semilla. El cribado debe ser cuidadoso para evitar daños en las vesículas resiníferas de las semillas. Normalmente se procede al desalado por rotación de las semillas, lo que permite que las alas se partan (Rooke, 1994). La limpieza posterior se realiza mediante aventado, aunque debe evitarse el golpeteo muy prolongado con las escamas y otras impurezas que puedan dañar las vesículas resiníferas, por lo que se recomienda un proceso en dos etapas.

Las semillas de abeto tienen un comportamiento ortodoxo, por lo que se almacenan a baja temperatura y humedad reducida. Casi todos los expertos están de acuerdo en que la viabilidad de la semilla se pierde muy rápidamente si el almacenamiento no es el adecuado, debido posiblemente al proceso de oxidación de las resinas. Es por ello que se recomienda un almacenamiento con un 6-8% de contenido de humedad (Gogala y Vardjan, 1989) y a una temperatura que vendrá condicionada por la duración del almacenamiento; para plazos cortos se aconseja menos de 4 °C y para periodos prolongados -17 °C (Stanwood y Bass, 1978; Jorgensen, 1990; Neuhoferova, 1994).

La durmancia de la semilla de abeto es tanto física como fisiológica, pero aparentemente no reside en el embrión (Edwards, 1987; Gogala y Vardjan, 1989). Las pérdidas de germinación parecen estar asociadas a la presencia de resinas por lo que, como se indicó, es muy importante evitar daños a la semilla a lo largo del proceso de extracción y acondicionamiento (Zenotsch y Jahnel, 1960). La semilla de abeto presenta una germinación variable. La semilla no estratificada, y sembrada en primavera, inicia su germinación a

los 10-30 días de siembra y continúa durante un periodo de tiempo considerable. Si la semilla ha sido tratada antes de su semillado, mediante estratificación o exposición al frío, su germinación es más rápida. Las semillas de abeto raramente germinan más del 50 por ciento, debido al letargo interno que presentan algunas, a los daños que suelen sufrir durante su extracción y desalado, a los ataques de hongos e insectos y a la presencia de semillas vanas subsistentes en el lote (Zenotsch y Jahnel, 1960; Edwards, 1987; Catalán, 1991; Jones *et al.*, 1991) (Tabla 2). Los tratamientos pregerminativos recomendados para esta especie son (Edwards, 2008):

- Rehidratación y estratificación fría, durante 21 días, a una temperatura de 3-5 °C. Es un tratamiento general para el género *Abies*.
- Estratificación en arena húmeda durante 60 días, a una temperatura de 2-5 °C.

Tabla 2. Datos característicos de lotes de semillas de *Abies alba*.

Rendimiento semilla/fruto		Pureza (%)	Facultad germinativa (%)	Nº semillas kg ⁻¹	Referencia
(kg hl ⁻¹)	(% en peso)				
3-5			30-60	18.000-25.000	Cemagref (1982)
	6-10	97	30-35	21.000	Gradi (1989)
	(20)	90	20-60	18.000-25.000-40.000	Catalán (1991)
4			45	22.500	Forestry Commission (1992)
			20-60	17.000-25.000-41.000	Piotto (1992)
	2,5			23.000	Young y Young (1994)
2	5,5			17.400-22.500-41.000	Edwards (2008)
	0,1-4-15,7		(40-43)	9.976-16.250-30.770	Louro y Pinto (2011)
	6-17	90-98	30-60	13.000-18.000-25.000	CNRGF <i>El Serranillo</i> (Anexo III)

El procedimiento establecido por la ISTA (2011) para la evaluación de la germinación es una alternancia térmica de 20-30 °C, según un ciclo de 16-8 horas, con una duración inicial prevista de 28 días, recomendando la previa estratificación en frío de las semillas como método para romper su durmancia. Por su parte, la Forestry Commission (2010) propone que el ensayo convencional de germinación se realice a temperatura constante de 20 °C. Se han utilizado ensayos de viabilidad al corte, aunque para *A. alba* tienden a sobrevalorar la calidad de la semilla (Ducci y Paci, 1986). Germinación epigea. Plántula con hojas aciculares, largas, puntiagudas, de 2-3 cm.

2.2.2. Vegetativa

Existen ensayos de propagación vegetativa mediante injerto y estaquillas, sobre todo para el mercado de árboles de navidad. Las técnicas de micropropagación han sido, también, puestas a punto para *A. alba* (Hartmann *et al.*, 1992; Hristoforoglu *et al.*, 1995).

3. Producción de plantas

El abeto es una especie que puede producirse a raíz desnuda y en contenedor. El cultivo a raíz desnuda se hace a partir de semilla estratificada durante 1 ó 2 meses, a temperaturas entre 0-3 °C. Se siembra en primavera, con densidades de 270-330 (220-240) semillas m⁻², a una profundidad de 15-20 mm. La planta tipo suelen ser 1+0 (13-15 cm de alto y 2,5-3 mm de diámetro), 2+0 (26 cm de alto y 6 mm de diámetro) e incluso 2+1 (raro). Se suele proceder a repicados de raíz cada dos semanas, entre julio y agosto, para producir un tipo de planta 1+0. Para producir un tipo de planta 2+0 suele repicarse entre febrero y marzo del primer año, repitiéndolo durante el segundo año.

En los últimos años se ha potenciado mucho el cultivo de planta en envase (Fig. 4). Para planta de dos y tres savias, edades recomendables, se utilizan contenedores de 300 cm³. En algún caso, el cultivo se inicia en invernadero y se pasa posteriormente a los umbráculos al final de la primavera o el verano. Actualmente hay una tendencia a combinar una primera fase en alveolo forestal y una o dos savias a raíz desnuda. Los criterios morfológicos de calidad exterior de la planta exigibles por la normativa de comercialización son bastante ambiguos (Tabla 3).



Figura 4. Planta de una savia de *Abies alba* cultivada en alveolo de 200 cm³ (Foto: CNRGF El Serranillo).

Tabla 3. Número de savias y valores de atributos morfológicos establecidos por el Real Decreto 289/2003 para plantas de *Abies alba*.

Edad (años)	Altura mínima (cm)	Altura máxima (cm)	Diámetro mínimo del cuello de la raíz (mm)
3 a 6 años	Mitad de la altura del contenedor	Altura del contenedor	3,5

4. Uso en repoblaciones y restauraciones

El abeto, que se conozca, solo ha sido utilizado de forma esporádica en repoblaciones forestales en España, existiendo, por tanto, una muy reducida experiencia en trabajos de repoblación forestal. Su temperamento y su lento crecimiento han limitado su uso en los trabajos de repoblación. Es frecuente encontrar abundante regeneración bajo masas artificiales o naturalizadas del género *Pinus* (*Pinus sylvestris*). En países centroeuropeos, como Alemania, Polonia o Chequia, es, sin embargo, una especie utilizada frecuentemente en forestaciones. Su mayor potencial lo presenta como especie para la restauración de ecosistemas de montaña en terrenos profundos, frescos y en localizaciones umbrosas.

5. Planificación de la repoblación

El temperamento de la especie y el lento crecimiento de su tallo son los principales condicionantes del uso de esta especie y del éxito de los trabajos de repoblación. Las densidades de plantación se deben supeditar al objetivo de la repoblación, con valores de menos de 400 plantas ha⁻¹ para plantaciones de enriquecimiento y de más de 1.200 plantas ha⁻¹ para plantaciones de producción. Las plantas suelen tener un buen crecimiento inicial, en especial si se utiliza material de reproducción de buena calidad. Su lento crecimiento le hace sensible a la competencia con la vegetación y al daño por herbívoros. Para acelerarlo se han ensayado con éxito protocolos de fertilización (Kupka, 2005).



Figura 5. Repoblación de *Abies alba* de hace 14 años en Queixans, Cerdanya, Girona (Foto: A. Ivars).

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. 59-64.
- AMARAL FRANCO J., 1986. *Abies*. En: Flora ibérica. 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. 165-166.
- ARISTA M., TALAVERA S., 1994. Pollen dispersal capacity and pollen viability of *Abies pinsapo* Boiss. *Silvae Genet.* 43, 155-158.
- BENITO M., SÁNCHEZ DE DIOS R., SAINZ OLLERO H., 2008. Effects of climate change on the distribution of Iberian tree species. *Appl. Veg. Sci.* 11, 169-178.
- BRAVO-OVIEDO A., MONTERO G., 2008. Caracteres culturales de las principales especies forestales en España. En: Compendio de Silvicultura aplicada en España (Serrada R., Montero G., Reque J.A., eds.). Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Agroalimentaria. Madrid. pp. 1047-1048.
- CAMARERO J.J., LLORET F., CORCUERA L., PEÑUELAS J., GIL-PELEGRÍN E., 2004. Cambio global y decaimiento del bosque. En: Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante. (Valladares F., ed.). Ministerio de Medio Ambiente, EGRAF S.A., Madrid. pp. 397-423.
- 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. 113-115.
- CEBALLOS L., 1958. Los abetos del mundo. *Montes* 80, 1-12.
- CEMAGREF (Centre National du Maquinisme Agricole du Genie Rural des Eaux et Forets), 1982. Les Semences Forestières. Note Technique 48.
- CERMAK J., 1987. Monoterme hydrocarbon contents of the resin from seeds of silver fir (*Abies alba* Mill). *Trees* 1, 92-101.
- DOBROWOLSKA D., 2008. Growth and development of silver fir (*Abies alba* Mill.) regeneration and restoration of the species in the Karkonosze Mountains. *J. For. Sci.* 54 (9), 398-408.
- DUCCI F., PACI M., 1986. Evaluation of *Abies alba* Mill. ungerminated seeds at the end of germination test. Comparison between three methods in Italy. *Annali dell'Istituto Sperimentale per la Silvicultura* 17, 237-254.
- EDWARDS D.G., 1980. Maturity and seed quality, a state of the art review. En: IUFRO/USFS International Symposium on flowering and seed development in trees. (Bonner F., ed.). USDA Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station. pp. 58-66.
- EDWARDS D.G., 1987. Methods and procedures for testing tree seed in Canada. *For. Tech. Rep.* 36. Canadian Forest Service, Ottawa.
- EDWARDS D.G., 2008. *Abies* P. Mill. 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. 149-198.
- EREMKO R.D., 1989. A guide to collecting cones of British Columbia conifers. Canada Columbia Forest Resources Development Agreement, Victoria, Canada.
- FADY B., FOREST I., HOCHU A., BEAULIEU J.L., PASTUSZKA P., 1999. Genetic differentiation in *Abies alba* Mill. Populations from southeastern France. *For. Genet.* 6(3), 129-138.
- 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]
- FRANKLIN J.F., RITCHIE G.A., 1970. Phenology of cone and shoot development of noble fir and some associated true firs. *For. Sci.* 16, 356-364.

- GOGALA N., VARDJAN M., 1989. The location of the cause of dormancy, viability and seed decay in the silver fir *Abies alba* Mill. *Bioloski Vestnik* 37, 33-42.
- GRACIA C. (dir.), 2004. *Inventari Ecològic i Forestal de Catalunya*. Catalunya. CREA, Barcelona.
- GRADI A., 1989. *Vivaistica Forestale*. Edagricole, Bologna.
- HARTMANN S., LANG H., REUTHER G., 1992. Differentiation of somatic embryos from protoplasts isolated from embryogenic suppression culture of *Abies alba* L. *Plant Cell Rep.* 11, 554-557.
- HRISTOFOROGLU K., SCHMIDT J., BOLHAR-NORDENKAMPF H., 1995. Development and germination of *Abies alba* somatic embryos. *Plant Cell Tiss. Organ Cult.* 40, 277-284.
- ISTA (International Seed Testing Association), 2011. *International rules for seed testing*. Edition 2011. ISTA, Bassersdorf, Switzerland.
- JONES S.K., SAMUEL Y.K., GOSLING P.G., 1991. The effect of soaking and prechilling on the germination of noble fir seed. *Seed Sci. Technol.* 19, 287-294.
- JORGERSEN J., 1990. Conservation of valuable gene resources by cryopreservation in some forest tree species. *J. Plant Physiol.* 136, 373-376.
- KHUTORTSOV I.I., 1987. Seed-bearing of *Abies nordmanniana* in the Caucasus reserve. *Lesovedenie* 2, 81-86.
- KUPKA I., 2005. Reaction of Silver fir (*Abies alba* Mill.) plantation to fertilization. *J. For. Sci.* 51(3), 95-100.
- 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.
- LOWE W.J., 1974. Effect of storage upon balsam fir pollen viability and seed development. En: *Proceedings, 21st Northeastern Forest Tree Improvement Conference*. (Schereiner E.J., ed.). University of Maine, Orono. Northeastern Forest Experimental Station. pp. 71-84.
- MASSON G., 2005. *Autécologie des essences forestières*. Vol 2. Editions TEC & DOC, Lavoisier, Paris. pp. 321-331.
- MONSERRAT J.M., 1986. *Flora y Vegetación de la Sierra de Guara*. *Naturaleza en Aragón nº 1*. Diputación General de Aragón, Zaragoza.
- NANU N., 1979. The destroying insects of fir-tree (*Abies alba* Mill.) cone and seed: biology and ecology. En: *IUFRO/USFS International Symposium on flowering and seed development in trees*. (Bonner F., ed.). USDA Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station. pp. 58-66.
- NEUHOFEROVA P., 1994. Cryopreservation of seed of European beech, sessile oak and silver fir, and embryos and auxiliary buds of sessile oak. *Lesnictvi Forestry* 40, 519-522.
- OWENS J.N., 1984. Bud development in grand fir. *Can. J. For. Res.* 14, 575-588.
- OWENS J.N., MORRIS S.J., 1998. Factors affecting seed production in amabilis fir (*Abies amabilis* Mill.) *Can. J. For. Res.* 28, 1146-1163.
- PIGGOT D., 1994. Collection methods of *Abies* sp. En: *Proceedings Abies spp. Workshop Problems and solutions*. (Konishi J., Barber B., eds.). Parksville, BC. British Columbia Ministry of Forests. pp. 9-11.
- PIOTTO B., 1992. *Semi di alberi e arbusti in Italia: come e quando seminarli*. Società Agricola e Forestale (Grupo ENCC), Roma.
- ROOKE H., 1994. *Abies* spp. cone and seed processing. En: *Proceedings Abies spp. Workshop Problems and solutions*. (Konishi J., Barber B., eds.). Parksville, BC., British Columbia Ministry of Forests. pp. 12-14.
- RUIZ DE LA TORRE J., 2006. *Flora Mayor*. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Dirección General para la Biodiversidad, Madrid. pp. 100-107.
- SING H., OWENS J.N., 1982. Sexual reproduction in subalpine fir (*Abies lasiocarpa*). *Can. J. Bot.* 60, 2197-2666.

STANWOOD P.C., BASS L.N., 1987. Ultracold preservation of seed germoplasm. En: Plant cold hardiness and freezing stress: mechanisms and crop implications. (Li P.H., Sakai A., eds.). Academic Press, New York. pp. 361-371.

VIGNALI G., PIOVANI P., 1995. Protection and restoration of remaining populations of *Abies alba* Mill.; *Picea excelsa* Lam.; and *Taxus baccata* L.; in the Emilian Apennines. En: Symposium on plant biotechnology as a tool for the exploitation of mountain lands. ISHS Acta Horticulturaea 457.

WOLF H., 2003. EUFORGEN Technical Guidelines for genetic conservation and use for silver fir (*Abies alba*). International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy.

YOUNG J.A., YOUNG C.G., 1994. Seeds of woody plants in North America. Dioscorides Press, Portland, Oregon. pp. 1-8.

ZENOTSCH W., JAHNEL H., 1960. Test with stratified seed at Rovershagen State Forest Estate. Forst und Jagd 10, 81-83.

Abies pinsapo Boiss.

Pinsapo, pino pinsapo, pino abeto; *cat.*: pinsap; *eusk.*: izeiespainiarra

Rafael M^a NAVARRO CERRILLO, Antonio SÁNCHEZ LANCHÁ, Manuel ARROYO SAUCES, Laura PLAZA ARREGUI, Francisco MARCHAL GALLARDO, Miguel Ángel LARA GÓMEZ

1. Descripción

1.1. Morfología

El pinsapo es una especie del género *Abies*, familia *Pinaceae*, subfamilia *Abietoideae*, subgénero *Sapinus* y define la Serie Pinsapones, que se caracteriza por un limbo ensanchado, irregularmente dentado, apuntado o mucronado (Ruiz de la Torre, 2006). La primera descripción científica del pinsapo fue realizada por E. Boissier a principios del siglo XIX: *Abies pinsapo* Boiss., *Biblioth. Univ. Génève*, sér. 2, 13: 402, 406 (1838). Parece ser que, con anterioridad, el pinsapo fue descrito por el botánico español Simón de Rojas Clemente (1777-1827), aunque no quedó constancia escrita de ello debido a que los materiales y notas de sus viajes por la Serranía de Ronda fueron destruidos durante una revuelta popular en Sevilla en 1823.

El pinsapo es un árbol de hasta 30 m de altura, de copa piramidal, de tronco recto y corteza cenicienta, fisurada longitudinalmente en individuos viejos. Presenta ramas triverticiladas y ramillas glabras, de color castaño-rojizas. Las yemas son obtusas y muy resinosas (Amaral Franco, 1986; Ruiz de la Torre, 2006).

Las hojas son aciculares, verdeoscuros, de 6 a 16 mm de longitud, rígidas, sentadas y de disposición helicoidal sobre las ramas. En la parte inferior de la copa las hojas son de 6-16 de longitud y 1,5-2,5 mm de anchura, gruesas, rígidas, bastante densas, dispuestas radialmente, concoloras, más o menos glaucas, agudas u obtusas pero no emarginadas; las de la parte superior son más cortas (hasta 1 cm) y gruesas, mucronadas y punzantes. (Amaral Franco, 1986). Las hojas presentan estomas dispersos en el haz y dos bandas estomáticas de color claro en su envés. La longevidad de las acículas es notable, pudiendo alcanzar hasta 15 años (Linares y Carreira, 2006).

1.2. Biología reproductiva

La biología reproductiva del pinsapo fue poco estudiada en el pasado, a pesar de ser una especie singular dentro de la flora forestal española (Ruiz de la Torre, 2006). Sin embargo, en los últimos años este vacío ha sido cubierto por los amplios trabajos realizados por Arista *et al.* (1997).

El pinsapo es una especie monoica que tiene capacidad de variar su expresión sexual, comportándose como individuo masculino o femenino. Se observan tres tipos de árboles desde el punto de vista funcional: femenino (en proporción mayoritaria), monoico

y masculino (Arista y Talavera, 1997), dándose una situación de subdioecia. El ciclo reproductivo del pinsapo dura un año (Arista y Talavera, 1994 a). Los conos florales masculinos se presentan en grupos en la cara abaxial de las ramas inferiores del árbol y son de color púrpúreo o amarillento, de 7,5-16 x 6,4-8 mm. Los conos florales femeninos, verdosos y erguidos, aparecen en la cara adaxial de las ramas superiores del árbol con un tamaño de 9-22 x 6-8 mm y con 112 y 240 escamas ovulíferas, con dos primordios cada una (Herrera *et al.*, 1999); diferenciándose a finales de julio, al terminar el periodo de crecimiento vegetativo. A finales de septiembre empieza la elongación de los conos masculinos, los cuales van aumentando de tamaño hasta mediados de marzo, cuando alcanzan su tamaño definitivo (10 mm de longitud por 7 mm de anchura), siendo de color púrpura en la madurez y pardos después de la polinización. Los conos femeninos se diferencian, igualmente, en septiembre, entrando en un estado de durmancia hasta mediados de abril que es cuando se inicia el proceso de elongación hasta alcanzar su tamaño definitivo a principios de junio (67 mm de longitud por 22 mm de anchura). Son de color pardo-verdoso en la fecundación (Arista y Talavera, 1994 a y b; Ruiz de la Torre, 2006). La dispersión del polen es anemófila y se produce entre finales de abril y mediados de mayo. La fecundación se produce a finales de junio, casi dos meses después de la polinización (Arista y Talavera, 1994 b). A principios de julio se empieza a desarrollar el embrión y las piñas tienen ya su tamaño definitivo. A partir de este momento, y hasta el momento de la dispersión de los piñones (octubre-noviembre), las piñas casi no aumentan más de tamaño. A partir de septiembre el embrión está maduro y tiene los cotiledones totalmente formados y, en apariencia, las semillas están totalmente maduras y listas para su dispersión; sin embargo, éstas no se producen hasta 6-8 semanas más tarde, entre octubre y noviembre. La inadecuada maduración de los conos femeninos da lugar al desarrollo completo de piñas con muchas semillas con embriones pequeños y vanas, siendo la causa más importante de inviabilidad de las semillas del pinsapo. Arista y Talavera (1997) han puesto de manifiesto una segunda causa de inviabilidad de las semillas debida a fenómenos de depresión por endogamia o consanguinidad.

El fruto es una piña (estróbilo) de color pardo rojizo en la madurez, cilíndrica o cilíndrica-ovoidea, de 10 a 18 cm (9-15 cm) de longitud por 3 a 5 cm (3-4 cm) de grosor que se inserta directamente al tallo sin pedúnculo, erecta, con un peso entre 30 y 198 g. Escamas tectrices inclusas (Fig. 1). Las piñas se abren por desnaturalización, dispersando un número variable, entre 198 y 309, de piñones por piña. La semilla es de forma aovado triangular, con un tamaño de 6 a 8 mm (6-12 mm) de longitud por 5-7 mm de anchura, con testa de color pardo, lisa y lustrosa y con un ala triangular papirácea de 10 a 15 mm, con un peso variable entre 111 mg, piñones llenos, y 75,7 mg, piñones vacíos (Edwards, 1974; Arista *et al.*, 1997; Ruiz de la Torre, 2006) (Fig. 2). El eje hipocotilo-radícula presenta una posición central en la semilla con la radícula orientada hacia la parte apical (Edwards, 1974). Es una especie vecera, dependiendo la abundancia de la fructificación del ciclo meteorológico del año anterior al de la floración. Se produce un año de descanso o de ausencia de floración después de un año con floración, aunque a veces se observan dos años sucesivos con floración (Arista y Talavera, 1995).

El porcentaje de semillas vanas es bastante alto aunque está directamente relacionado con la densidad de ejemplares en el rodal. En general, los árboles que viven formando masas densas producen piñones con un alto porcentaje de viabilidad que, al germinar, originan

plantas muy vigorosas. Por el contrario, los pinsapos que están más o menos aislados producen muy pocos piñones viables debido a una polinización deficiente que, además, originan plantas poco vigorosas por su endogamia (Herrera *et al.*, 1999).

El periodo de dispersión natural de los piñones tiene lugar entre octubre y febrero, siendo diciembre el mes en el que se produce el pico de máxima dispersión (65% del total) (Ruiz de la Torre, 2006; Arista *et al.*, 2010). La diseminación de los piñones es anemócora (Edwards, 1974; Arista *et al.*, 1997) y se caracteriza por la existencia de marcadas fluctuaciones a nivel de individuo con una fuerte dependencia de las condiciones atmosféricas. La distribución de las semillas parece presentar una forma asimétrica en función de la dirección de los vientos dominantes durante el periodo de dispersión. En general, la distribución de semillas, en función de la distancia al progenitor, decrece a medida que la distancia es mayor, concentrándose entre el 60 y el 70% del total de las semillas dispersadas en las proximidades del pie, pero con la presencia de piñones en zonas más alejadas. Esto sugiere que, posiblemente, algunos piñones alcanzan mayores distancias aunque, a partir de 8 m de la proyección de la copa, la cantidad de piñones recogida no supera el 12% del total (Arista, 1994 a; Arista *et al.*, 2010). La importancia ecológica de los fenómenos de dispersión a gran distancia es muy grande ya que, al disminuir la densidad de semillas con la distancia, disminuyen la probabilidad de que éstas sean encontradas por los herbívoros, así como la competencia entre ellas. Esto trae consigo un aumento en la posibilidad de supervivencia de las plántulas originadas por los piñones dispersados más lejos (Arista *et al.*, 2010). La supervivencia de tan sólo una de estas plántulas, a 20 metros o más de un árbol fuente, originaría una nueva fuente de semillas en un plazo de 20-25 años, tiempo que tarda esta especie en alcanzar la edad reproductora (Arista *et al.*, 2010).



Figura 2. Piñones de *Abies pinsapo* desprovistos de ala.

Figura 1. Piña de *Abies pinsapo* en el pinsapar de la Sierra de las Nieves, Málaga (Foto: Red de Viveros de Andalucía).

Durante el establecimiento, la mayor mortalidad de las plántulas de pinsapo se produce durante el verano del primer año de vida, en el periodo comprendido entre los meses de julio y septiembre. Sin embargo, una vez que los brinzales superan este plazo de tiempo, la tasa de mortalidad es muy baja lo que parece indicar que el periodo crítico para esta especie se establece durante los primeros seis meses de vida (Arista *et al.*, 2010). En estudios realizados por estos autores, donde se compara la regeneración del pinsapar en formaciones de encinar-pinsapar y quejigar-pinsapar, muestran que las condiciones en esta última formación son más adecuadas para la germinación de las semillas de pinsapo. Aunque el porcentaje final de supervivencia es similar en ambas parcelas estudiadas, la mayor cantidad de semillas que germinan en la parcela quejigar-pinsapar hace que el número final de plántulas de pinsapo que sobreviven sea mucho mayor y, por tanto, también lo es el reclutamiento de nuevos individuos en la población.

1.3 Distribución y ecología

Los pinsapares son uno de los ecosistemas más singulares de España debido a la importancia ecológica de la especie dominante y a su escasa extensión, estando su distribución ibérica restringida a la Serranía de Ronda y a las Sierras de Grazalema y Bermeja (Ceballos y Martín Bolaños, 1928; Arista *et al.*, 1997; Ruiz de la Torre, 2006; Navarro-Cerrillo *et al.*, 2011 a). Es, por tanto, un endemismo andaluz y la única manifestación de abetal que se desarrolla en un ámbito estrictamente mediterráneo dentro de la Península, lo que le otorga unos elevados valores geobotánico y ecológico.

Existen numerosas referencias geobotánicas para el pinsapo desde principios del siglo XIX (Boissier, 1839; Willkomm, 1873; Laguna, 1883; Ceballos y Martín Bolaños, 1928 y 1930; Ceballos y Vicioso, 1933; Asensi y Rivas, 1976; AFA, 1994; Arista *et al.*, 1997; Costa *et al.*, 1997), ampliados en trabajos más recientes (Ruiz de la Torre, 2006; Soto, 2006; Navarro-Cerrillo *et al.*, 2006 a; Becerra, 2006). Otros trabajos incorporan descripciones de los pinsapares pero sin aportar un mayor detalle en cuanto a su área de distribución (Laza Palacios, 1935; Font Quer, 1954; Bon i Tort, 1974; Asensi y Díaz, 1987). Los estudios fitosociológicos también han aportado información sobre la distribución potencial de la especie (Asensi y Rivas Martínez, 1976; Valle, 2003). En un trabajo reciente, Navarro Cerrillo *et al.* (2006 a, 2011 a) proponen una revisión de la distribución actual del pinsapo en Andalucía (Fig. 3).

El pinsapo es, sin duda, uno de los más xerófilos de todos los abetos mediterráneos (Aussenac, 2002; Gonzalo *et al.*, 2004; Fernández Cancio *et al.*, 2007). Su frugalidad en cuanto a los suelos es notable y su carácter helioxerófilo le permite soportar largos periodos de calor moderado y de sequía, pudiendo adaptarse a las fluctuaciones climáticas propias del clima mediterráneo. Ocupa localidades caracterizadas por un clima mediterráneo húmedo e hiperhúmedo (con 1.000-3.000 mm de precipitación anual) con una estación característica, seca y cálida (julio-agosto), que supera refugiándose en orientaciones de umbría entre los 1.000 y 1.800 m, donde las temperaturas no son tan extremas y el efecto del estiaje se amortigua (Arista *et al.*, 1997; Aussenac, 2002; Ruiz de la Torre, 2006). Los rangos óptimos para la especie son: una temperatura media anual entre 13 y 17,2 °C; la temperatura media de las mínimas del mes más frío entre 2,5 y 6,4 °C; la temperatura media de las máximas del mes más cálido entre 26,1 y 30,8 °C; la precipitación anual

media entre 800 y 2.080 mm y la precipitación estival media entre 20 y 45 mm (Anexo I).

Dentro de una cierta indiferencia sobre la naturaleza litológica del sustrato se encuentra, más frecuentemente, sobre terrenos calizos que son los que más abundan dentro de su área. Así, lo vemos en Ronda y parte de Yunquera sobre calizas dolomíticas del Cámbrico, en los Reales de Genalguacil y parte de la Sierra de Tolox sobre peridotitas y en algunos bosquetes de Yunquera sobre gneis o micacitas.

Los pinsapares son formaciones poco diversificadas, con un dosel arbóreo denso y continuo de ambiente muy umbroso y con suelos cubiertos de acículas donde sólo aparecen plantas capaces de soportar niveles muy bajos de iluminación. Sólo en sus bordes da lugar a comunidades más abiertas, constituidas por rodales discontinuos con ejemplares achaparrados en la parte superior. El pinsapo es una especie de media sombra, de temperamento relativamente robusto que da lugar a masas muy estables. Aspectos relacionados con el grado de tolerancia a la sombra, la capacidad fotosintética, la concentración de nutrientes en las acículas y la respuesta al estrés han sido descritos para la especie, tanto en condiciones controladas, como en el medio natural (Serichol *et al.*, 2011).

Contacta en las partes altas con matas espinosas y almohadilladas de erizones o piornos mientras que en las zonas inferiores lo hace con quejigares (*Quercus faginea* subsp. *faginea* y subsp. *broteroi*), encinares (*Q. ilex* subsp. *ballota*) o alcornoques (*Q. suber*) y, en menor cuantía, sin una delimitación altitudinal tan clara, con caducifolios como el mostajo (*Sorbus aria*), el arce (*Acer monspessulanum*) en las umbrías y con aciculifolios xerófilos como el pino carrasco (*Pinus halepensis*) y el pino negral (*P. pinaster*) en las solanas, llegándose a mezclar con algarrobos (*Ceratonia siliqua*) y acebuches (*Olea europea* var. *sylvestris*).

Tres son los núcleos de población sobre los que se desarrollan estas comunidades forestales: dos en Málaga (Parque Natural Sierra de las Nieves y Paraje Natural de los Reales de Sierra Bermeja) y uno en Cádiz (Parque Natural Sierra de Grazalema).

En el Parque Natural Sierra de las Nieves, los pinsapares se desarrollan sobre calizas, preferiblemente en laderas noroccidentales (Sierra de las Nieves), aunque en la Sierra de Tolox también se encuentran formando pequeños bosquetes de menor extensión que ocupan barrancos y cañadas de orientación sudeste (Cañada del Cuervo, Cañada de Enmedio), así como zonas fuertemente pastoreadas (Cerros del Moro, de Abanto y de Alcojona). Dos pinsapares de especial valor ecológico y paisajístico son los de Parauta y Monte Bohornoque donde, sobre las calizas y micaesquistos de los extremos occidental y oriental del Parque, respectivamente, se puede encontrar pinsapos en mezcla íntima con pies de pino piñonero, pino negral, alcornoque, quejigo y encina, con un sotobosque denso y variado en matas y arbustos. En esta zona los pinsapares también tienen presencia en la Sierra Blanca de Marbella (sobre calizas y dolomías metamórficas cristalinas), en la vertiente norte de la Sierra del Alcor y, como pequeños rodales o pies aislados, en Sierra Hidalga (Ronda) y en la transición entre calizas y estratos silíceos de los términos de Istán y Monda (Cerro de Zanina, Arroyo de Gaimón, Desfiladero de Gaimones), en cuyos límites no es raro encontrar ejemplares jóvenes mezclados con alcornoque, encina y pino

negral, bajando hasta los 750 m.

El núcleo más importante de Sierra Bermeja se encuentra en el paraje de Los Reales existiendo, además, un pequeño enclave entre los términos de Genalguacil y Casares, en la vertiente norte de la sierra. En todas las localidades las condiciones del sustrato favorecen la presencia de un cortejo particular (*Saxifraga* sp., *Arenaria* sp., *Cistus populifolius*, *Daphne laureola*, *Rhamnus myrtifolius*, *Ulex baeticus*, *Erinacea anthyllis*) en contacto con los pinares de pino negral.

En el Parque gaditano se encuentra el pinsapar de la Sierra del Pinar, donde el pinsapo se desarrolla en masas con ejemplares jóvenes y vigorosos, especialmente abundantes en su vertiente norte sobre sustratos calizos. Otros rodales de menor importancia se localizan en las umbrías o vaguadas de Sierra de Zafalgar, Sierra del Endrinal, Sierra Margarita, Río Verde, etc. El sotobosque de estos pinsapares es muy escaso pero variado al estar constituido por especies afines a encinares, alcornocales y quejigares umbrosos como sabinas (*Juniperus phoenicea* y *J. sabina*), peonias (*Peonia broteroi*, *P. coriacea*), rusco (*Ruscus aculeatus*), rubia (*Rubia peregrina*), jacinto (*Hyacinthoides hispanica*), adelfilla (*Daphne laureola*) y diversas especies de helechos. Se han propuesto variedades españolas para el pinsapo (Soto, 1997 y 1998), aunque es poco frecuente su uso. Se han realizado estudios moleculares para la diferenciación genética de la especie (Martín *et al.*, 2009; Talavera *et al.*, 2010).

2. Materiales forestales de reproducción

2.1. Marco normativo. Identificación de los materiales de reproducción

El pinsapo está incluido en la normativa europea y española que regula la producción y comercialización del material forestal de reproducción. Las regiones de procedencia definidas para *A. pinsapo* han sido establecidas por el método aglomerativo (Martín *et al.*, 1998) (Fig. 3 y Tabla 1). Actualmente existen cinco fuentes semilleras correspondientes a estas tres regiones de procedencia (Tabla 2).

Los estudios de variabilidad de *A. pinsapo*, utilizando microsatélites, han mostrado que, para el conjunto de 34 haplotipos encontrados en el conjunto de las poblaciones bético-rifeñas, 12 son exclusivos o privados de esta especie. Las poblaciones de *A. pinsapo* muestran muy poca divergencia genética entre ellas (Talavera *et al.*, 2010).

El pinsapo se encuentra catalogado y protegido por diversas normas europeas, estatales y autonómicas (Tabla 3). Además, la mayor parte de los pinsapares se encuentran protegidos por la Ley 2/89, de 18 de julio de 1989, dentro del perímetro de los Parques Naturales de la Sierra de Grazalema (1984) y de la Sierra de Las Nieves (1989) y del Paraje Natural Los Reales de Sierra Bermeja (1989). Asimismo, el pinsapo ha sido incorporado en distintas listas rojas nacionales y autonómicas que, aunque carecen de valor legislativo, son la base para la elaboración y actualización de los distintos catálogos. En la Lista roja de la flora vascular de Andalucía aparece como “En peligro de extinción” y en la Lista Roja de la flora Vascular española queda recogido como “Vulnerable”.

Tabla 1. Descripción de las áreas con presencia de *Abies pinsapo* 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	65,4	1172	1769	498	1149	45	3	12,7	28,1	2,1	15,7	0	CMe(53) CMe(47)	
2	28,7	949	1456	552	1423	54	2,9	13,9	30,3	2,9	16,7	0	CMe(100)	
3	5,9	1148	1366	930	1225	35	3,2	13,3	26,9	4,7	15	0	CMe(100)	

En lo que se refiere a la normativa sobre sanidad vegetal, es de hacer constar que *A. pinsapo* está sometido a la reglamentación sobre pasaporte fitosanitario.



Figura 3. Distribución de *Abies pinsapo* y Regiones de Procedencia de sus materiales de reproducción. 1.- Ronda-Sierra de las Nieves. 2.- Grazalema-Sierra del Pinar. 3.- Sierra Bermeja (Alía *et al.*, 2009).

Tabla 2. Fuentes semilleras de *Abies pinsapo* incluidas en el catálogo español de materiales de base (consulta realizada en abril de 2012).

Región de procedencia	Provincia	Código	Nombre de localización	Término municipal
1. Ronda-S ^a de las Nieves	Málaga	FS-32/01/29/001 FS-32/01/29/002	El Pinar Montes de Parauta	Yunquera Parauta
2. Grazalema-S ^a del Pinar	Cádiz	FS-32/02/11/001	Grazalema	Grazalema y Zahara de la Sierra
3. S ^a Bermeja	Málaga	FS-32/03/29/001 FS-32/03/29/002	Sierra Bermeja Sierra Bermeja	Estepona Genalguacil

Tabla 3. Instrumentos de conservación que incluyen de manera explícita a *Abies pinsapo*.

Ámbito	Instrumento	Categoría
Andalucía	Ley 8/2003, de 28 de octubre, de la Flora y Fauna Silvestres Decreto 23/2012, de 14 de febrero, por el que se regula la conservación y el uso sostenible de la flora y la fauna silvestres y sus hábitats	En peligro de extinción (EN)
Europa	Directiva 92/43/CEE del Consejo de 21 de mayo de 1992, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres (traspuesta en la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad)	Hábitat natural de interés comunitario cuya conservación requiere la designación de zonas de especial conservación
Internacional	UICN	En peligro de extinción (EN)

2.2. Técnicas de manejo y propagación

2.2.1. Semillas

El periodo de recolección de los frutos suele ser muy corto dado que los conos se desintegran. La colecta se realiza a principios de otoño, entre la última semana de septiembre y la primera quincena de octubre (a veces segunda quincena de octubre), en función del estado de maduración de las piñas. Deben evitarse recolecciones muy tardías, pues en dicho caso la piña se desmenuza fácilmente al manipularla y los rendimientos se reducen notablemente. Se recomienda recolectar las semillas de un gran número de individuos, de distintas poblaciones, para obtener la mayor diversidad genética del lote de semillas. Los frutos se pueden recoger con pértigas, antes de que caigan del árbol (en pies no demasiado altos, ya que tal herramienta tiene una longitud limitada y es de difícil manejo desde el suelo), o mediante escalada al árbol, con las medidas de seguridad pertinentes (arnés, cuerda de seguridad y casco).

Una vez recolectados los frutos no conviene extraer la semilla de forma inmediata ya que debe dejarse un periodo de tiempo para completar la maduración de la semilla y evitar una baja viabilidad de la misma. El porcentaje de semillas vanas es bastante alto aunque está directamente relacionado con la densidad de ejemplares en el rodal. En general, los árboles que viven formando masas densas producen piñones con un alto porcentaje de viabilidad que, al germinar, originan plantas muy vigorosas. Por el contrario, los pinsapos que están más o menos aislados producen muy pocos piñones viables (debido a una polinización deficiente) que, además, originan plantas poco vigorosas debido a endogamia (Herrera *et al.*, 1999). Esto se debe tener en cuenta a la hora de la recogida, no colectando de pies aislados, sino de masas en las que pueda haberse producido una buena polinización.

La limpieza y extracción de la semilla debe hacerse pasados unos días desde la recolección. Se hará preferiblemente a mano, realizando un movimiento de torsión suave sobre la piña para que esta se desmenuce. Posteriormente, mediante cribado y aventado se separan las

semillas de las escamas y demás restos vegetales. La rotura de las bolsas de resina que cubren al piñón, durante la extracción o el desalado de las semillas, tiene un efecto muy negativo sobre la germinación de los embriones, por lo que se debe evitar por todos los medios o bien, desechar la semilla afectada. La no conveniencia del desalado dificulta la eliminación de las semillas vanas. Con los métodos de limpieza empleados, la pureza del lote puede ser muy elevada (>90%) (Tabla 4). Las semillas presentan un comportamiento ortodoxo, pues son tolerantes a la desecación. Una vez limpias y oreadas, se almacenan a 3-4 °C en cámara frigorífica hasta el momento de la siembra. Las semillas almacenadas bajo estas condiciones durante más de un año pierden gran parte de su viabilidad. La semilla de pinsapo presenta una germinación variable, no recomendándose el empleo de semillas de peso menor a 60 mg (Arista *et al.*, 1992; Arista, 1994 a). Los lotes de semillas de abeto raramente germinan más del 50%, debido a la presencia de letargo interno, a los daños que suelen sufrir durante su extracción y desalado y a los ataques de hongos e insectos (Catalán, 1985), además de la subsistencia de semillas vanas. Los tratamientos pregerminativos recomendados para esta especie son (Navarro Cerrillo y Gálvez, 2001; Edwards, 2008):

- Rehidratación de la semilla durante 24 horas, seguido de una estratificación fría a 3-5 °C, durante 21 días. Procedimiento general para el género *Abies*.
- Estratificación en arena húmeda durante 60 días a 2-5 °C.

La germinación de la semilla no estratificada y sembrada en primavera se inicia a los 10-30 días de siembra y continúa durante un periodo de tiempo considerable. Si la semilla ha sido tratada antes de su siembra (estratificación o expuesta al frío) su germinación es más rápida. Según las normas ISTA (2011), para el ensayo de germinación debe hacerse un doble test, sin estratificación y con estratificación fría previa a 3-5 °C durante 21 días. Las condiciones ambientales que establece del ensayo son: alternancia térmica (20-30

Tabla 4. Datos característicos de lotes de semillas de *Abies pinsapo*.

Rendimiento semilla/fruto (% en peso)	Pureza (%)	Facultad germinativa (%)	Nº semillas kg ⁻¹	Referencia
25	90	40-70	15.000-19.000-22.000	Catalán (1991)
	99,1 89-100	48,5 ⁽¹⁾ -59 ⁽²⁾ 40-55	17.500 10.810-15.714	Navarro-Cerrillo y Gálvez (2001)
10-14	90-98	40-60	14.000-17.000-22.000	CNRGF <i>El Serranillo</i> (Anexo III)
	(63-100)		(20.000-25.000)	Vivero Central JCyL (Anexo IV)

⁽¹⁾ Estratificación durante 30 días a 5 °C

⁽²⁾ Ensayo al tetrazolio

°C), fotoperiodo de 16-8 horas, sobre sustrato de papel y con una duración de 28 días. La Forestry Commission (2010), por su parte, propone que tal ensayo se realice a temperatura constante de 20 °C.

De germinación epigea, sus plántulas tienen hojas aciculares, largas, puntiagudas y algo reviradas en el ápice, de 3-4 cm (Navarro-Cerrillo y Gálvez, 2001).

2.2.2. Vegetativa

La especie no ha sido propagada vegetativamente. Los resultados obtenidos en la multiplicación vegetativa de especies del género *Abies* son muy irregulares, no habiéndose conseguido porcentajes de enraizamiento muy altos (Dirr y Heuser, 1987). Se han ensayado diferentes tratamientos con hormonas (ácido indolbutírico, 8.000 mg l⁻¹), que parecen mejorar el enraizamiento (Dirr y Heuser, 1987).

5. Producción de plantas

El pinsapo se cultiva principalmente en contenedor, siendo poco frecuente el cultivo de planta a raíz desnuda. La producción de plantas de pinsapo se hace mediante siembra. Dado la desigual germinación de la semilla se suele realizar la pregerminación en bandejas de siembra (semilleros), una vez aplicado el tratamiento pregerminativo. Las siembras se realizan a finales del invierno (febrero-marzo), en viveros que tengan condiciones invernales suaves, con semilla limpia, a una profundidad de 10-12 mm. También puede realizarse la siembra directa, con 2-3 semillas por alveolo, y proceder posteriormente al deshermanado de las plántulas. Se han obtenido porcentajes de germinación en vivero en torno al 60% para semillas correctamente tratadas y bajo condiciones de clima mesomediterráneo. La emergencia se produce a lo largo de la primavera, aunque en los semilleros puede prolongarse durante dos periodos de cultivo.

La planta tipo para trabajos de restauración forestal se cultiva en envases forestales de 400-500 cm³, a dos o tres (cuatro) savias, obteniéndose un tamaño final entre 5 y 10 cm de altura, con un sistema radical bien conformado (Fig. 4). Al ser una especie que puede utilizarse en trabajos especiales de restauración, en particular plantaciones de restauración de pinsapares o de enriquecimiento, puede recomendarse la producción de planta de mayor tamaño en envases de gran volumen, tipo maceta (3.500 cm³), o a raíz desnuda, para planta de tipo 1-1.

No es una especie exigente en cuanto a sustratos, por lo que se cultiva normalmente con formulaciones convencionales a partir de componentes orgánicos tipo turba rubia, turba de humus o fibra de coco (en volumen >75%) y algún componente inorgánico tipo perlita, vermiculita o arena de río (en volumen <25%). En algunos viveros se siguen utilizando, con buenos resultados, un sustrato compuesto por tierra vegetal (30% en volumen), arena fina (10-15% en volumen) y turba rubia mezclada con fibra de coco (40% y 20%, respectivamente). Los sustratos de turba fertilizada mezclada con bajas proporciones de un componente inerte, tierra o perlita, son los más adecuados, al aumentar el crecimiento y producir una planta más equilibrada. El empleo de un pequeño porcentaje de mantillo del pinsapar no parece producir, aparentemente, problemas patológicos induciendo, por el contrario, la presencia de micorrizas en el cepellón.

Como ocurre con otras muchas especies, no se dispone de formulaciones y dosis de fertilizantes propios para su cultivo, aunque se han estudiado los programas de cultivo más frecuentes utilizados para esta especie (Navarro-Cerrillo *et al.*, 2006 b). En la mayor parte de los viveros que producen pinsapo se tiende a 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 14-8-15 (8-9 meses) con dosis de 2,5 g l⁻¹ de sustrato. Una alternativa a este tipo de fertilizantes, 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. En el caso de prolongar el cultivo debería mantenerse un cierto control para asegurar los requerimientos nutricionales durante todo el periodo. Un estudio más completo de los programas de fertilización puede encontrarse en Navarro-Cerrillo *et al.* (2006 b), donde se propone una fertilización estándar, con un aporte total a lo largo del cultivo de 234 mg N, 255 mg P, 100 mg K, 8,1 mg Fe por planta o un programa con fertilización complementaria, donde se propone un aporte a lo largo del cultivo de 339 mg N, 307 mg P, 150 mg K, 8,1 mg Fe por planta.

Existen trabajos en donde se han definido valores orientativos para los atributos morfológicos, fisiológicos y de respuesta de brinzales de pinsapo, según el número de savias y las técnicas de cultivo (Navarro-Cerrillo *et al.*, 2006 b) (Tablas 5 y 6). Las plantas de altura inferior a 5 cm deberían rechazarse. La distribución de la biomasa entre la parte aérea y la raíz debe ser relativamente equilibrada, con valores de relaciones parte aérea-parte radical superiores a 1,5 (Navarro-Cerrillo *et al.*, 2006 b). Los criterios de calidad para planta en contenedor establecidos por la normativa estatal vigente (RD.289/2003, de 7 de marzo) determinan que los lotes de plantas estarán formados por, al menos, un 95% de plantas de calidad cabal y comercial. Ésta se determinará según unos criterios relativos a la conformación y estado sanitario, así como, a criterios de edad y dimensiones (la planta, de 3-6 savias, debe tener una altura comprendida entre la mitad y la totalidad de la altura del contenedor y un diámetro mínimo en el cuello de la raíz de 3,5 mm). El pinsapo es proclive a ataques fúngicos a su sistema radical provocados por *Phytophthora* sp. y *Cylindrocarpon* sp.

No se han encontrado trabajos relacionados con la micorrización de la especie, aunque ésta suele producirse de forma espontánea en los viveros.

4. Uso en repoblaciones y restauraciones

El fuego, el pastoreo, la extracción de madera y los incendios han sido las causas principales del deterioro del pinsapar convirtiéndose, en muchos lugares de su área de distribución actual, como una especie rara o inexistente, siendo sustituida por comunidades de matorral o por suelos desnudos. Esta situación comenzó a revertirse a partir de 1945 cuando el Estado compró el monte rondeño del Pinsapar. En 1955 el Patrimonio Forestal del Estado



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

Tabla 5. Valores de atributos morfológicos y fisiológicos (media \pm desviación típica, en su caso) de brinzales de *Abies pinsapo* producidos en el vivero de Cueva del Agua (T.M. de Yunquera, Málaga) según diferentes tratamientos de cultivo (Navarro-Cerrillo *et al.*, 2006 b).

Atributo	Control	Cultivo A	Cultivo B
Condiciones de cultivo			
Nº de savias	2	3	3
Sustrato (% en volumen)	30	30	30
Fertilización (mg planta ⁻¹)	N: 234 P: 255 K: 100 Fe: 8,1	N: 234 P: 255 K: 100 Fe: 8,1	N: 339 P: 307 K: 150 Fe: 8,1
Atributos morfológicos			
Altura (cm)	5,85 \pm 0,11	7,92 \pm 0,16	8,68 \pm 0,14
Diámetro del cuello de la raíz (mm)	2,71 \pm 0,04	4,38 \pm 0,10	4,71 \pm 0,10
Peso seco aéreo - PA (g)	0,49 \pm 0,03	1,42 \pm 0,06	1,86 \pm 0,03
Peso seco radical - PR (g)	0,90 \pm 0,05	2,01 \pm 0,05	2,66 \pm 0,09
Peso seco total (g)	1,39	34,3	4,52
PA/PR	0,54	0,70	0,69
Esbeltez (cm mm ⁻¹)	2,15	1,80	1,84
Atributos fisiológicos			
N foliar (mg g ⁻¹)	15,4 \pm 1,05	14,6 \pm 0,95	13,5 \pm 1,04
P foliar (mg g ⁻¹)	2,2 \pm 0,25	2,3 \pm 0,32	2,3 \pm 0,43
K foliar (mg g ⁻¹)	7,2 \pm 0,55	7,4 \pm 0,44	8,2 \pm 0,65
Carbohidratos en la raíz (mg g ⁻¹)	17,6 \pm 1,03	27,6 \pm 1,72	27,5 \pm 1,09
Atributos de respuesta			
PRR ⁽¹⁾ - número de raíces >1 cm de longitud	2,5 \pm 0,27	6,2 \pm 0,56	8,2 \pm 0,49

⁽¹⁾ PRR: potencial de regeneración radical

se hizo cargo de la administración directa, mediante consorcio con el Ayuntamiento, de los Montes de Parautay. Posteriormente, entre 1959 y 1961, se consorcio parte del monte El Pinar de Yunquera y los Montes de Tolox. En los años ochenta, la declaración de Parque Natural de Sierra de las Nieves y Parque Natural de Grazalema aumentó la protección de los pinsapares. En las últimas décadas el papel del ganado doméstico como factor limitante para la regeneración del pinsapo se ha reducido considerablemente, sobre todo, en los montes públicos y consorciados, Sierra del Pinar de Grazalema, Sierra de las Nieves. La mayor abundancia de herbívoros silvestres, como la cabra montés, supone, sin embargo, un elemento a tener en cuenta en la gestión futura de los pinsapares.

Un nuevo factor de riesgo sobre los pinsapares ha irrumpido en los últimos años: el cambio climático, que puede afectar seriamente a la dinámica de los pinsapares. Relacionado o no con los cambios en las condiciones generales del clima, en los últimos años un conjunto de agentes bióticos, insectos, hongos y otros patógenos, están afectando a la

Tabla 6. Valores de atributos morfológicos y de supervivencia (media \pm desviación típica) de plantas de *Abies pinsapo* según diferentes tratamientos de cultivo en vivero (Tabla 5) a los 4 años tras su plantación (1999-2003) en una parcela de control en Cueva del Agua (T.M. de Yunquera, Málaga).

Atributo	Cultivo control	Cultivo A	Cultivo B
Altura (cm)	29,85 \pm 1,33	37,64 \pm 1,34	38,14 \pm 1,79
Diámetro del cuello de la raíz (mm)	12,93 \pm 0,43	15,36 \pm 0,42	15,95 \pm 0,56
Crecimiento en altura (cm)	71,46 \pm 4,68	95,80 \pm 15,43	138,57 \pm 38,08
Crecimiento en diámetro del cuello de la raíz (mm)	21,10 \pm 1,33	23,62 \pm 2,04	26,93 \pm 1,71
Peso seco aéreo (g)	9,54 \pm 0,42	9,51 \pm 0,75	10,82 \pm 0,50
Supervivencia (%)	91,87 \pm 3,08	90,00 \pm 5,40	87,87 \pm 3,42

persistencia del pinsapar. Entre ellos, cabe destacar a los hongos *Armillaria mellea* (Valh. Ex Fr.) Kumm y *Heterobasidium annosum* (Fr.) Bref. y los insectos *Cryphalus numidicus* Eichhoff y *Dioryctria aulloi* Barbey (Navarro-Cerrillo y Calzado, 2004). Además de los agentes externos que afectan al pinsapar existen una serie de factores propios de la biología de la especie que repercuten de manera negativa en su regeneración natural, ya que afectan a distintas etapas de su ciclo de reproducción. En este contexto, el estado de conservación de los pinsapares es variable según su estado original, y la gestión que se ha podido realizar en cada uno de ellos, así como los esfuerzos por su conservación realizados en las últimas décadas.

Debido a la grave situación descrita, desde mediados del siglo XX comenzaron a tomarse medidas para paliar la elevada degradación del pinsapar, que amenazaba la desaparición de la especie (AFA, 1994). La restauración de los pinsapares se inició con medidas de gestión, en particular, la de suprimir, total o parcialmente, los factores que dificultaban los procesos de regeneración natural. Actuaciones como el acotado de zonas al pastoreo, la eliminación del aprovechamiento maderero y del carboneo jugaron un papel fundamental en las primeras etapas del proceso restaurador (Álvarez Calvente, 1994 y 2001). Estas actuaciones junto con el abandono de zonas de cultivos en linderos de montes, dio lugar a una amplia recuperación y rejuvenecimiento de las masas, mostrando una rápida recuperación de muchas zonas. Es importante destacar el efecto que la defensa legal y forestal desarrollada por el Patrimonio Forestal del Estado, mediante la compra e inclusión en el Catálogo de Montes de Utilidad Pública, tuvo en la conservación y restauración del pinsapar, sin las cuales posiblemente hoy no podríamos disfrutar de estos bosques en el estado en que se encuentran.

En la década de los 60 y 70 del pasado siglo, la actividad hidrológico-forestal determinaba la política de repoblaciones, en particular, en las cuencas del Sur y, de manera muy importante, en la provincia de Málaga, dada la fuerte torrencialidad de sus cuencas y la proximidad de los núcleos de población. En numerosos montes que habían tenido presencia histórica de

pinsapo se iniciaron repoblaciones con objetivo protector, utilizando diferentes especies de pinos, *Pinus halepensis* y *P. pinaster* principalmente, y, en menor medida, *P. nigra*. La importancia de estas actuaciones en los procesos de restauración del pinsapar no ha sido estudiada con suficiente profundidad aunque, posiblemente, han representado la actividad restauradora más importante para esta especie. El efecto combinado del arbolado, con el acotamiento de las zonas reforestadas, hizo patente una espectacular autoregeneración, ya que muchos de los pinsapos que habían permanecido bajo el matorral, a salvo del diente del ganado, empezaron a aflorar, contándose crecimientos anuales entre 50 y 75 cm de altura. En una segunda etapa se procedió al establecimiento de pinsapos en las zonas de calveros. Debido a la inexperiencia en repoblaciones específicas con pinsapo se recurrió a diferentes métodos, como fue la colocación de piñas enteras al abrigo del matorral, obteniéndose una supervivencia aproximada del 10%, así como a la siembra tradicional con piñón, que dio una supervivencia algo mayor, del orden del 20%. En una tercera etapa repobladora, ya en los años 70, se instaló el primer vivero forestal destinado a la producción de planta de pinsapo, siendo a partir del año 1974 cuando las primeras plantas son llevadas al terreno. El procedimiento de preparación del terreno era muy somero, mediante la apertura de hoyo manual, de dimensiones de 40 x 40 x 40 cm, o por fajas continuas hechas a mano o con arado monosurco de tracción animal. La plantación se realizaba con brinzales de dos savias, con cepellón, cultivados en bolsas de polietileno, a una densidad entre 1.200 y 1.500 pies ha⁻¹. Las plantas a raíz desnuda se reservaban para los rodales más favorables. En estas condiciones, el porcentaje de marras obtenido era bajo, ≈20%, según la información aportada por algunos de los ingenieros responsables de aquellos trabajos (Álvarez Calvente, 1994). Por el contrario, en los terrenos más pobres y menos profundos, el porcentaje de marras llegaba al 70%. La posibilidad de aumentar la intensidad de las preparaciones, mediante el uso de subsolado, permitió reducir el porcentaje de marras en estas zonas, favoreciendo también la regeneración natural a partir de semillas procedentes de árboles cercanos. Una práctica habitual era mantener el matorral circundante para proteger a la planta de la insolación, aunque los resultados de esta práctica no fueron evaluados. Ocasionalmente, se procedió a algunos cuidados culturales como escardas o incluso algún riego en verano.

Ya más recientemente, la Junta de Andalucía inició algunos trabajos de repoblación forestal con esta especie, tanto en el Parque Natural de Grazalema como en el Parque Natural de Sierra de las Nieves (Navarro-Cerrillo *et al.*, 2011 b). Estas actividades se enmarcan en el Plan de Restauración de *A. pinsapo*, mediante actuaciones dirigidas a fomentar la regeneración, utilizando áreas de exclusión de herbívoros, plantaciones y siembras, así como defensa contra incendios.

Las técnicas de repoblación en áreas de pinsapar han cambiado mucho en los últimos años. Se han abandonado las repoblaciones de carácter genérico protector con especies pioneras y progresivamente se ha procedido al establecimiento de especies de mayores niveles de madurez. Las repoblaciones de pinsapo se han restringido a situaciones muy favorables, umbrías de suelos profundos, como las realizadas en algunas vaguadas como “Breña Oscura” en Cortes de la Frontera, “Caña del Tiburcio” en Montejaque, Navazos de Líbar y Hoyo Quejigos en Villaluenga del Rosario, procurando buscar la protección de la cubierta de encinares y quejigales. La evaluación del crecimiento y supervivencia de estas plantas es necesaria para analizar la idoneidad o no de la cubierta arbórea en

las repoblaciones de pinsapo. Se trata de un tipo de repoblación cercana al concepto de restauración ecológica, con la aplicación de numerosos cuidados culturales, como son los riegos puntuales, el uso de tubos protectores, de *mulchs* y de vallas de exclusión. La repoblación, por tanto, se considera como una solución aceptable para la restauración de las masas de pinsapo que han sido afectadas por incendios forestales y en zonas degradadas con antigua presencia de pinsapo, donde es difícil lograr una buena regeneración natural. Puede, también, considerarse la posibilidad de introducir variabilidad genética en zonas aisladas donde, a causa de la autofecundación existente, los individuos presentan una mayor proximidad genética.

Las zonas de umbría y con suelos profundos, gracias a su mayor disponibilidad de agua, suelen ser las que mejor reaccionan al tratamiento de revegetación con esta especie. 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, y mosaico dendriforme en vaguadas, lomas y red de drenaje. Las plantaciones de pinsapo pueden mezclarse, formando pequeños rodales, con especies arbóreas como el pino marítimo, el pino carrasco, el quejigo y, en menor medida, la encina o el alcornoque, siempre que esto sea posible. Las actuaciones de restauración tendrán lugar preferentemente en suelos de buena calidad, evitando los suelos inmaduros, en ladera. El pinsapo se considera que puede ser una especie 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. Especies como *Acer granatense*, *Taxus baccata*, *Juniperus oxycedrus*, *Q. faginea* var. *alpestris*, etc.
- Restauración de áreas afectadas por incendios, por ejemplo el pinsapar de Tolox, Sierra de Istan, etc.
- Diversificación de vegetación en masas forestales con baja madurez, favoreciendo los procesos de restauración de vegetación y la densificación de cubiertas, repoblaciones de *Pinus halepensis* y *P. pinaster*. Lo anterior es particularmente importante en las repoblaciones en zonas de media montaña mediterránea, donde el pinsapo ya aparece en el subpiso de forma natural y donde contribuye a formar mosaicos de vegetación que tienen una función crucial en la recuperación de su flora y fauna.

5. Planificación de la repoblación

El método de establecimiento del pinsapo, en trabajos de restauración, ha sido la plantación. No obstante, en algunos casos se ha recomendado la siembra debido a la falta de crecimiento apical de las plántulas los primeros años y la rápida recuperación de la altura de los pies procedentes de semilla frente a los de planta. Los resultados en cuanto a supervivencia muestran una clara diferencia entre métodos de repoblación, siendo más recomendable la plantación (Navarro-Cerrillo *et al.*, 2011 b) (Tabla 7). La plantación se realiza de forma manual y la siembra se realiza por golpes, colocando entre 2 y 4 semillas

por hoyo. En el caso de plantaciones en el ámbito forestal, donde las posibilidades de cuidados culturales son muy limitadas, la plantación debe hacerse en otoño, aunque puede ampliarse el periodo de establecimiento (preferiblemente no más tarde de febrero), siempre que las condiciones lo aconsejen (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 de la repoblación vendrán determinadas por el objetivo y las condiciones de establecimiento, pudiéndose utilizar planta de dos o tres savias en contenedor forestal o planta de más de tres savias en envase de gran volumen. El establecimiento de pinsapo ha mostrado tener numerosas dificultades. Las condiciones limitantes de los terrenos objeto de la restauración y la propia ecología de la especie, dan lugar a valores bajos de supervivencia y a una falta de crecimiento (Tabla 7).

Tabla 7. Valores de supervivencia y crecimiento (media \pm desviación típica) de plantas de *Abies pinsapo* a los 12 meses (08/05 - 06/06) en Cerro Corona (S^a de las Nieves), según el método de repoblación y la aplicación de riego.

Atributo	Plantación-Riego	Plantación-No riego	Siembra-Riego	Siembra-No riego
Supervivencia (%)	86,84 \pm 3,90	68,18 \pm 4,46	58,67 \pm 5,72	34,95 \pm 4,72
Crecimiento en altura (cm)	4,87 \pm 0,40	3,93 \pm 0,35	3,52 \pm 0,24	3,65 \pm 0,35
Crecimiento en diámetro del cuello de la raíz (mm)	0,97 \pm 0,11	0,89 \pm 0,08	0,34 \pm 0,04	0,34 \pm 0,04

Las labores más frecuentes para la eliminación de la vegetación existente consisten en el desbroce manual con motodesbrozadora o en el desbroce mecanizado, dadas las características de las zonas de restauración y del objetivo protector de las repoblaciones. En muchos casos se ha procedido a desbroces selectivos, con el fin de aprovechar el efecto facilitador de las especies de matorral. Los procedimientos de preparación utilizados en el establecimiento del pinsapo vienen condicionados por los tipos de trabajos de restauración mencionados previamente, por lo que lo más frecuente es el ahoyado, preferiblemente mecanizado. Los procedimientos mecanizados, como los subsolados, se justifican sólo en casos con poca vegetación y en laderas de escasa pendiente (zonas incendiadas) (Fig. 5). La intensidad de estas actuaciones será muy diferente según las características del medio a repoblar, pero siempre es recomendable que sean de una cierta intensidad. Así, 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 siempre que sea posible se recurrirá a preparaciones mecanizadas con baja densidad.
- 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. La elección del lugar de plantación irá adecuándose a los microhábitats mejores para la especie.

La densidad de plantación varía según el tipo de repoblación, aunque en todos los casos se debe conseguir formaciones constituidas por un mínimo de pies. No obstante, el pinsapo suele beneficiarse de una cierta protección, por lo que parece más conveniente la repoblación por golpes, agrupada en las localizaciones más favorables, dejando sin repoblar las zonas con más dificultad. En las partes bajas de la ladera, en los suelos profundos, pueden emplearse densidades elevadas, en torno a 1.000 pies ha⁻¹, que irán disminuyendo progresivamente hacia las partes altas y zonas convexas, que se dejarían para otras especies menos exigentes y donde el pinsapo puede aparecer como especie acompañante, hasta una cifra de menos de 100 pies ha⁻¹. La estructura creada conseguirá proporcionar una matriz de vegetación más compleja y, al ser moderada la competencia, las plantas alcanzan una mayor supervivencia.

Los cuidados culturales recomendados para los trabajos de repoblación de pinsapo son el uso de mallas de sombreo y los riegos de establecimiento (Navarro-Cerrillo *et al.*, 2011 b). En términos prácticos, y en parte para compensar el estrés asociado al establecimiento, se han realizado ensayos con mallas plásticas de color negro (Fig. 5), que además de la protección física que aportan a la semilla o a la planta mejoran sus expectativas de arraigo y crecimiento en altura. Igualmente, se ha ensayado el uso de riegos de establecimiento (Navarro-Cerrillo *et al.*, 2011 b), lo cual estaría justificado en las estaciones más limitantes para su desarrollo o cuando se realizan trabajos de plantación en condiciones especiales. En estas estaciones convendría realizar un riego de implantación, si las condiciones en



Figura 5. Repoblación de *Abies pinsapo* en el pinsapar de Tolox, Parque Natural de Sierra de las Nieves. Plantación de dos años con plantas de tres savias (alveolo de 400 cm³ y 8,3 cm de altura), con malla de sombra y riego de establecimiento (Foto: R.M. Navarro Cerrillo).

el momento de la siembra o plantación son desfavorables, y riegos de mantenimiento durante el primer verano, de 3 a 4 riegos abundantes. Los resultados experimentales sobre la utilización del riego en plantaciones han puesto de manifiesto la influencia positiva que el mismo tiene en el crecimiento y en la supervivencia de la planta siendo, por tanto, una alternativa a tener en cuenta en las repoblaciones de pinsapo en condiciones especiales (Tabla 7, Fig. 5) (Navarro-Cerrillo *et al.* 2011 b).

En repoblaciones en zonas accesibles, enriquecimiento de repoblaciones, áreas de recreo, etc., se han realizado trabajos de control de la competencia, aunque en general no son necesarios, siendo más importantes el mantenimiento de las mallas de sombreado o la protección contra la herbivoría. Recientemente se han realizado algunos trabajos sobre la dinámica de la regeneración natural en masas artificiales con presencia de pinsapo (Salmoral *et al.*, 2008; Navarro-Cerrillo *et al.*, 2011 b), en particular, se han estudiado los procesos de regeneración de pinsapo bajo la cubierta de pinares de repoblación. El monte objeto de estudio, el Pinar de Yunquera en la Sierra de las Nieves, presenta un dosel dominado principalmente por *Pinus halepensis*, *P. pinaster* y *A. pinsapo*. Ambos pinos dominan claramente sobre el resto de las especies, por ser las especies principales de la repoblación, exceptuando en aquellas zonas de pinsapar y sabinar que no fueron repobladas. Se ha interpretado la relación entre los mapas de estimaciones del regenerado y la distribución actual de las especies en sus zonas de expansión para especies como el pinsapo, la encina, el quejigo o la sabina (Navarro-Cerrillo *et al.*, 2011 b). El regenerado de pinsapo muestra una significativa predilección por la zona de umbría, con muy escasa presencia en el resto del monte. Los mapas de distribución espacial del regenerado de diferentes especies en este tipo de formaciones son muy importantes para una correcta planificación de la silvicultura orientada a la transformación de estos montes hacia masas de mayor naturalidad. La planificación selvícola debe considerar la densidad del regenerado y la distribución espacial de las especies principales, por lo que en cada rodal se deben regular las intervenciones sobre el dosel para potenciar el establecimiento y desarrollo del pinsapo.

6. Bibliografía

- AFA (Asociación Forestal de Andalucía), 1994. Gestión y conservación de los pinsapares andaluces. Monografías Forestales. Asociación Forestal de Andalucía, Cádiz.
- 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. 65-68.
- ÁLVAREZ CALVENTE M., 1994. Los pinsapares malagueños en el recuerdo. En: Gestión y conservación de los pinsapares andaluces. (Cueto Álvarez de Sotomayor M., Sánchez García J.M., eds.). Monografías forestales andaluzas. Asociación Forestal Andaluza. pp. 77-90.
- ÁLVAREZ CALVENTE M., 2001. Paisaje Forestal Andaluz. Ayer y hoy. Consejería de Medio Ambiente-Junta de Andalucía, IBERSILVA, Sevilla.
- AMARAL FRANCO J., 1986. *Abies* Mill. 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. 165-167.
- APARICIO A., SILVESTRE S., 1987. Flora del Parque Natural Sierra de Grazalema. Junta de Andalucía. Sevilla.

- ARISTA M., 1994 a. Germinación de las semillas y supervivencia de las plántulas de *Abies pinsapo* Boiss. Acta Bot. Malacitana 18, 173-177.
- ARISTA M., 1994 b. Supervivencia de las plántulas de *Abies pinsapo* Boiss. en su hábitat natural. Anal. Jard. Bot. Madrid 51, 155-158.
- ARISTA M., TALAVERA S., 1994 a. Ontogeny and anatomy of the reproductive phase of *Abies pinsapo* Boiss. (*Pinaceae*). Bot. J. Linn. Soc. 116, 223-234.
- ARISTA M., TALAVERA S., 1994 b. Pollen dispersal capacity and pollen viability of *Abies pinsapo* Boiss. Silvae Genet. 43, 155-158.
- ARISTA M., TALAVERA S., 1995. Producción de piñas y ciclos de cosecha en *Abies pinsapo* Boiss. Anal. Jard. Bot. Madrid 53, 5-12.
- ARISTA M., TALAVERA S., 1997. Genderexpression in *Abies pinsapo* Boiss. a Mediterraneanfir. Ann. Bot. 79 (3), 337-342.
- ARISTA M., TALAVERA S., HERRERA J., 1992. Viabilidad y germinación de las semillas de *Abies pinsapo* Boiss. Acta Bot. Malacitana 17, 223-228.
- ARISTA M., HERRERA F.J., TALAVERA S., 1997. Biología del pinsapo. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía, Sevilla.
- ARISTA M., ORTIZ P., TALAVERA S., NARBONA E., COCA M., 2010. Acercamiento a los aspectos reproductivos que condicionan la expansión del pinsapo en la Serranía de Grazalema. En: Los pinsapares (*Abies pinsapo* Boiss.) en Andalucía: conservación y sostenibilidad en el siglo XXI. (López Quintanilla J.L., ed.). Junta de Andalucía, Sevilla (en prensa).
- ASENSI A., RIVAS-MARTINEZ S., 1976. Contribución al conocimiento fitosociológico de los pinsapares de la Serranía de Ronda Anal. Inst. Bot. Cavanilles 32, 1245-1289.
- ASENSI A., DÍAZ B., 1987. Andalucía occidental. En: La vegetación de España. (Martínez Parras J.M., Peinado J.M., eds.). Universidad de Alcalá de Henares, Madrid. pp. 197-230.
- AUSSENAC G., 2002. Ecology and ecophysiology of circun- Mediterranean firs in the context of climate change. Ann.For.Sci. 59, 823-832.
- BECERRA M., 2006. Ordenación y aprovechamiento de los pinsapares rondeños durante el siglo XIX. La memoria de Antonio Láynez. Ed. La Serranía, Ronda.
- 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. 345-356.
- BOISSIER C.E., 1839. Voyage botanique dans le midi de l 'Espagne pendant le année 1837. Gide et Cie. Paris. Versión castellana en C.E. Boissier. Viaje botánico al sur de España durante el año 1837. Ed. Facsímil (1995), Fundación Caja de Ahorros de Granada. Universidad de Málaga. Granada.
- BON i TORT A., 1974. Los pinsapos de la Serranía de Ronda. Caja de Ahorros de Ronda. Málaga.
- 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. 113-115.
- CEBALLOS L., 1966. Mapa forestal de España. Escala 1:400.000. Ministerio de Agricultura. Madrid.
- CEBALLOS L., MARTÍN-BOLAÑOS M., 1928. El pinsapo y el abeto de Marruecos. Servicio Forestal de Investigaciones y Experiencias. Instituto Nacional de Investigaciones y Experiencias Agronómicas y Forestales, 8, 47-101.
- CEBALLOS L., MARTÍN-BOLAÑOS M., 1929. Notas botánicas sobre algunos aspectos de la flora forestal de Cádiz. Servicio Forestal de Investigaciones y Experiencias. Instituto Nacional de Investigaciones y Experiencias Agronómicas y Forestales (3), 85- 94.

- CEBALLOS L., MARTÍN BOLAÑOS M., 1930. Estudio sobre la vegetación forestal de la provincia de Cádiz. Bol. Inst. Forest. Invest. Exp. Madrid, Ed.Facsímil, Consejería de Medio Ambiente, AFA, Sociedad Malagueña de Ciencias.
- CEBALLOS L., VICIOSO C., 1933. Estudio sobre la vegetación y la flora forestal de la provincia de Málaga. Bol. Inst. Forest. Invest. Exp. Madrid. Ed.Facsímil, Sociedad Malagueña de Ciencias.
- CUATRECASAS J., 1930. Una visita al pinsapar de la Sierra de las Nieves. Butlleti del Institut Catalana de Historia Natural.
- DIRR M.A., HEUSER C.W., 1987. The reference manual of woody plant propagation. From seed to culture. Varsity Press, Athens, Georgia, USA.
- EDWARDS D.E., 2008. *Abies* P. Mill. 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. 149-198.
- FERNÁNDEZ CANCIO A., NAVARRO CERRILLO R.M., FERNÁNDEZ FERNÁNDEZ R., GIL HERNÁNDEZ P., MANRIQUE MENÉNDEZ E., CALZADO MARTÍNEZ C., 2007. Climate classification of *Abies pinsapo* Boiss. forests in Southern Spain. Invest. Agr.: Sist. Recur. For. 16(3), 222-229.
- FONT QUER P., 1954. La vegetación. En: Geografía de España y Portugal. Tomo II. (Terán M., ed.). Montaner y Simón. Barcelona. pp. 145-271.
- 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]
- GONZALO J., GARCÍA J.M., ALLUÉ C., 2004. Potencialidades y adecuaciones fitoclimáticas de *Abies pinsapo* Boiss. en España. Montes 77, 24-32.
- HERRERA J., ARISTA M., TALAVERA S., 1999. *Abies pinsapo* Boiss. En: Libro Rojo de la flora silvestre amenazada de Andalucía. Tomo I. Especies en peligro de extinción. (Blanca G., ed.). Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía. pp 34-38.
- ISTA (International Seed Testing Association), 2011. International rules for seed testing. Edition 2011. ISTA, Bassersdorf, Switzerland.
- LAGUNA M., 1883. Flora Forestal Española. Imprenta Nacional del Colegio de sordomudos y ciegos. Madrid. Tomo I. Edición Facsímil (1993). Xunta de Galicia, Conselleria de Agricultura, Ganadería y Montes. pp. 35-44.
- LAZA PALACIOS M., 1935. Algunas observaciones geobotánicas en la Serranía de Ronda. Bol. Soc. Esp. Hist. Nat. 36, 39-46.
- LINARES J.C., CARREIRA J., 2006. El pinsapo, abeto endémico andaluz. O, ¿Qué hace un tipo como tú en un sitio como éste? Ecosistemas 15(3), 171-191.
- MARTÍN S., DÍAZ-FERNÁNDEZ P., DE MIGUEL J., 1998. Regiones de procedencia de especies forestales españolas: género *Abies*, *Fagus*, *Pinus* y *Quercus*. Organismo Autónomo Parques Nacionales, Madrid.
- MARTÍN CUEVAS M.A., MARTÍN MARTIN L.M., ÁLVAREZ CABELLO J.B., 2009. Diversidad genética en poblaciones de *Abies pinsapo* mediante el empleo de las proteínas de reserva del megagametofito. 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., CALZADO C., 2004. Establecimiento de una red de equilibrios biológicos en ecosistemas con presencia de pinsapo (*Abies pinsapo* Boiss.) en Andalucía. Pirineos 158-159, 10-25.
- NAVARRO CERRILLO R.M., GÁLVEZ C., 2001. Manual para la identificación y reproducción de semillas de especies vegetales autóctonas de Andalucía. Tomo I. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, Córdoba. pp. 55-58.
- NAVARRO CERRILLO R.M., LARA FERNÁNDEZ A., BLANCO OYONARTE P., CALZADO MARTÍNEZ C., LÓPEZ QUINTANILLA J., FERNÁNDEZ CANCIO A., GUZMÁN ÁLVAREZ J.R., SÁNCHEZ SALGUERO R., 2006 a. Aproximación a la definición del hábitat fisiográfico del *Abies pinsapo* Boiss. en Andalucía. Invest. Agr.: Sist. Recur. For. Fuera de serie, 137-152.

- NAVARRO CERRILLO R.M., RETAMOSA M.J., LOPEZ J., del CAMPO A., SALMORAL L., 2006 b. Nursery practices and field performance for the endangered Mediterranean species *Abies pinsapo* Boiss. *Ecol. Eng.* 27, 93-99.
- NAVARRO CERRILLO R.M., GUZMÁN J.R., LÓPEZ QUINTANILLA J., SÁNCHEZ SALGUERO R., MORENO J., SALMORAL G., 2011 a. Restauración de pinsapares en Andalucía. En: Los pinsapares (*Abies pinsapo* Boiss.) en Andalucía: conservación y sostenibilidad en el siglo XXI. (López Quintanilla J.L., ed.). Junta de Andalucía, Sevilla (en prensa).
- NAVARRO CERRILLO R.M., LÓPEZ QUINTANILLA J., BLANCO OYONARTE P., SÁNCHEZ SALGUERO R., GUZMÁN ÁLVAREZ J.R., CALZADO MARTÍNEZ C., LARA A., 2011 b. Distribución actual y potencial de pinsapo (*Abies pinsapo* Boiss.). En: Los pinsapares (*Abies pinsapo* Boiss.) en Andalucía: conservación y sostenibilidad en el siglo XXI. (López Quintanilla J.L., ed.). Junta de Andalucía, Sevilla (en prensa).
- PICHER MORELLO M.N., CAMPOS FUSTER E., VENTINILLA ANTÓN P., 2010. Datos de caracterización de lotes de semillas del Banc de Llavors Forestals. Generalitat Valenciana, Laboratorio de semillas-CIEF, Valencia. Documento no publicado.
- RUIZ DE LA TORRE J., 2006. Flora Mayor. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Dirección General para la Biodiversidad, Madrid. pp. 107-116.
- SALMORAL G., NAVARRO-CERRILLO R.M., GUZMAN ALVAREZ J.R., 2008. Evaluación de los trabajos de repoblación para favorecer la restauración del pinsapar de la Sierra de las Nieves (1960-2007). *Cuad. Soc. Esp. Cienc. For.* 28, 95-102.
- SERICHOL C., LINARES J.C., VIÑEGLA B., COVELO F., MERINO J.A., CARREIRA J.A., 2011. La Ecofisiología del pinsapo. Procesos fisiológicos que subyacen a las observaciones ecológicas. En: Los pinsapares (*Abies pinsapo* Boiss.) en Andalucía: conservación y sostenibilidad en el siglo XXI. (López Quintanilla J.L., ed.). Junta de Andalucía, Sevilla (en prensa).
- SOTO GARCÍA D., 1997. Marcador filogenético del género *Abies*. *Ensayos parciales. Ecología* 11, 255-276.
- SOTO GARCÍA D., 1998. Razas y variedades de *Abies pinsapo*. *Ecología* 12, 225-236.
- SOTO GARCIA D., 2006. Núcleos residuales de pinsapo perdidos en Andalucía en el siglo XX. *Invest. Agr.: Sist. Recur. For. Fuera de Serie*, 79-86.
- TALAVERA S., TERRAB A., ARISTA M., 2011. Diferenciación genética de *Abies pinsapo*. En: Los pinsapares (*Abies pinsapo* Boiss.) en Andalucía: conservación y sostenibilidad en el siglo XXI. (López Quintanilla J.L., ed.). Junta de Andalucía, Sevilla (en prensa).
- VALLE F. (coord.), 2003. Mapa de Series de Vegetación de Andalucía. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía - Ed. Rueda, Sevilla.
- WILLKOMM M., 1873. Las Sierras de Granada. Ed. Facsímil (1993), Caja General de Ahorros de Granada, Granada.

Acer campestre L.

Arce, moscón escarro, ácere blando, sácere, rompecaldera (Rioja), acirón, escarrón (Pirineo aragonés), samapul, amapolo (Liébana), azcarro (Álava); *cat.*: oró, euró; *eusk.*: askar, astigar

Rafael M^a NAVARRO CERRILLO, Nieves HERRERO SIERRA

1. Descripción

1.1 Morfología

El moscón es una especie del género *Acer*, familia *Aceraceae*. Árbol de talla mediana que puede alcanzar los 18-20 m, presenta un tronco de corteza gris-castaño, corchosa, tornándose escamosa y fisurada con los años. Copa aovado-redondeada muy poblada que sombrea densamente el suelo. Las ramas extendidas, su corteza rosada de joven, apostillada y frágil, es muy típica de esta especie (Ruiz de la Torre, 2006). Sus brotes son flexibles, rojizos y con un jugo blanco-lechoso. Sus yemas, con escamas foliáceas, son verdes en la base y pardas en el vértice.

Las hojas son caducas, simples, de 10-12 x 10-12 cm, largamente pecioladas sin estípulas, opuestas, palmeado-lobuladas o palmeado-hendidadas con cinco lóbulos desiguales, profundos y obtusos (dos o tres), dentados; los dos exteriores a veces poco marcados, muy reducidos o incluso ausentes, algo pubescentes al desarrollarse, luego lampiñas y verdes en las dos caras (Ruiz de la Torre, 2006). Pecíolo de 8-10 cm de longitud, con látex.

1.2. Biología reproductiva

Las flores son casi siempre polígamo-dioicas, algunas vez unisexuales y generalmente se desarrollan de forma coetánea con las hojas. Flores de tamaño pequeño y color amarillo-verdoso, dispuestas en inflorescencias corimbiformes, subsentadas, con pedúnculos algo pilosos, erguidas (Ruiz de la Torre, 2006). La corola tiene cinco pétalos alternos con los lóbulos del cáliz y ocho estambres insertos en un disco anular carnoso. Ovario bicarpelar, con dos lóculos biovulados (López González, 1982; Ruiz de la Torre, 2006). La antesis tiene lugar inmediatamente después de que broten las hojas, entre marzo y abril, produciéndose la formación de las yemas florales y la floración entre mediados de marzo y finales de abril. Especie alógama, la polinización es entomófila, existiendo escasa información sobre los polinizadores, aunque posiblemente coincidan con los vectores de otras especies del género *Acer* (Hymenoptera: *Andrenidae*, *Apidae* y *Diptera*) (Chambers, 1968).

Fruto pequeño, en doble sámara, con aquenios poco inflados y alas opuestas membranosas, que se estrechan poco en la base y son muy divergentes, formando un ángulo próximo a los 180 grados (López González, 1982; Ruiz de la Torre, 2006) (Fig. 1). El eje hipocótilo-radícula es alargado y ocupa gran parte del extremo inferior de la semilla, con la radícula

orientada hacia la parte distal del ala (Zasada y Strong, 1974). El peso de 1.000 frutos es de 66 g de media. Como en otros representantes de este género, el porcentaje de semilla llena es variable en cada temporada (vanas o vacías entre el 15 y 25%), debido a la presencia de semillas abortadas y frutos partenocárpicos, así como a la depredación por insectos y fauna.

La formación del fruto abarca desde abril hasta septiembre, terminando de madurar las sámaras en octubre (Gleiser *et al.*, 2004). La producción de frutos oscila de un año a otro, alternándose las buenas cosechas con otras muy escasas (García-Fayos, 2001). La diseminación, por el viento, tiene lugar desde finales del verano hasta octubre. Sin embargo, algunos frutos permanecen en el árbol incluso hasta el siguiente periodo reproductivo. La distribución de semillas y de plántulas de *Acer campestre* es muy agregada en el espacio, a pesar de su carácter anemócoro, concentrándose la mayor parte de las semillas debajo de los árboles madre. La emergencia y supervivencia de las plántulas viene condicionada por las diferencias entre microhábitats, siendo más frecuente en aquellos sombreados, al igual que ocurre con *A. opalus* (Quero *et al.*, 2008). Los brinzales crecen rápidamente durante los tres primeros años de vida, retrasándose luego su desarrollo. Las principales fases que limitan el establecimiento natural de brinzales son la baja viabilidad de las semillas y la supervivencia de plántulas durante los primeros años.



Figura 1. Frutos de *Acer campestre*
(Foto: C. Cardo).



Figura 2. Semillas de *Acer campestre*.

1.3 Distribución y ecología

Se distribuye naturalmente por la mayor parte de Europa, Argelia, Cáucaso, Asia Menor, Persia, sur de Siberia, Mongolia y Turkestán (Ruiz de la Torre, 2006). En la Península Ibérica es abundante en la mitad norte, siendo más frecuente en el este, Castilla y Cantabria calcárea, en general, Pirineo, Prepirineo y las montañas del noreste próximas al mediterráneo hasta la Sierra de Guadarrama y la Serranía de Cuenca (Bolòs y Montserrat, 1983; Romo, 1987; Ruiz de la Torre, 2006). Raro en Extremadura y Andalucía. Propia de sotos, bosques y gargantas de los ríos en los pisos bajo y montano, hasta unos 1.200 m.

Se encuentra en zonas de montaña en los pisos meso y supramediterráneo entre los 600-1.200 (1.600) m. Habita en suelos profundos, aunque puede vivir en suelos pedregosos. Es indiferente en cuanto a la naturaleza del suelo, aunque prefiere los calizos, preferentemente

en lugares frescos, donde la existencia de condiciones microclimáticas aminoran los efectos del clima circundante. Los rangos óptimos para la especie son: temperatura media anual entre 6,8 y 11,9 °C; temperatura media de las mínimas del mes más frío entre -4,1 y 0,9 °C; temperatura media de las máximas del mes más cálido entre 21,6 y 27,9 °C; precipitación anual media entre 710 y 1.550 mm; precipitación estival media entre 110 y 350 mm (Anexo I).

El moscón es una especie que requiere zonas con cierta compensación hídrica, bien por crecer bajo el dosel de otras especies, lo que crea un ambiente lumínico adecuado, o por su carácter rupícola o galerícola (Eliás, 1979). Es una especie que presenta una baja conductancia hidráulica y una vulnerabilidad media al embolismo (Burghardt y Riederer, 2003).

Acer campestre es una especie propia de las orlas arbustivas, presentándose en numerosos tipos de bosques de la Península Ibérica. Forma rodales más o menos monoespecíficos o aparece disperso en bosques de coníferas de montaña (*Pinus pinaster*, *P. nigra*, *P. sylvestris*), enclaves dominados por especies caducifolias mesófilas y subesclerófilas (*Q. faginea*, *Q. pyrenaica*, *Q. pubescens*, *Q. robur*, *Q. petraea*), bosques de montaña (*Acer* spp., *Sorbus aria*, *S. aucuparia*, *S. torminalis*) y en zonas de vegetación glicohidrófila (*Fraxinus excelsior*, *Tilia platyphyllos*, *T. cordata*), rupícola y galerícola (Ruiz de la Torre, 2006). Desde un punto de vista ecológico estas formaciones tienen valores de niveles evolutivos altos, favoreciendo la diversidad de los ecosistemas forestales, además de proporcionar alimento y cobijo a la fauna asociada. En las comunidades donde se encuentra el arce aparece un importante cortejo florístico (*Amelanchier ovalis*, *Buxus sempervirens*, *Colutea hispanica*, *Cornus sanguinea*, *Corylus avellana*, *Berberis vulgaris*, *Ribes* sp.) con una extensión y una densidad muy variables.

Soporta bien la sombra y se presenta mezclado con otras especies, apareciendo diseminado o formando rodales en claros y bordes de las masas boscosas y caminos, mostrando un temperamento heliófilo en climas lluviosos (Nóvak y Prach, 2003; Ruiz de la Torre, 2006). Resiste los inviernos muy crudos y tarda bastante en tirar las hojas. Emite abundantes retoños y renuevos, soporta bien el recorte y la herbivoría, aunque la cepa no es muy vigorosa. Es una especie de crecimiento relativamente lento, alcanzando una longevidad modesta.

Existen numerosas variedades utilizadas en jardinería, que se utilizan con frecuencia en zonas atlánticas. Las más frecuentes en España son la variedad “Elsrijk” y “Red shine”.

2. Materiales forestales de reproducción

2.1. Marco normativo. Identificación de los materiales de reproducción

El moscón no está incluido en el Real Decreto 289/2003 que regula la recogida, producción y comercialización de los materiales forestales de reproducción, pero sí le es aplicable la citada normativa en el ámbito de Castilla y León y la Comunidad Valenciana. A nivel nacional, las regiones de identificación donde se encuentran poblaciones naturales de esta especie se recogen en la Figura 3 (García del Barrio *et al.*, 2001). Estas regiones

equivalen de modo oficial a regiones de procedencia en el ámbito territorial de las Comunidades Autónomas citadas. Con el objetivo de promover la conservación de los recursos genéticos de las poblaciones naturales, se recomienda el uso de materiales de la misma región ecológica en la que se va a efectuar la forestación.

La especie *A. campestre* aparece incluida en el Catálogo Valenciano de Especies de Flora Amenazadas, dentro del listado de especies “Vigiladas” (O. 6/2013). El género *Acer* está incluido en la normativa del pasaporte fitosanitario.



Figura 3. Distribución de *Acer campestre* 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 colecta de los frutos se realiza preferiblemente al final del verano, antes de que la sámara se seque excesivamente, es decir, cuando el color torna del inmaduro verde a rojizo, ya que el desarrollo del embrión está lo suficientemente avanzado como para asegurarnos su posterior germinación. La producción de semillas suele ser abundante, aunque los individuos pueden estar muy separados entre sí, y con calidad de semilla muy heterogénea, por lo que conviene programar bien la cosecha de frutos para obtener la

cantidad de semilla deseada. El procedimiento de cosecha es desde el suelo, por ordeño, mediante vareo o rastrillado del suelo. Como ayuda al planificar la recogida, y ya que los frutos tardan bastante en caer de las ramillas, pueden colocarse unas redes fijas al suelo para que la mayor parte del fruto caiga sobre ellas. Los frutos no suelen desprenderse de forma coetánea sino, más bien, diferida en el tiempo. Una vez recolectados los frutos, la extracción de la semilla puede hacerse en función de la capacidad de procesado, ya que la sámara no presenta problemas de degradación durante su manipulación, aunque conviene mantener los frutos aireados hasta la limpieza de la semilla. El cribado de las sámaras será suficiente para separar las impurezas que puedan acompañar a los frutos. Es imposible distinguir, por su aspecto externo, las sámaras llenas de las vacías. Una vez limpia, la sámara se selecciona mediante separación en agua de las semillas vanas, porcentaje que suele rondar entre el 20-30% del total de semilla (Tabla 1).

Tabla 1. Datos característicos de lotes de semillas de *Acer campestre*.

Pureza (%)	Facultad germinativa (%)	Nº semillas kg ⁻¹	Referencia
90	80	15.000	Aldhous (1972)
95	70-80	8.500-10.000-13.500	Catalán (1991)
	60-80	8.600-15.000 (12.000)	Piotto (1992)
97-99	52-91	15.200-22.200	Banc de Llavors Forestals (Anexo II)
90-98	45-90	9.300-16.500	CNRGF <i>El Serranillo</i> (Anexo III)
89-100		12.000-18.000	Vivero Central JCyL (Anexo IV)

La semilla de *A. campestre* tiene un comportamiento ortodoxo, pudiéndose secar y almacenar sus frutos sin pérdida de viabilidad (Suszka *et al.*, 1996; Yilmaz, 2006; Daws *et al.*, 2006). El contenido de humedad durante su conservación debe situarse entre el 10-15% (valor medio del 12%) y la temperatura debe ser inferior a 0 °C (Gosling, 2007). Las semillas almacenadas durante dos o tres años pierden progresivamente su viabilidad. El letargo que afecta a las semillas de esta especie generalmente se elimina con 90 días de estratificación fría (Baskin y Baskin, 1998), aunque otros autores proponen inmersión en agua a 40 °C durante 3 días (Zasada y Strong, 1974; Catalán, 1991). También han sido propuestas siembras en otoño sin pretratamiento, realizadas justo después de la recogida o en primavera después de 3 a 8 semanas en estratificación caliente seguida de 12 a 24 semanas de estratificación fría. Se indica, también como idóneo, un sólo pretratamiento de 13 semanas de estratificación fría (Piotto y Di Noi, 2003). La disparidad de las propuestas indica diferentes respuestas de los lotes a los tratamientos y, por tanto, la gran heterogeneidad de las semillas. Se ha sugerido que el momento de la recogida puede tener influencia en la respuesta a los pretratamientos, de manera que una recogida tardía puede inhabilitar la semilla para la germinación en la siguiente primavera (Carneiro, 2007). Los ensayos de viabilidad realizados, con tinción de tetrazolio, a los lotes suministrados en varias cosechas mostraron que entre el 40 y el 60% de las semillas eran viables (Tabla

1). Una vez vencido el letargo, las semillas de arce no precisan ambiente cálido para germinar, pues lo hacen incluso a bajas temperaturas, entre 3 y 5 °C. Para la evaluación de la germinación las normas ISTA (2011) se limitan a consignar el ensayo de tetrazolio.

Germinación epigea. Plántula de 4-5 cm, con dos cotiledones largos y con dos hojas primordiales de limbo triangular y bordes de aserrados a festoneados.

2.2.2. Vegetativa

La propagación vegetativa de esta especie es bastante difícil y las plantas obtenidas son poco vigorosas, por lo que no es frecuente recurrir a ella. En *A. campestre* se recomienda el uso de estaquillas leñosas, entre 20 y 25 cm de longitud, que se colocan enterradas unos 10 cm sobre un sustrato suelto, preferiblemente una mezcla de turba:perlita (2:1 volumen), en mesas de enraizado con calefacción basal (18-20 °C) y nebulización (Dirr y Heuser, 1982). Se han ensayado diferentes tratamientos con hormonas (ácido indolbutírico, 8.000 mg l⁻¹), que parecen mejorar el enraizamiento.

3. Producción de plantas

El cultivo en vivero de moscón puede hacerse tanto en contenedor, como a raíz desnuda. La producción de plantas de moscón se hace principalmente mediante semilla. La siembra puede realizarse directamente en otoño, con semilla que no ha sido tratada, o en primavera con semilla sometida previamente a estratificación fría. Antes de sembrarla, se aconseja someter la semilla a una inmersión en agua durante 24 h después de desalarla. De esta manera se pueden eliminar gran parte de las semillas inviables. Las germinaciones en vivero suelen ser bajas, alrededor del 14% según Carneiro (2007). Por ello, y teniendo en cuenta que se trata de una especie de germinación tardía (4-5 meses) y que tolera el trasplante de las plántulas si se hace de forma correcta, se recomienda hacer uso de semilleros y posteriormente trasplantar al envase forestal elegido. La emergencia se produce a lo largo de la primavera, aunque en los semilleros puede prolongarse durante dos periodos de cultivo. El trasplante se hace cuando 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 alveolo debe realizarse con sumo cuidado y vigilando que la raíz no quede doblada ni revirada, evitando así problemas de crecimientos anómalos de la planta.

La planta tipo para trabajos de restauración forestal se cultiva en envases forestales de 300-400 cm³, a una savia, obteniéndose un tamaño final de 30-40 cm, con un sistema radical bien conformado (Fig. 4), aunque también pueden utilizarse envases de gran volumen tipo maceta (<3.500 cm³) para planta destinada a programas de restauración y paisajismo (tamaño final 40-60 cm). El moscón también puede cultivarse como planta a raíz desnuda, preferiblemente en cultivos a tres savias con trasplante (1-2), pudiéndose obtener en ciclos largos de cultivo planta de una altura de hasta 80-100 cm y un perímetro en el cuello de la raíz de 10-20 cm.

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. A los semilleros también es conveniente aplicarles un insecticida de suelo con una periodicidad mensual para controlar la aparición de nemátodos.

No existen trabajos específicos de control de cultivo para plantas de moscón, por lo que se disponen de muy pocos datos sobre su crecimiento. En general, se considera que es una especie de crecimiento lento, por lo que se cultiva en ciclos largos (dos o tres savias), para favorecer el máximo crecimiento que proporcione plantas compactas de buen valor comercial. Las plantas de altura inferior a 30 cm se consideran inadecuadas para los trabajos de repoblación.

No es una especie exigente en cuanto al sustrato, por lo que se cultiva normalmente con formulaciones convencionales a partir de componentes orgánicos tipo turba rubia, turba de humus o fibra de coco (más del 75% en volumen) y algún componente inorgánico tipo perlita, vermiculita o arena de río (menos del 25% en volumen). En el caso del cultivo en eras a raíz desnuda hay que evitar los suelos muy pesados, que limitan el crecimiento de la planta, realizando enmiendas si es preciso. Como ocurre con otras muchas especies, no se dispone de formulaciones y dosis de fertilizantes propios 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).

Al igual que con otras especies poco conocidas, 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 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. Una alternativa a este tipo de fertilizantes, 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 con la planta tipo. En el caso de prolongar el cultivo, debería mantenerse un cierto control para asegurar los requerimientos nutricionales durante todo el periodo.



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

4. Uso en repoblaciones y restauraciones

Al igual que con otras especies de la flora mediterránea, el moscón se ha utilizado poco en trabajos de repoblación forestal. Su uso en trabajos de restauración ha sido circunstancial, sin que existan ejemplos de su uso en programas de recuperación de especies singulares.

En el caso del moscón, el establecimiento suele estar asociado a 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 de mayor supervivencia en trabajos de revegetación con esta especie. En estas zonas 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. Las plantaciones de moscón pueden mezclarse, formando pequeños rodales con especies arbóreas, como el *Pinus nigra*, *P. sylvestris*, *Quercus faginea*, *Sorbus* spp., etc. Las actuaciones de restauración tendrán lugar, normalmente, en suelos inmaduros, principalmente en ladera, pero deben evitarse los suelos con características limitantes, como los salinos, hidromorfos o con alto contenido en arcilla. El moscón es una especie potencialmente interesante en las siguientes situaciones:

- Recuperación de especies singulares amenazadas de flora y de fauna, asociada a especies como *Pinus nigra*, *Quercus* spp., *Fagus sylvatica*, *Cotoneaster* spp. y como refugio de fauna.
- Diversificación de la vegetación en masas forestales con baja madurez, favoreciendo los procesos de restauración de la vegetación y la densificación de cubiertas, como las repoblaciones de *Pinus nigra* y *P. pinaster*. Lo anterior es particularmente importante en las repoblaciones en zonas de la 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.
- Trabajos de restauración con fines de recreo, restauración de infraestructuras y de mejora del paisaje, en particular en Espacios Naturales Protegidos y áreas urbanas.

Su temperamento y rusticidad la hace también apta para trabajos de jardinería, como plantaciones o setos. Es frecuente verla en jardines de la zona atlántica o en labores de mejora paisajística. Es una especie con índice de recubrimiento medio y no mucha densidad de ramaje por lo que posee un valor protector frente a la erosión hídrica (Ruiz de la Torre, 2006).

5. Planificación de la repoblación

El método de establecimiento del moscón en trabajos de restauración, tanto en medios forestales como en trabajos de jardinería, ha sido la plantación. La opción de la siembra directa en campo no parece adecuada para la mayoría de los emplazamientos en nuestro país, aunque hay experiencias de siembra con otras especies de *Acer* (Dostálek *et al.*, 2006; Frochot, 2009).

En el caso de plantaciones en el medio natural, donde las posibilidades de cuidados culturales son muy limitadas, la plantación debe hacerse en otoño, aunque puede retrasarse siempre que las condiciones lo recomienden, como en las 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 para la repoblación vendrán condicionadas por el objetivo y las condiciones de establecimiento, pudiéndose utilizar

planta de una savia en contenedor forestal o preferiblemente en envase de gran volumen, superior a 1.000 cm³. Es importante adecuar la calidad de planta de vivero al objetivo de la repoblación 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 frondosas de montaña 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 la falta de crecimiento, lo que implica que el establecimiento inicial es el momento más crítico en este tipo de repoblación. En el caso del moscón existen pocas experiencias concretas de restauración, por lo que deben aplicarse los resultados obtenidos con especies similares como *Acer opalus* o *Crataegus monogyna*.

Las labores más frecuentes para la eliminación de la vegetación en plantaciones de esta especie consisten en el desbroce puntual, aunque debe ser muy cuidadoso, ya que no debe afectar a especies que actúen como facilitadoras. Entre los tratamientos de desbroce que pueden realizarse cabe citar el desbroce manual con motodesbrozadora o el desbroce mecanizado. En terrenos agrícolas se puede recurrir al laboreo de la superficie en el momento de la plantación (Dostálek, *et al.*, 2006).

Los procedimientos de preparación utilizados en el establecimiento del moscón vienen condicionados por los tipos de trabajos de restauración mencionados previamente. La intensidad de estas actuaciones será muy diferente según las características del medio a repoblar, pero siempre es recomendable que sean de una cierta intensidad. Así, 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 siempre que sea posible se recurrirá a preparaciones mecanizadas con baja densidad.
- 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 lo que la elección del lugar de plantación irá adecuándose a los microhábitats mejores para la especie.

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 moscón suele beneficiarse de una cierta protección (Novák y Prach, 2003), 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 la 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, hasta menos de 100 pies ha⁻¹, hacia las partes altas y zonas convexas que se dejarían para otras especies menos exigentes. 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 y una buena ramificación.

El establecimiento del moscón no requiere cuidados culturales especiales si bien es cierto que, por su gran sensibilidad a la sequía, se recomiendan riegos estivales, durante 1-3 años, para asegurar la supervivencia de los plántones. Se ha ensayado el uso de *mulch* de paja para evitar la invasión de vegetación y la pérdida de humedad en el sustrato, con una supervivencia del 75% (Dostálek *et al.*, 2006).

La utilización de individuos más desarrollados parece interesante; sin embargo, el daño producido por ungulados en las plantas es mayor cuanto mayor es la edad de la misma. Con el fin de paliar esta situación, puede ser recomendable el uso de mallas cinéticas (Cook y Farrell, 2001). Una alternativa a los protectores individuales son las vallas de exclusión. 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 la planta por acumulación de nieve en su interior. La regeneración natural ha sido un aspecto muy poco estudiado en los trabajos de restauración de moscón, aunque con esta especie se han realizado varios estudios para evaluar los procesos de regeneración en ecosistemas naturales, tanto en bosques como en formaciones de matorral o terrenos descubiertos (Szwagryzk y Czerwezak, 1993; Mills, 1996; Novák y Prach, 2003).

6. Bibliografía

- ALDHOUS J.R., 1972. Nursery Practice. Forestry Commission Bulletin 43.
- BASKIN C.C., BASKIN J.M., 1998. Seeds, Ecology, Biogeography and Evolution of dormancy and Germination. School of Biological Sciences, University of Kentucky. Academic Press.
- BOLÒS O., MONTSERRAT P., 1983. Datos sobre algunas comunidades vegetales, principalmente de los Pirineos de Aragón y de Navarra. Lazaroa 5, 89-96.
- BURGHARDT M., RIEDERER M., 2003. Ecophysiological relevance of cuticular transpiration of deciduous and evergreen plants in relation to stomatal closure and leaf water potential. J. Exp. Bot. 54 (389), 1941-1949.
- CARNEIRO M., PIMENTEL F., FABIAO A., FABIAO A., 2007. Produção de plantas de espécies lenhosas ribeirinhas por via seminal: técnicas e resultados.
- 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. 119-121.
- CHAMBERS V., 1968. Pollens collected by species of *Andrena* (Hymenoptera: *Apidae*). En: Proceedings of the Royal Entomological Society of London. Series A, General Entomology 43(10-12), 155-160.
- COOKE A., FARRELL L., 2001. Impact of muntjac deer (*Muntiacus reevesi*) at Monks Wood National Nature Reserve, Cambridgeshire, eastern England. Forestry 74(3), 241-250.
- DAWS M.I., BEARDMORE T.L., PRITCHARD H.W., 2006. Are there any recalcitrant seeded *Acer* L. species? Evidence based on seed mass and physiological characterisation. En: Proceedings IUFRO Tree Seed Symposium 65, 16-29.
- DIRR M., HEUSER C.W., 1987. The reference manual of woody plant propagation. From seed to tissue culture. Varsity Press, Athens, Georgia, USA. pp. 98-99.
- DOSTÁLEK J., WEBER M., MATULA S., FRANTIK T., 2006. Forest stands restoration in the agricultural landscape: The effect of different methods of planting establishment. Ecol.Eng. 29, 77-86.

- ELIÁS P., 1979. Stomatal activity within the crowns of tall deciduous trees under forest conditions. *Biol. Plantarum* 21(4), 266-274.
- FERNÁNDEZ LÓPEZ J., DÍAZ VÁZQUEZ R., COGOLLUDO AGUSTÍN M., PEREIRA LORENZO S., 2000. Conservación de recursos genéticos de las frondosas nobles de España. *Invest. Agr.: Sist. Recur. For.* 2, 71-93.
- FROCHOT H., BALANDIER P., SOURISSEAU A., 2009. Seed dormancy and consequences for direct tree seeding. *Forest Vegetation Management - towards environmental sustainability*. (Bentsen N.S., ed.). Proceedings from the final COST E47 Conference, Vejle, Denmark, 2009/05/5-7, Forest and Landscape Working Papers 35, 43-45.
- 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. 1.
- 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.
- GLEISER G., PICHER M.C., VEINTIMILLA P., MARTÍNEZ J., VERDÚ M., 2004. Seed dormancy in relation to seed storage behaviour in *Acer*. *Bot. J. Linn. Soc.* 145, 203-208.
- GOSLING P., 2007. Raising trees and shrubs from seed collection. Forestry Commission, Edinburgh.
- HARMER R., BOSWELL R., ROBERTSON M., 2005. Survival and growth of tree seedlings in relation to changes in the ground flora during natural regeneration of an oak shelterwood. *Forestry* 78 (1), 21-32.
- 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.
- MILLS E., 1996 An appreciation and natural history of the English field maple (*Acer campestre* L.). *Arboric. J.* 20, 405-410.
- NOVÁK J., PRACH K., 2003. Vegetation succession in basalt quarries: pattern on a landscape scale. *Appl. Veg. Sci.* 6(2), 111-116.
- PIOTTO B., DI NOI A., 2003. Seed propagation of mediterranean trees and shrubs. APAT - Agency for the protection of the environment and for technical services. Roma.
- QUERO J.L., 2008. Shifts in the regeneration niche of an endangered tree (*Acer opalus* subsp. *granatense*) during ontogeny: using an ecological concept for application. *Bas. Appl. Ecol.* 9, 635-644.
- ROMO A.M., 1987. Los bosques de *Ulmus glabra* de los Pirineos centrales catalanes. *Lazaroa* 10, 89-94.
- RUIZ DE LA TORRE J., 2006. Flora Mayor. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Dirección General para la Biodiversidad, Madrid. pp. 1169-1171.
- SOUTHWOOD T., 1961. The number of species of insect associated with various trees. *J. Anim. Ecol.* 30(1), 1-8.
- SUSZKA B., MULLER C., BONNET-MESIMBERT M., 1996. Seeds of forest broadleaves, from harvest to sowing. INRA Editions. Paris.
- SZWAGRZYK J., CZERWCZAK M., 1993. Spatial patterns of trees in natural forests of East-Central Europe. *J. Veg. Sci.* 4, 469-476.
- YILMAZ M., 2007. Depth of dormancy and desiccation tolerance in *Acer trautvetteri* Medv. Seeds. *Turkish J. Agric. For.* 31, 201-205.
- ZASADA J., STRONG F., 1974. *Acer* L. En: Seed of woody plants in the United States. (Schopmeyer C.S., ed.). United States Department of Agriculture, Forest Service, Agriculture Handbook 450, Washington. pp. 204-216.

Acer monspessulanum L.

Arce, afre, sácere, durón, arce de Montpellier, ácere duro (Logroño), ázar (Andalucía), ácer (Granada), acirón (Moncayo), escarrio (Sierra de Besantes), retempladera (Albarracín); *cat.*: uró, oró, arrugat

Rafael M^a NAVARRO CERRILLO, Nieves HERRERO SIERRA

1. Descripción

1.1. Morfología

El arce de Montpellier es una especie del género *Acer*, familia *Aceraceae*. Arbolillo caducifolio que puede alcanzar unos (2)5-6(10) m de altura, algún ejemplar supera los 10 m, de porte irregular, en función de las condiciones de crecimiento. Presenta una corteza primero grisácea y lisa, tornándose agrietado-escamosa en los pies añosos. Forma una copa ramosa, compacta, con abundantes hojas, globosa con ramillas patentes, angulosas, de color pardo-rojizo a pardo-verdoso. Sistema radical profundo, capaz de colonizar suelos muy pedregosos al presentar abundantes ramificaciones (Ruiz de la Torre, 1996 y 2006).

Las hojas son abundantes, medianas (3-7 cm), simples, opuestas, subcoriáceas, vellosas, de color glauco por el envés al desarrollarse, más adelante lampiñas, verde oscuras por el haz, largamente pecioladas, patentes. El limbo tiene forma palmeada y está dividido en tres lóbulos de bordes enteros y contorno aovado. En los brotes bajos es frecuente que las hojas presenten cinco lóbulos, a veces de contorno redondeado, y bordes festoneados o casi dentados, por lo que puede confundirse con *A. campestre* (López González, 1982; Ruiz de la Torre, 2006). La hoja tiene una longevidad media de 6 meses (Mediavilla y Escudero, 2003 a). Mediavilla y Escudero (2003 b) han descrito los principales rasgos foliares de la especie.

1.2. Biología reproductiva

Acer monspessulanum es una especie polígamo-monoica, con flores hermafroditas o unisexuales, diclamídeas, con cáliz y corola algo semejantes y androceo con estambres libres (Ruiz de la Torre, 1996). Flores de tamaño pequeño y color verdoso-amarillento, dispuestas en inflorescencias corimbiformes, con 5 a 12 unidades, que al principio están erguidas, permitiendo que las flores de esta fase queden más expuestas a los polinizadores; posteriormente caen péndulas (Ruiz de la Torre, 2006). La corola tiene cinco pétalos alargados y libres y ocho estambres de filamentos lampiños, insertos en un disco anular (López González, 1982; Ruiz de la Torre, 2006). Gineceo bicarpelar, con dos lóculos biovulados; sólo uno se desarrolla después de la fertilización.

La fenología de la especie ha sido descrita para comunidades del NE de España (Castro-Díez y Monteserrat-Martí, 1998). La antesis tiene lugar inmediatamente después de que broten las hojas, entre marzo y abril, produciéndose la formación de las yemas florales

y la floración entre mediados de marzo y finales de abril. La polinización, además de por el viento, es principalmente entomófila, existiendo escasa información sobre los polinizadores, aunque posiblemente coincidan con los vectores de otras especies del género *Acer* (Hymenoptera: *Andrenidae*, *Apidae* y *Diptera*) (Herrera, 1988; García *et al.*, 2007).

El fruto, en una doble sámara, es pequeño, de color generalmente rojizo; las alas son membranosas y se estrechan en la base, quedando dispuestas de forma convergente, casi paralelas (Fig. 1), separándose en la madurez (Ruiz de la Torre, 2006). La semilla es globosa, de forma circular a ligeramente cónica, con cubierta seminal de color pardo, algo estriada. El eje hipocótilo-radícula es alargado y ocupa gran parte del extremo inferior de la semilla, con la radícula orientada hacia la parte distal del ala (Zasada y Strong, 2008).

La formación del fruto abarca desde abril hasta últimos de agosto, produciéndose la diseminación desde finales del verano hasta octubre (Castro-Díez y Monteserrat-Martí, 1998). De dispersión anemócora, algunos frutos, sin embargo, permanecen en el árbol incluso hasta el siguiente periodo reproductivo.

La producción de frutos oscila de un año a otro, alternándose las buenas cosechas con otras muy escasas (García-Fayos, 2001). La viabilidad de los frutos es muy baja, al igual que otras especies de arces mediterráneos, dependiendo de la incidencia de la partenocarpia, los abortos y la depredación predispersiva, que estarán presentes en diferentes proporciones en todas las cosechas.



Figura 1. Fruto de *Acer monspessulanum*
(Foto: J.I. García Viñas).



Figura 2. Semillas de *Acer monspessulanum*.

La distribución de semillas y de plántulas de *A. monspessulanum* es muy agregada en el espacio, a pesar de su carácter anemócoro, concentrándose la mayor parte de las semillas debajo de los árboles madre. La emergencia y supervivencia de plántulas viene condicionada por las diferencias entre microhábitats, siendo más frecuente en los sombreados al igual que ocurre con *Acer opalus* (Quero *et al.*, 2008). Las principales fases que limitan el establecimiento natural de brinzales son la baja viabilidad de las semillas y la supervivencia de plántulas durante los primeros años.

1.3 Distribución y ecología

Se extiende espontáneamente en el contorno de la región mediterránea, Cáucaso, norte de Persia y Turkeistán. Se considera el más abundante de los arces en la mitad norte de España, a excepción de Galicia. En el sur se hace más raro, pero está citado también en todas las provincias andaluzas a excepción de Sevilla y Huelva (Ruiz de la Torre, 1996 y 2006); no falta tampoco en Extremadura ni en el centro, como en la Sierra de Guadarrama en robledales de *Quercus pyrenaica*.

Se encuentra en zonas de montaña en los pisos meso y supramediterráneo, entre los 600-1.200(1.600) m. Habita en suelos relativamente profundos en canchales, barrancos, laderas pedregosas, preferentemente calizos y dolomíticos, aunque se encuentra en terrenos silíceos, preferentemente en lugares frescos, donde la existencia de condiciones microclimáticas aminoran los efectos del clima mediterráneo circundante. Se encuentra en clima Mediterráneo subnival y Mediterráneo genuino, con precipitaciones superiores a los 450 mm (Ruiz de la Torre, 1996). Los rangos óptimos para la especie son: temperatura media anual entre 6 y 14,3 °C; temperatura media de las mínimas del mes más frío entre -6 y 0,9 °C; temperatura media de las máximas del mes más cálido entre 26,2 y 32,6 °C; precipitación anual media entre 570 y 1.100 mm; precipitación estival media entre 75 y 350 mm (Anexo I). Se han realizado modelos de potencialidad para la especie en Cataluña (Thuiller *et al.*, 2003).

Acer monspessulanum es una especie propia de orlas arbustivas, presentándose en numerosos tipos de bosques de la Península Ibérica. Forma rodales más o menos monoespecíficos o en mezcla con especies esclerófilas (*Celtis australis*, *Quercus ilex*), a través de los corredores interiores que forman los bosques de montaña (*Acer opalus*, *Sorbus aria*, *S. aucuparia*), hasta en los enclaves dominados por especies caducifolias mesófilas y subsclerófilas (*Q. canariensis*, *Q. faginea*, *Q. pubescens*, *Q. pyrenaica*), coníferas de montaña (*Pinus nigra*, *P. pinaster*, *P. sylvestris*, *Taxus baccata*), enebrales (*Juniperus communis*, *J. oxycedrus*) y pinsapares (*Abies pinsapo*). Desde un punto de vista ecológico estas formaciones son fundamentales en los ecosistemas forestales para garantizar la regeneración natural del bosque, además de proporcionar alimento y cobijo a la fauna asociada. En las comunidades donde se presenta el arce aparece un importante cortejo florístico (*Amelanchier ovalis*, *Arbutus unedo*, *Berberis vulgaris*, *Buxus sempervirens*, *Cornus sanguinea*, *Corylus avellana*, *Crataegus monogyna*, *Erica arborea*, *Ribes* sp., *Rosa* sp.) con una extensión y una densidad muy variables.

Especie mesohigrófila, soporta bien la sombra al ser una especie de media luz (Ruiz de la Torre, 1996). Resiste los inviernos fríos y tarda bastante en tirar las hojas, lo que unido a su frugalidad y poca exigencia de agua hace que sea muy utilizado en jardinería, además de por su valor ornamental (Ruiz de la Torre, 1996). Brota bien de cepa, soportando bien el recorte y la herbivoría, así como la acción del fuego (Quevedo *et al.*, 2007). Resiste sequías bastante acusadas y estíos largos y duros, siempre que el clima sea de montaña (Matínez-Vilalta *et al.*, 2002; Tissier *et al.*, 2004). Su crecimiento es lento, más rápido en la juventud, y es bastante longeva (hasta unos 150-200 años) (Portoghesi *et al.*, 2008). Se ha estudiado la susceptibilidad de la especie a *Phytophthora ramorum* y *P. cinnamomi* (Moralejo *et al.*, 2009), así como el componente fúngico de las hojas (Inácio *et al.*, 2002).

2. Materiales forestales de reproducción

2.1. Marco normativo. Identificación de los materiales de reproducción

El arce de Montpellier no está incluido en el Real Decreto 289/2003 que regula la recogida, producción y comercialización de los materiales forestales de reproducción, pero sí le es aplicable la citada normativa en el ámbito de Castilla y León y la Comunidad Valenciana. A nivel nacional, las regiones de identificación donde se encuentran poblaciones naturales de esta especie se recogen en la Figura 3 (García del Barrio *et al.*, 2001). Estas regiones tienen el reconocimiento oficial de regiones de procedencia dentro del ámbito de las Comunidades Autónomas citadas. En Andalucía, Rosúa *et al.* (2001) proponen tres procedencias para la especie: Sierras Tejeda-Almijara-Sierra Nevada, Sierras de Cazorla-Mágina-Subbética y Serranía de Ronda.

Con el objetivo de promover la conservación de los recursos genéticos de las poblaciones naturales, se recomienda el uso de materiales de la misma región ecológica en la que se va a efectuar la forestación.

Aparece en los Catálogos de flora protegida y amenazada de algunas CC.AA. con diferente categoría. Así, en Andalucía (L.8/2003) y Castilla-La Mancha (D. 33/1998) se la clasifica como “De interés especial”, en Extremadura (D. 37/2001) como “Vulnerable” y

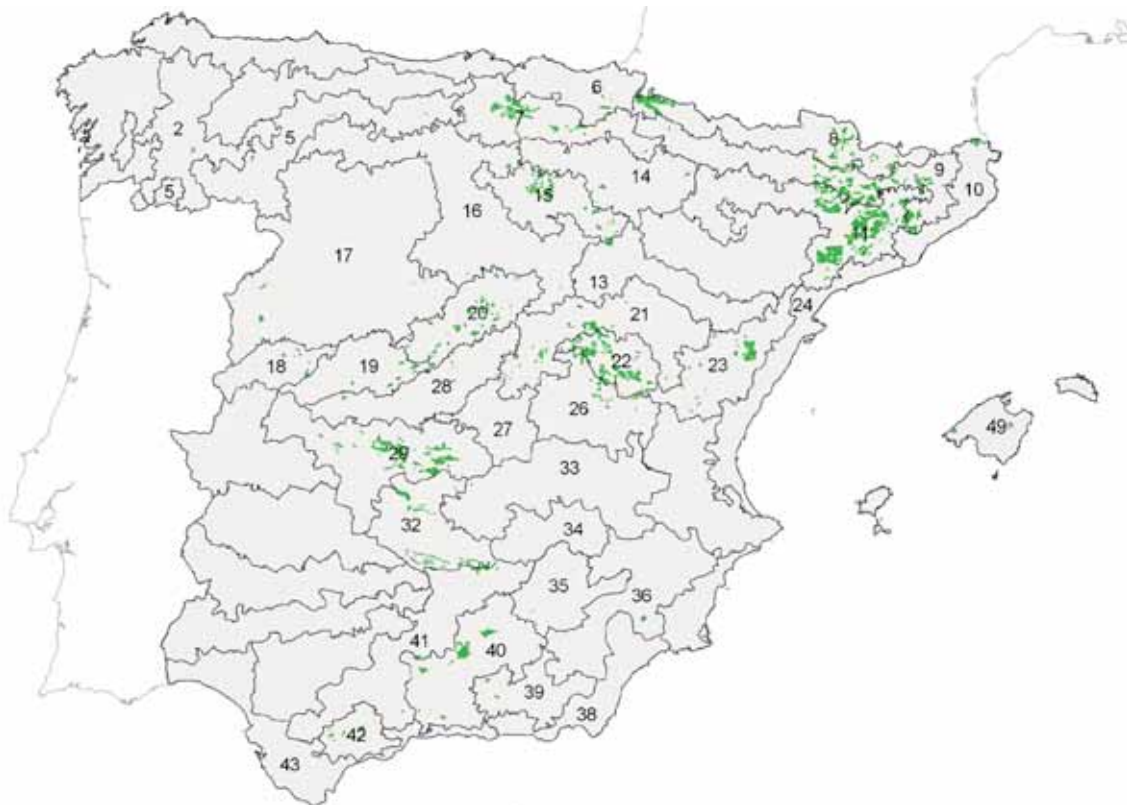


Figura 3. Distribución de *Acer monspessulanum* y Regiones de Identificación de sus materiales de reproducción (Fuente: Mapa Forestal de España, 1:200.000).

en Murcia (D. 50/2003) como “En peligro de extinción”. La causa de este interés protector está derivado de la escasa regeneración natural que se aprecia en los enclaves ocupados naturalmente por esta especie (Blanca *et al.*, 2000). La especie *A. monspessulanum*, como integrante del género *Acer*; está afectada por la normativa del pasaporte fitosanitario.

2.2. Técnicas de manejo y propagación

2.2.1. Semillas

La colecta de los frutos se realiza preferiblemente al final del verano, antes de que la sámara se seque excesivamente, es decir, cuando el color torna del inmaduro verde a rojizo, ya que el desarrollo del embrión está lo suficientemente avanzado como para asegurarnos su posterior germinación. La producción de semillas suele ser abundante, aunque los individuos pueden estar muy separados entre sí, y con calidad de semilla muy heterogénea, por lo que conviene programar bien la cosecha de frutos para obtener la cantidad de semilla deseada. El procedimiento de cosecha es desde el suelo, por ordeño, mediante vareo o rastrillado del suelo.

Una vez recolectados los frutos, el acondicionamiento de la semilla se hará en función de la capacidad de procesado, ya que la sámara no presenta problemas de degradación durante su manipulación, si bien resulta oportuno mantener los frutos aireados hasta que se proceda a su limpieza. El cribado de las sámaras será suficiente para separar las impurezas que puedan acompañar a los frutos. Se calcula que de media hay un 35% de sámaras sin semilla en cosechas consideradas normales. Es imposible distinguir, por su aspecto externo, las sámaras llenas de las vacías. Además, debido a la escasa diferencia de peso entre ambas, la discriminación de las vanas es complicada, precisándose de una mesa densimétrica para una separación más eficaz. La eliminación de las semillas vanas también puede hacerse por flotación o por aventado, previa supresión del ala. En los test realizados mediante tinción al tetrazolio se han conseguido cifras de viabilidad entre el 40-50% (Tabla 1).

Las semillas presentan un comportamiento ante la conservación que aún no ha sido convenientemente clasificado (Gleiser *et al.*, 2004; Daws *et al.*, 2006), aunque parece ser ortodoxa ya que pueden desecarse hasta un 8% de humedad sin que pierda su capacidad germinativa (García-Fayos, 2001). En algunas especies de *Acer*, los lotes recogidos en lugares fuera de su óptimo son menos tolerantes a la desecación (Daws *et al.*, 2006). Se conservan en seco, a 4-5 °C, con un contenido de humedad entre el 8-10%, dentro de envases herméticos en cámara frigorífica hasta el momento de la siembra. Las semillas almacenadas durante dos o tres años pierden progresivamente su viabilidad.

Las semillas de *A. monspessulanum* presentan letargo interno en el momento de la dispersión. Aunque algunos autores recomiendan tratamientos pregerminativos largos, combinando una escarificación seguida de una estratificación en frío, se recomienda una estratificación a baja temperatura (2-5 °C) durante tres meses, lo que suele ser suficiente (Gleiser *et al.*, 2004). Debe planificarse la siembra para los primeros meses sin heladas de la primavera. Los porcentajes de germinación son muy variables dependiendo de la cantidad de semillas llenas que contenga el lote, siendo consideradas como buenas las germinaciones alrededor de un 35%. Si la germinación no se completa con el estratificado,

algunos autores proponen la combinación de escarificado y estratificación fría (Catalán, 1991; Zasada y Strong, 2008). Las normas ISTA no contemplan esta especie. Para la evaluación de la germinación, y de acuerdo con lo consignado por el citado organismo para *A. campestre* (ISTA, 2011), cabría considerar como método recomendable el ensayo de tetrazolio.

Germinación epigea. Plántula de 5-7 cm, con dos cotiledones largos y oblongos y con dos hojas primordiales con el limbo triangular y los bordes de aserrados a festoneados (Ruiz de la Torre, 1996).

Tabla 1. Datos característicos de lotes de semillas de *Acer monspessulanum*.

Pureza (%)	Facultad germinativa (%)	Nº semillas kg ⁻¹	Referencia
90		(17.000)	Catalán (1991)
		26.316-37.037	García-Fayos (2001)
94	44	14.193	Navarro Cerrillo y Gálvez (2001)
	(26)	(20.720-24.950)	Louro y Pinto (2011)
96-100	52-91	27.800-41.300	Banc de Llavors Forestals (Anexo II)
90-98	30-65	29.000-42.000	CNRGF <i>El Serranillo</i> (Anexo III)
85-100		35.000-47.000	Vivero Central JCyL (Anexo IV)

2.2.2. Vegetativa

La propagación vegetativa de esta especie es bastante difícil y las plantas obtenidas son poco vigorosas, por lo que es poco frecuente su uso. Sólo las plantas jóvenes tienen capacidad de propagarse vegetativamente, perdiéndola con la edad. Se recomienda el uso de estaquillas leñosas, entre 20 y 25 cm de longitud, que se colocan enterradas unos 10 cm, sobre un sustrato suelto, preferiblemente una mezcla de turba:perlita (2:1 volumen), en mesas de enraizado con calefacción basal (18-20 °C) y nebulización (Dirr y Heuser, 1982). Se han ensayado diferentes tratamientos con hormonas (ácido indolbutírico, 8.000 mg l⁻¹) que parecen mejorar el enraizamiento.

3. Producción de plantas

El cultivo en vivero del arce puede hacerse tanto en contenedor como a raíz desnuda. La producción de plantas de arce se hace mediante siembra. El elevado número de semillas vanas aconsejan someter la semilla, antes de sembrarla, a una inmersión en agua durante 24 h después de desalarla. De esta manera se pueden eliminar gran parte de las semillas inviables. Dada la desigual y tardía germinación de la semilla, 4 a 5 meses, y la tolerancia al trasplante de las plántulas si se hace de forma correcta, se recomienda realizar la pregerminación en semilleros. Así, una vez aplicado el tratamiento pregerminativo y sembrando en primavera, se obtiene una germinación superior al 30%. En caso de no poder hacer los tratamientos pregerminativos, lo más recomendable es realizar la siembra

en octubre con semilla limpia, en viveros que tengan condiciones invernales frías. El trasplante se hace cuando 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 trasplante al alveolo debe realizarse con sumo cuidado y vigilando que la raíz no quede doblada ni revirada, evitando así problemas de crecimientos anómalos de la planta.

La planta tipo para trabajos de restauración forestal se cultiva en envases forestales de 300 cm³, a una savia, obteniéndose un tamaño final entre 10 y 30 cm, con un sistema radical bien conformado (Fig. 4), aunque también pueden utilizarse envases de gran volumen tipo maceta, menos de 3.500 cm³, para planta destinada a programas de restauración y paisajismo (tamaño final 40-60 cm). El arce también puede cultivarse como planta a raíz desnuda, preferiblemente en cultivos a dos-tres savias, con trasplante (1-1), pudiéndose obtener en ciclos largos de cultivo planta con perímetro en la base entre 8 y 15 cm.



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

No existe una propuesta de programa de cultivo específico para esta especie por lo que se pueden aplicar las condiciones generales de cultivo descritas para *A. campestre*. En general, se considera que es una especie de crecimiento lento en vivero, lo que requiere ciclos largos de cultivo (dos o tres savias) para favorecer su crecimiento al máximo y obtener plantas compactas de buen valor comercial. Las plantas de altura inferior a 10 cm se consideran inadecuadas.

4. Uso en repoblaciones y restauraciones

Al igual que con otras especies de la flora mediterránea, el arce se ha utilizado poco en trabajos de repoblación forestal. Su uso en trabajos de restauración ha sido circunstancial, existiendo algunos ejemplos de su uso en programas de recuperación de especies singulares, en particular en Espacios Naturales Protegidos (Ruiz de la Torre, 1996; Jordano *et al.*, 2002).

En el caso del arce, el establecimiento suele estar asociado a 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 de mayor supervivencia en trabajos de revegetación con esta especie. En estas zonas, 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 (Fig. 5). Las plantaciones de arce pueden mezclarse, formando pequeños rodales, con especies arbóreas, como *Pinus nigra*,

P. pinaster, *P. sylvestris*, *Q. faginea*, *C. monogyna*, etc. Las actuaciones de restauración tendrán lugar, normalmente, en suelos inmaduros, principalmente en ladera, pero deben evitarse los suelos con características limitantes, como los salinos, hidromorfos o con alto contenido en arcilla. El arce es una especie potencialmente interesante en las siguientes situaciones:

- 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 de la fauna.
- Diversificación de vegetación en masas forestales con baja madurez, favoreciendo los procesos de restauración de la vegetación y la densificación de cubiertas, como en las repoblaciones de *P. nigra* y *P. pinaster*. Lo anterior es particularmente importante en las repoblaciones en zonas de la 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.
- Trabajos de restauración con fines de recreo, restauración de infraestructuras y de mejora del paisaje, en particular en Espacios Naturales Protegidos y áreas urbanas (Ruiz de la Torre, 1996; Percival *et al.*, 2003).

Su temperamento y rusticidad la hacen apta para trabajos de jardinería, como en plantaciones o setos. Es frecuente verla en jardines de la zona atlántica, o en labores de mejora paisajística. Debido a la disposición patente de sus hojas, la densidad del ramaje y su potente sistema radical, posee un alto valor protector frente a la erosión hídrica (Ruiz de la Torre, 1996).

5. Planificación de la repoblación

El método de repoblación del arce en trabajos de restauración, tanto en medios forestales como en trabajos de jardinería, ha sido la plantación. La opción de la siembra directa en campo no parece adecuada a la mayoría de los emplazamientos en nuestro país, aunque hay experiencias de siembra con otras especies de *Acer* (Dostálek *et al.*, 2006; Frochot, 2009).

Debido a la falta de experiencia de repoblaciones con esta especie se pueden aplicar todas las consideraciones realizadas, en este apartado, para *A. campestre*.

La regeneración natural ha sido un aspecto muy poco estudiado en los trabajos de restauración de arce, aunque con esta especie 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 (Baraza *et al.*, 2006; Gómez-Aparicio *et al.*, 2008; Siles *et al.*, 2008). La interacción de los individuos juveniles de arce con herbívoros es la principal limitación de la regeneración del arce, y condiciona los procesos de regeneración natural, al ser una especie muy palatable. La creación o existencia de mosaicos de vegetación suficientemente grande y densa facilitan la existencia de micrositios seguros para los brinzales. La conservación a largo plazo de la especie pasa, inevitablemente, por la disminución de la presión de herbivoría en la montaña mediterránea (Gómez-Aparicio *et al.*, 2008). En los últimos años la Consejería de Medio

Ambiente de la Junta de Andalucía está promoviendo algunos trabajos de restauración de espinares mediterráneos, que incluyen numerosas especies de la vegetación de montaña, que suponen también procesos de restauración de formaciones de *Acer* (Jordano *et al.*, 2002).



Figura 5. Repoblación de *Acer monspessulanum* de un año, con *Juniperus thurifera* (Foto: J. Sánchez).

6. Bibliografía

- BARAZA E., ZAMORA R., HÓDAR J., 2006. Conditional outcomes in plant-/herbivore interactions: neighbours matter. *Oikos* 113, 148-156.
- BLANCA G., CABEZUDO B., HERNÁNDEZ-BERMEJO J.E., HERRERA C.M., MUÑOZ J., VALDÉS B., 2000. Libro Rojo de Flora Amenazada de Andalucía. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, Sevilla.
- CASTRO-DÍEZ P., MONTSERRAT-MARTÍ G., 1998. Phenological pattern of fifteen Mediterranean phanaerophytes from *Quercus ilex* communities of NE-Spain. *Plant Ecol.* 139, 103-112.
- 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. 119-121.
- DAWS M.I., BEARDMORE T.L., PRITCHARD H.W., 2006. Are there any recalcitrant seeded *Acer* L. species? Evidence based on seed mass and physiological characterisation. En: Proceedings IUFRO Tree Seed Symposium 65, 16-29.
- DIRR M., HEUSER C.W., 1987. The reference manual of woody plant propagation. From seed to tissue culture. Varsity Press, Athens, Georgia, USA.
- DOSTÁLEK J., WEBER M., MATULA S., FRANTIK T., 2006. Forest stand restoration in the agricultural landscape: The effect of different methods of planting establishment. *Ecol. Eng.* 29, 77-86.

- FERNÁNDEZ LÓPEZ J., DÍAZ VÁZQUEZ R., COGOLLUDO AGUSTÍN M., PEREIRA LORENZO S., 2000. Conservación de recursos genéticos de las frondosas nobles de España. *Invest. Agr.: Sist. Recur. For.* 2, 71-93.
- FROCHOT H., BALANDIER P., SOURISSEAU A., 2009. Seed dormancy and consequences for direct tree seeding. En: *Proceedings final COST E47 Conference. Forest and Landscape Working Papers* 35, 43-45.
- 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.
- 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.
- GLEISER G., PICHER M.C., VEINTIMILLA P., MARTÍNEZ J., VERDÚ M., 2004. Seed dormancy in relation to seed storage behaviour in *Acer*. *Bot.J. Linn. Soc.* 145, 203-208.
- GÓMEZ- APARICIO L., ZAMORA R., GÓMEZ J.M., 2005. The regeneration status of the endangered *Acer opalus* subsp. *granatense* throughout its geographical distribution in the Iberian Peninsula. *Biol. Conserv.* 121, 195-206.
- GÓMEZ- APARICIO L., ZAMORA R., CASTRO J., HÓDAR J., 2008. Facilitation of tree saplings by nurse plants: Microhabitat amelioration or protection against herbivores? *J. Veg. Sci.* 19, 161-172.
- HERRERA C., 1989. Frugivory and seed dispersal by carnivorous mammals and associated fruit characteristics in undisturbed mediterranean habitats. *Oikos* 55, 250-262.
- INÁCIO J., PEREIRA P., DE CARVALHO M., FONSECAA., AMARAL-COLLAC A., SPENCER-MARTINS I., 2002. Estimation and diversity of *Phylloplane mycobiota* on selected plants in a mediterranean-type ecosystem in Portugal. *Microb. Ecol.* 44, 344-353.
- ISTA (International Seed Testing Association), 2011. International rules for seed testing. Edition 2011. ISTA, Bassersdorf, Switzerland.
- JORDANO P., ZAMORA R., MARAÑÓN T., ARROYO J., 2002. Claves ecológicas para la restauración del bosque mediterráneo. Aspectos demográficos, ecofisiológicos y genéticos. *Ecosistemas* 1, 1-12. Disponible en: <http://www.revistaecosistemas.net/pdfs/312.pdf> [1, Oct 2011].
- 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.
- MARTÍNEZ-VILALTA J., PRAT E., OLIVERAS I., PIÑOL J., 2002. Xylem hydraulic properties of roots and stems of nine Mediterranean woody species. *Oecologia* 133,19-29.
- MEDIAVILLA S., ESCUDERO A., 2003 a. Leaf life span differs from retention time of biomass and nutrients in the crowns of evergreen species. *Funct. Ecol.* 17, 541-548.
- MEDIAVILLA S., ESCUDERO A., 2003 b. Relative growth rate of leaf biomass and leaf nitrogen content in several mediterranean woody species. *Plant Ecol.* 168, 321-332.
- MENDOZA I., ZAMORA R., CASTRO J., 2009. A seeding experiment for testing tree- community recruitment under variable environments: implications for forest regeneration and conservation in Mediterranean habitats. *Biol. Conserv.* 142, 1491-1499.
- MORALEJO E., GARCÍA-MUÑOZ J., DESCALS E., 2009. Susceptibility of Iberian trees to *Phytophthora ramorum* and *P. cinnamomi*. *Plant Pathol.* 58, 271-283.
- NAVARRO CERRILLO R.M., GÁLVEZ C., 2001. Manual para la identificación y reproducción de semillas de especies vegetales autóctonas de Andalucía. Tomo I. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, Córdoba. pp. 62-64.

- PERCIVAL G., FRASER G., OXENHAM G., 2003. Foliar salt tolerance of *Acer* genotypes using chlorophyll fluorescence. *J. Arboric.* 29(2), 61-65.
- PIOTTO B., DI NOI A., 2003. Seed propagation of mediterranean trees and shrubs. APAT - Agency for the protection of the environment and for technical services. Roma
- PORTOGHESI L., CHIOCCHINI U., DOSSI V., ALIVERNINI A., 2008. Osservazioni geopedologiche e dendrometriche in popolamenti a dominanza di acero trilobo (*Acer monspessulanum* L.) Sui monti della tolfa (Roma). *L'Italia Forestale e Montana* 3, 241-257.
- QUERO J.L., GÓMEZ -APARICIO L., ZAMORA R., MAESTRE F.T., 2008. Shifts in the regeneration niche of an endangered tree (*Acer opalus* ssp. *granatense*) during ontogeny: using an ecological concept for application. *Basic Appl. Ecol.* 9, 635-644.
- QUEVEDO L., RODRIGO A., ESPELTA J.M., 2007. Post-fire resprouting ability of 15 non-dominant shrub and tree species in Mediterranean areas of NE Spain *Ann. For. Sci.* 64, 883-890.
- 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.
- RUIZ DE LA TORRE J. (dir.), 1996. Manual de la Flora para la Restauración de Áreas Críticas y Diversificación en Masas Forestales. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía.
- RUIZ DE LA TORRE J., 2006. Flora Mayor. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Dirección General para la Biodiversidad, Madrid. pp. 1175-1178.
- SILES G., REY P., ALCÁNTARA M., RAMÍREZ J.M., 2008. Assessing the long-term contribution of nurse plants to restoration of Mediterranean forests through Markovian models. *J. Appl. Ecol.* 45, 1790-1798.
- THUILLER W., VAYREDA J., PINO J., SABATE S., LAVOREL S., GRACIA C., 2003. Large-scale environmental correlates of forest tree distributions in Catalonia (NE Spain). *Global Ecol. Biogeogr.* 12, 313-325.
- TISSIER J., LAMBS L., PELTIER J.P., MARIGO G., 2004. Relationships between hydraulic traits and habitat preference for six *Acer* species occurring in the French Alps. *Ann. For. Sci.* 61, 81-86.
- ZASADA J., STRONG F., 2008. *Acer* 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. 204-216.

Acer opalus Mill.

A. granatense Boiss = *A. opalus* Mill. subsp. *hispanicum* (Pourr.) Pax. var. *granatense* (Boiss.) Wilk.

Ásar, ácer, acirón, orón, arracadera; *cat.*: oró, rotaboc (Baleares); *eusk.*: askar, yar

Rafael M^a NAVARRO CERRILLO, Nieves HERRERO SIERRA

1. Descripción

1.1. Morfología

El ásar es una especie del género *Acer*, familia *Aceraceae*, serie *Monspessulana*. Arbolillo que puede alcanzar unos 7 m de altura, algún ejemplar hasta 10-15 m, de porte irregular, aunque en alta montaña no pasa de arbusto. Corteza primero lisa, luego gruesa, agrietada, escamosa, pardo-amarillenta. Copa irregular, extendida, de hojas caducas y ramas abiertas de color pardo-rojizo, que desprenden un líquido lechoso al hendirlas (Ruiz de la Torre, 2006).

Hojas simples, opuestas, palmeado-lobuladas, grandes (8-10 cm); con 3-5 lóbulos anchos, muy obtusos; largamente pecioladas, coriáceas, de color algo lustroso por el haz, vellosas en el envés de jóvenes, dando un color mate o blanquecino, de adultas sólo conservan el pelo en los nervios y axilas de éstos (Carrión *et al.*, 2000; Ruiz de la Torre, 2006). Los lóbulos, en número de tres a cinco, son muy variables en forma y tamaño. La subespecie *Acer granatense* presenta hojas con los lóbulos más profundos, vellosas por el envés cuando son adultas, lo mismo que los pecíolos, ramillas y ejes de la inflorescencia (López González, 1982; Carrión *et al.*, 2000).

Acer opalus es una especie bien adaptada a condiciones de sequía, siempre que habite en zonas con cierta compensación hídrica. Responde bien al ambiente lumínico mediante la modificación tanto, de sus características morfológicas como fisiológicas y, especialmente, mediante la arquitectura del árbol (Gómez-Aparicio, 2004). Presenta una baja conductancia hidráulica y una baja vulnerabilidad al embolismo (Lemoinea *et al.*, 2001).

1.2. Biología reproductiva

Flores pediceladas, con raquis reducido, coetáneas con las hojas, de color verde-amarillento, dispuestas en corimbos colgantes, subsentados los de la primera fase y de mayor longitud los pedúnculos de la segunda, permitiendo que las flores de esta fase

queden más expuestas a los polinizadores. Presentan cinco sépalos y cinco pétalos, con 8 estambres (López González, 1982; Ruiz de la Torre, 2006). El gineceo contiene un ovario bicarpelar, con dos óvulos por carpelo (Gleiser y Verdú, 2005).

Florece en primavera, entre marzo y abril, antes de la aparición de las nuevas hojas. *Acer opalus* tiene flores morfológicamente hermafroditas, pero funcionalmente unisexuales, presentando individuos con flores funcionalmente femeninas con presencia de un gineceo funcional y un androceo no funcional, pistiladas. Por el contrario, las flores masculinas funcionales, estaminadas, poseen un androceo con anteras que liberan polen y un gineceo no desarrollado (Gleiser *et al.*, 2008 a y b). Las flores masculinas y femeninas aparecen en las mismas inflorescencias, pero la antesis, que tiene lugar antes de que broten las hojas, no se produce de forma simultánea, diferenciándose dos fases sexuales separadas temporalmente, dicogamia, en cada inflorescencia y en cada individuo (Gleiser y Verdú, 2005). En las poblaciones naturales de la especie aparecen tres morfos sexuales: masculinos y dos morfos bisexuales (Verdú *et al.*, 2004), lo que da lugar a un proceso de floración muy complejo, donde al comienzo de la floración aparecen individuos masculinos e individuos bisexuales que alternan fases femeninas y fases masculinas (Gleiser y Verdú, 2005; Gleiser *et al.*, 2008 a). La expresión sexual no es constante en todos los individuos y, de hecho, algunos la modifican de un año a otro. Es decir, ciertos árboles que un año sólo florecen como masculinos, expresan al año siguiente, una fase femenina posterior a la masculina (Verdú *et al.*, 2004). Aunque los ovarios tienen dos óvulos sólo uno se desarrolla después de la fertilización. En *A. opalus* la autogamia se produce en muy pocas ocasiones, dada la diferenciación de fases sexuales. La especie es vecera, lo cual condiciona mucho la reproducción sexual, en función de la frecuencia de la floración. La polinización es entomófila y recibe abundantes visitas de polinizadores, como las abejas del género *Apis*, abejorros del género *Bombus* y, con menor frecuencia, dípteros (Gleiser y Verdú, 2005).

Fruto indehisciente, en doble sámara con aquenios subglobulosos y alas que forman entre sí un ángulo recto o son algo convergentes, no angostadas en la base; a la madurez se separan las dos sámaras (Fig. 1) (Ruiz de la Torre, 2006). Las semillas no poseen endospermo y el embrión posee cotiledones verdes. El desarrollo de frutos partenocárpicos es muy frecuente, no pudiendo distinguirse a simple vista. En *Acer granatense*, las alas del fruto son convergentes o formando un ángulo muy pequeño, de tonos rojizos hasta pardos. Semilla plana de forma circular a ligeramente cónica, testa glauca y estriada (Fig. 2). Al comienzo de la fructificación las alas son verdes, rojas en algunos individuos y, probablemente, fotosintéticas. Las sámaras terminan de madurar en octubre (Gleiser y Verdú, 2005). Las semillas carecen de endospermo y los embriones utilizan las reservas de los cotiledones, de color verde-amarillentos (Gleiser y Verdú, 2005). El eje hipocótilo-radícula es alargado y ocupa gran parte del extremo inferior de la semilla, con la radícula orientada hacia la parte distal del ala (Zasada y Strong, 2008). El peso de la semilla varía entre 20 y 40 mg (Gómez-Aparicio *et al.*, 2007).

De dispersión anemócora, sin embargo, algunos frutos permanecen en el árbol incluso hasta el próximo periodo reproductivo. La viabilidad de los frutos es muy baja, entre el 30 y 60%, dependiendo de la incidencia de los frutos partenocárpicos, los abortos y la depredación predispersiva (Gleiser y Verdú, 2005). Los daños a la semilla los produce



Figura 1. Sámaras de *Acer opalus*
(Foto: C. Soriano).



Figura 2. Semillas de *Acer opalus*.

principalmente un curculiónido (*Bradybatus elongatulus*), cuyas larvas se alimentan de los embriones. La distribución de semillas y de plántulas de *A. opalus* es muy agregada en el espacio, a pesar de su carácter anemócoro, concentrándose la mayor parte de las semillas debajo de los árboles madre, en un radio menor de 14 m (Gómez-Aparicio, 2004; Gómez-Aparicio *et al.*, 2007). Ello contribuye al patrón de agregación de la lluvia de sámaras, 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 éstas en el espacio. Por otro lado, no parece haber un patrón de dispersión primaria de la semilla asociada a microhábitats, aunque el establecimiento es mejor en aquellos sombreados. Las pérdidas de semillas por depredación con posterioridad a la dispersión son relativamente bajas, independientemente del microhábitat, media del 15%, por lo que el consumo por depredadores no supone una importante limitación para la regeneración del arce en términos de disminución del potencial reproductivo. La emergencia y supervivencia de plántulas es mayor en zonas con presencia de arbolado que en terrenos descubiertos o pedregosos (Gómez-Aparicio *et al.*, 2007). Parece que el éxito a largo plazo depende del microhábitat, lográndose el establecimiento de juveniles sólo en microhábitats sombreados (Gómez-Aparicio *et al.*, 2005; Quero *et al.*, 2008). Como promedio, se ha observado para la especie una emergencia entre 0 y 219 juveniles m⁻², aunque la distribución de esta regeneración es fuertemente heterogénea entre microhábitats (Gómez-Aparicio *et al.*, 2007). Además de reproducirse con facilidad por semilla, brota fácilmente de cepa, soportando bien el recorte y la herbivoría, aunque compromete su dispersión.

En España se han realizado estudios con distintos marcadores en varias poblaciones, confirmando el alto nivel de polimorfismo de la especie (Segarra-Moragues *et al.*, 2008).

1.3 Distribución y ecología

Se extiende espontáneamente por el sur de Europa, norte de África, Cáucaso y Asia Menor. En Europa, sobre todo en la región balcánica. En España, se distribuye en el cuadrante nororiental desde Álava, Navarra, la Rioja, Pirineos, Cataluña y llega hasta Tarragona por el sur. *A. opalus* subsp. *granatense* es un endemismo ibérico-mauritánico, cuya distribución está restringida en España al sudeste peninsular, apareciendo poblaciones por

las montañas levantinas del interior; desde la Serranía de Ronda hasta las provincias de Lleida y Barcelona, isla de Mallorca, penetrando hasta Ciudad Real y Teruel por el interior, con poblaciones en la cordillera del Rif en Marruecos. Se encuentra en zonas de montaña, en el piso supramediterráneo, entre los (100) 300-2.000 m, formando poblaciones poco densas en canchales, hoces, barrancos, pie de cantiles rocosos, laderas pedregosas, suelos calizos, bordes de arroyo, matorrales espinosos y claros de bosque, preferentemente en lugares frescos, de orientación norte, umbrosos, donde la existencia de condiciones microclimáticas aminoran los efectos del clima mediterráneo circundante. Los rangos óptimos para la especie son: temperatura media anual entre 9 y 13,3 °C; temperatura media de las mínimas del mes más frío entre -2,1 y 1,9 °C; temperatura media de las máximas del mes más cálido entre 24,3 y 30,5 °C; precipitación anual media entre 530 y 1.010 mm; precipitación estival media entre 70 y 155 mm (Anexo I). Actualmente muchas de las poblaciones están confinadas a zonas de escasa accesibilidad. Resiste sequías bastante acusadas y estíos largos y duros, siempre que el clima sea de montaña. Es una especie de crecimiento relativamente lento, alcanzando una longevidad modesta.

Acer opalus 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. En las comunidades donde aparece el ásar se encuentra un importante cortejo florístico (*Amelanchier ovalis*, *Berberis vulgaris*, *Buxus sempervirens*, *Cornus sanguinea*, *Corylus avellana*, *Crataegus monogyna*, *Ribes* sp., *Rosa* sp.), con una extensión y una densidad muy variables. Su presencia es una señal inequívoca de un nivel de madurez de la vegetación elevado, que se produce en los claros y bordes de los ecosistemas forestales. El ásar forma parte de las orlas arbustivas de numerosos tipos de bosques de la Península Ibérica, como los planocaducifolios atlánticos (*Fagus sylvatica*, *Quercus petraea*, *Q. robur*, *Tilia cordata*, *T. plathyphyllos*), las formaciones de ribera (*Fraxinus excelsior*, *Prunus avium*, *Ulmus glabra*), los corredores interiores que forman los bosques de montaña (*Acer platanoides*, *A. pseudoplatanus*, *Sorbus aria*, *S. aucuparia*), los montes de carácter submediterráneo (*Q. faginea*, *Q. pyrenaica*), las coníferas de montaña (*Pinus nigra*, *P. sylvestris*, *Taxus baccata*), los sabinares (*Juniperus phoenicea*), enebrales (*J. communis*) y abetales (*Abies alba*, *A. pinsapo*). Desde el Maestrazgo al tercio oriental de la Cordillera Bética es frecuente que se vean en proximidad o convivencia pies con caracteres de *A. opalus* y *A. granatense*.

2. Materiales forestales de reproducción

2.1. Marco normativo. Identificación de los materiales de reproducción

Acer opalus no está incluida en el listado de especies reguladas por el Real Decreto 289/2003, si bien la subespecie *granatense* sí figura en la elenco de taxones del Decreto 15/2006 de la Comunidad Valenciana por el que se controla la producción, comercialización y utilización de los materiales forestales de reproducción en el ámbito de su territorio. A nivel nacional, las regiones de identificación donde se encuentran

poblaciones naturales de esta especie se recogen en la Figura 3 (García del Barrio *et al.*, 2001). Para el ámbito geográfico de Andalucía, Rosúa *et al.* (2001), proponen cuatro procedencias para la especie: Sierras Tejeda-Almijara-Sierra Nevada, Sierra de Baza, Sierras de Cazorla-Mágina y Serranía de Ronda.

Con el objetivo de promover la conservación de los recursos genéticos de las poblaciones naturales se recomienda el uso de materiales de la misma región ecológica de la que se va a efectuar la repoblación.

Se han realizado estudios moleculares para la diferenciación genética de la especie (Segarra-Moragues *et al.*, 2008). El iberoafricano *Acer granatense* Boiss. no cumple los criterios de “Vulnerable” a nivel nacional, pero por la fragilidad de su hábitat y por tratarse de formaciones relicticas de difícil recuperación ha sido catalogado como “De Menor Riesgo Dependiente de la Conservación” por la UICN. A su vez figura en los Catálogos de flora protegida y amenazada de algunas CC.AA. con diferente categoría. Así, en Andalucía (L. 8/2003) y Castilla-La Mancha (D. 33/1998) se la clasifica como “De interés especial”, en Baleares (D. 75/2005) como “De especial protección” y en Murcia (D. 50/2003) como “En peligro de extinción”. Está incluida como “Vulnerable” en el Libro Rojo de la Flora Amenazada de Andalucía (Blanca *et al.*, 2000). Como especie del género *hacer* está incluido en la normativa sobre pasaporte fitosanitario.



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

2.2. Técnicas de manejo y propagación

2.2.1. Semillas

La colecta de los frutos se realiza preferiblemente al final del verano, antes de que la sámara se seque excesivamente, es decir, cuando el color torna del inmaduro verde a rojizo, ya que el desarrollo del embrión está lo suficientemente avanzado como para asegurarnos su posterior germinación. La producción de semillas suele ser abundante, aunque los individuos pueden estar muy separados entre sí y con calidad de semilla muy heterogénea, por lo que conviene programar bien la cosecha de fruto para obtener la cantidad de semilla deseada. El procedimiento de cosecha es desde el suelo, por ordeño, mediante vareo o rastrillado del suelo. Una vez recolectados los frutos, el acondicionamiento de la semilla puede hacerse en función de la capacidad de procesado, ya que la sámara no presenta problemas de degradación durante su manipulación, aunque conviene mantener los frutos aireados hasta que se proceda a su limpieza. El cribado de las sámaras será suficiente para separar las impurezas que puedan acompañar a las semillas. Es imposible distinguir, por su aspecto externo, las sámaras llenas de las vacías. Además, debido a la escasa diferencia de peso entre ambas, la discriminación de las vanas es complicada. Una vez limpio el lote y desalado, la sámara se selecciona mediante separación en agua o mediante aventado. El porcentaje de semilla vana suele rondar el 15-25% del total de semilla (Tabla 1).

Las semillas presentan un comportamiento ortodoxo y son tolerantes a la desecación. Se almacenan hasta el momento de la siembra en envases herméticos, dentro de una cámara frigorífica a 4-5 °C, con una humedad entre el 5-10% (Gleiser *et al.*, 2004). Las semillas almacenadas durante dos o tres años pierden progresivamente su viabilidad. Las semillas de *A. opalus* acusan letargo en el momento de la dispersión. El responsable de ello parece ser la cubierta de la semilla, aunque también se ha observado dormición fisiológica debida a la inmadurez del embrión en el momento de la dispersión (Gleiser *et al.*, 2004). La estratificación fría sólo consigue la respuesta del 50% de las semillas viables, lo que confirmaría un doble letargo producto de una dormición fisiológica del embrión unido a una dormición endógena de la cubierta. De hecho, en la naturaleza, se encuentran semillas que germinan en la segunda primavera después de la dispersión. Se consiguen germinaciones mejores y más rápidas si previamente se estratifica la semilla en arena o turba húmeda a 4-6 °C durante 3-4 meses, antes de la siembra en primavera. Si la germinación no se completa con el estratificado, algunos autores proponen la combinación de escarificado y estratificación fría (Catalán, 1991; Gleiser *et al.*, 2004). Se han recomendado otros posibles tratamientos pregerminativos para el género *Acer*:

- Pre-refrigeración durante dos meses a 1-5 °C (Ellis *et al.*, 1985).
- Escarificado químico con ácido sulfúrico comercial durante 20 minutos (germinación del 10%) o durante 10 minutos (germinación del 18%) (Hidalgo y Perez, 1991).

No está incluida en las reglas de la ISTA. Para la evaluación de la germinación y de acuerdo con lo consignado por el citado organismo para *A. campestre* (ISTA, 2011), resulta acertado el ensayo de tetrazolio como el método para evaluar la viabilidad de los lotes. Germinación epigea. Plántula de 5-7 cm, con dos cotiledones largos y oblongos, con dos hojas primordiales con el limbo triangular y los bordes de aserrados a festoneados (Ruiz de la Torre, 1996).

Tabla 1. Datos característicos de lotes de semillas de *Acer opalus*.

Pureza (%)	Facultad germinativa (%)	Nº semillas kg ⁻¹	Referencia
		21.978-28.249	García-Fayos (1991)
91-100	57-90	17.100-27.500	Banc de Llavors Forestals (Anexo II)
90-98	35-75	9.800-24.500	CNRGF <i>El Serranillo</i> (Anexo III)

2.2.2. Vegetativa

La propagación vegetativa de esta especie es bastante difícil y las plantas obtenidas son poco vigorosas, por lo que es poco frecuente su uso. Sólo las plantas jóvenes tienen la capacidad de rebrote de cepa, perdiéndola con la edad.

En especies afines, como *Acer campestre*, se recomienda el uso de estaquillas leñosas, que deben tener entre 20 y 25 cm de longitud. Para conseguir su enraizamiento se colocan enterradas unos 10 cm, sobre un sustrato suelto, preferiblemente una mezcla de turba:perlita (2:1 volumen), en mesas de enraizado con calefacción basal (18-20 °C) y nebulización (Dirr y Heuser, 1982). Se han ensayado diferentes tratamientos con hormonas (ácido indolbutírico, 8.000 mg l⁻¹), que parecen mejorar el enraizamiento.

3. Producción de plantas

El cultivo en vivero del ásar puede hacerse tanto en contenedor como a raíz desnuda. La producción de plantas de ásar se hace mediante siembra. El elevado número de semillas vanas, por partenocarpia, abortos y depredación, aconsejan someter a la semilla, antes de sembrarla, a una inmersión en agua durante 24 h después de desalarla. De esta manera se pueden eliminar gran parte de las semillas inviables. Se recomienda realizar la pregerminación en semillero dada la desigual y tardía germinación de la semilla, 4-5 meses, y la tolerancia al trasplante de las plántulas, si se hace de forma correcta. Así, una vez aplicado el tratamiento pregerminativo y en siembras de primavera, se obtiene una germinación superior al 35%. En caso de no poder hacer los tratamientos pregerminativos, lo más recomendable es realizar la siembra en octubre con semilla limpia, en viveros que tengan condiciones invernales frías. La emergencia se produce a lo largo de la primavera, aunque en los semilleros puede prolongarse durante dos periodos de cultivo. El trasplante se hace una vez que 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 alveolo debe realizarse con sumo cuidado y vigilando que la raíz no quede doblada ni revirada evitando, así, problemas de crecimiento anómalo de la planta.

La planta tipo para trabajos de restauración forestal se cultiva en envases forestales de 400 cm³, a una savia, obteniéndose un tamaño final entre 10 y 30 cm, con un sistema radical bien conformado (Fig. 4). Pueden utilizarse, también, envases de gran volumen,

tipo maceta de 3.500 cm³, para producir planta entre 70 y 80 cm destinada a programas de restauración ecológica. El ásar también puede cultivarse como planta a raíz desnuda, preferiblemente en cultivos a dos savias, con trasplante (1-1), pudiéndose obtener en ciclos largos de cultivo planta de 100-110 cm de altura final.



Figuras 4 a y b. Plantas de *Acer opalus* de una savia (izquierda) y dos savias (derecha), cultivadas en alveolo de 300 cm³ (Fotos: CNRGF *El Serranillo*).

No existe una propuesta de programa de cultivo específico para esta especie por lo que se pueden aplicar las condiciones generales de cultivo descritas para *A. campestre*. En general, se considera que es una especie de crecimiento lento en vivero, lo que requiere ciclos largos de cultivo (dos o tres savias) para favorecer su crecimiento al máximo y obtener plantas compactas de buen valor comercial. Las plantas de altura inferior a 10 cm se consideran inadecuadas.

4. Uso en repoblaciones y restauraciones

Al igual que con otras especies de matorral mediterráneo, el ásar se ha utilizado poco en trabajos de repoblación forestal, aunque es una especie frecuente en jardinería. Su uso en trabajos de restauración ha sido circunstancial, existiendo algunos ejemplos de su uso en programas de recuperación de especies singulares, en particular en Espacios Naturales Protegidos (Jordano *et al.*, 2002).

En el caso del ásar, el establecimiento suele estar asociado a 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 de mayor supervivencia en trabajos de

revegetación con esta especie. En estas zonas 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 (Fig. 5). Las plantaciones de ásar pueden mezclarse, formando pequeños rodales, con especies arbóreas, como el pino salgareño (*Pinus nigra*), pino silvestre (*Pinus sylvestris*), quejigo (*Quercus faginea*), aceredas (*Acer* sp.), majuelo (*Crataegus monogyna*), etc. Las actuaciones de restauración tendrán lugar, normalmente, en suelos inmaduros, principalmente en ladera, pero deben evitarse los suelos con características limitantes, como los superficiales, con elevada pedregosidad o con alto contenido en arcilla. El ásar puede ser una especie 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 de fauna, incluyendo la cinegética.
- Diversificación de vegetación en masas forestales con baja madurez, favoreciendo los procesos de restauración de la vegetación y la densificación de cubiertas, como en las repoblaciones de *Pinus nigra* y *P. sylvestris* (Vallauri *et al.*, 2002). Lo anterior es particularmente importante en las repoblaciones 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.



Figura 5. Repoblación de *Acer opalus* bajo *Erinacea* sp. (Foto: J.L. Quero).

El temperamento de la especie y su rusticidad la hace también apta para trabajos de jardinería, como plantaciones o setos. Es frecuente verla en jardines de la zona atlántica o en labores de mejora paisajística. Debido a la disposición patente de sus hojas, la densidad de ramaje y su potente sistema radical, posee un alto valor protector frente a la erosión hídrica (Ruiz de la Torre, 2006).

5. Planificación de la repoblación

El método de establecimiento del ásar en trabajos de restauración, tanto en medios forestales como en trabajos de jardinería, ha sido la plantación. La opción de la siembra directa en campo no parece adecuada en la mayoría de los emplazamientos en nuestro país, pero la experiencia puede valorarse teniendo en cuenta los resultados obtenidos en otros países (Dostálek *et al.*, 2006; Frochot *et al.*, 2009).

Debido a la falta de experiencia de repoblaciones con esta especie se pueden aplicar todas las consideraciones realizadas, en este apartado, para *A. campestre*.

La densidad de plantación de esta especie 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 ásar suele beneficiarse del efecto facilitador de los matorrales (Gómez-Aparicio, 2004) 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 100 pies ha⁻¹, que irá disminuyendo progresivamente hacia las zonas menos adecuadas al interior de masas arboladas o terrenos descubiertos, que se dejarían para otras especies menos exigentes y en densidad variable, menor de 50 pies ha⁻¹. La estructura creada conseguirá proporcionar una matriz de vegetación más compleja, y al ser moderada la competencia, las plantas se mantienen con un elevado vigor vegetativo y una buena ramificación.

Puede ser recomendable el uso de tubos protectores dado su temperamento y su alta palatabilidad, por lo que es una especie muy atractiva para los herbívoros. Se han realizado ensayos para mejorar su establecimiento mediante el uso de tubos invernadero (Oliet *et al.*, 2003), siendo recomendable, por el mayor crecimiento que producen en la planta, el uso de tubos ventilados (Tabla 2). En zonas de montaña puede ser un problema el uso de tubos cerrados por la acumulación de nieve en su interior, por lo que es más recomendable el uso de mallas protectoras.

Posiblemente la regeneración natural es la mejor alternativa para recuperar poblaciones naturales de esta especie, tal y como se ha observado en varios estudios que evalúan los procesos de regeneración en ecosistemas naturales, tanto en pinares, como en formaciones de matorral o terrenos descubiertos (Baraza *et al.*, 2006; Gómez-Aparicio *et al.*, 2008). La herbivoría puede ser una limitación muy importante en estos procesos, no sólo para el arce, sino para el conjunto de especies del cortejo de las aceredas (*Crataegus* spp.,

Sorbus spp., etc.), por lo que se recomienda una adecuada gestión de las manchas de matorrales de montaña en las zonas susceptibles de ser restauradas. La conservación a largo plazo de la especie pasa, inevitablemente, por la disminución de la presión de herbívoros en la montaña mediterránea (Gómez-Aparicio *et al.*, 2008). En los últimos años la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía está promoviendo algunos trabajos de restauración de espinares mediterráneos, que incluyen numerosas especies de la vegetación de montaña, que suponen también procesos de restauración de formaciones de *Acer* (Jordano *et al.*, 2002). Es una especie muy sensible a otras perturbaciones como el fuego, dado que las semillas no germinan después de los incendios, aunque tienen la capacidad de rebrotar de cepa (Pausas *et al.*, 2004).

Tabla 2. Valores medios de supervivencia y de atributos morfológicos de plantas de *Acer opalus* subsp. *granatense* en Alcóntar (Almería) tras 2 años en campo y en respuesta a distintos tipos de tubo invernadero (preparación del terreno: subsolado; plantación: febrero de 1997; precipitación media de la zona: 332 mm; precipitaciones anuales del período ensayado: 722 mm (1997) y 179 mm (1998); se ensayaron tubos invernadero empleados en clima supramediterráneo) (Oliet *et al.*, 2003).

Modelo de tubo	Agrotubo	Cartón plástico	Fortetub	Silvitub	Tubex60	Control
Supervivencia (%)	87	80	63	73	79	17
Altura total (cm)	53,6	32,0	31,5	32,2	35,5	15,5
Diámetro del cuello de la raíz (mm)	4,0	3,7	3,4	3,8	3,5	3,9

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].
- BARAZA E., ZAMORA R., HÓDAR J., 2006. Conditional outcomes in plant-/herbivore interactions: neighbours matter. *Oikos* 113, 148-156.
- BLANCA G., CABEZUDO B., HERNÁNDEZ-BERMEJO J.E., HERRERA C.M., MUÑOZ J., VALDÉS B., 2000. Libro Rojo de Flora Amenazada de Andalucía. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, Sevilla.
- CARRIÓN M., SÁNCHEZ P., GÜEMES J., 2000. Primera aproximación al significado taxonómico de la variabilidad foliar de *Acer opalus* Gr. en la Península Ibérica. *Portugaliae Acta Biol.* 19, 239-248.
- 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. 119-121.
- DIRR M., HEUSER C.W., 1987. The reference manual of woody plant propagation. From seed to tissue culture. Varsity Press, Athens, Georgia, USA.
- DOSTÁLEK J., WEBER M., MATULA S., FRANTIK T., 2006. Forest stand restoration in the agricultural landscape: The effect of different methods of planting establishment. *Ecol. Eng.* 29, 77-86.
- ELLIS R.H., HONG T.D., ROBERTS E.H., 1985. Handbook of seed technology for genebanks. Vol. 2. Compendium of specific germination information and test recommendations. International Board for Plant Genetic Resources, Rome.

- FERNÁNDEZ LÓPEZ J., DÍAZ VÁZQUEZ R., COGOLLUDO AGUSTÍN M., PEREIRA LORENZO S., 2000. Conservación de recursos genéticos de las frondosas nobles de España. *Invest. Agr.: Sist. Recur. For.* 2, 71-93.
- FROCHOT H., BALANDIER P., SOURISSEAU A., 2009. Seed dormancy and consequences for direct tree seeding. En: *Proceedings final COST E47 Conference. Forest and Landscape Working Papers* 35, 43-45.
- 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. 1.
- GLEISER G., VERDÚ M., 2005. Biología reproductiva de *Acer opalus* subsp. *granatense*. *Iberis* 3, 9-16.
- GLEISER G., PICHER M.C., VEINTIMILLA P., MARTÍNEZ J., VERDÚ M., 2004. Seed dormancy in relation to seed storage behaviour in *Acer*. *Bot. J. Linn. Soc.* 145, 203-208.
- GLEISER G., SEGARRA-MORAGUES J., RICHARD J., VERDÚ M., 2008 a. Siring success and paternal effects in heterodichogamous *Acer opalus*. *Ann. Bot.* 101, 1017-1026.
- GLEISER G., VERDÚ M., SEGARRA-MORAGUES J., GONZÁLEZ-MARTÍNEZ S., 2008 b. Disassortative mating, sexual specialization, and the evolution of gender dimorphism in heterodichogamous *Acer opalus*. *Evolution* 62(7), 1676-1688.
- GÓMEZ APARICIO L., 2004. Papel de la heterogeneidad en la regeneración del *Acer opalus* subsp. *granatense* en la montaña mediterránea: implicaciones para la conservación y restauración de sus poblaciones. *Ecosistemas* 13(3), 123-128.
- GÓMEZ-APARICIO L., ZAMORA R., GÓMEZ MEZ J.M., 2005. The regeneration status of the endangered *Acer opalus* subsp. *granatense* throughout its geographical distribution in the Iberian Peninsula. *Biol. Conserv.* 121, 195-206.
- GÓMEZ-APARICIO L., GÓMEZ J., ZAMORA R., 2007. Spatiotemporal patterns of seed dispersal in a wind-dispersed Mediterranean tree (*Acer opalus* subsp. *granatense*): implications for regeneration. *Ecography* 30, 13-22.
- GÓMEZ-APARICIO L., ZAMORA R., CASTRO J., HÓDAR J., 2008. Facilitation of tree saplings by nurse plants: Microhabitat amelioration or protection against herbivores? *J. Veg. Sci.* 19, 161-172.
- HIDALGO A., FEREZ M.C., 1991. Experiencias sobre la propagación de especies autóctonas en el vivero el Hornico de la Escuela Taller Guadalquivir. En: *ARBA Propagación de especies autóctonas y restauración de la vegetación natural*. ARBA-COMADEN, Madrid. pp. 34-49.
- ISTA (International Seed Testing Association), 2011. *International rules for seed testing*. Edition 2011. ISTA, Bassersdorf, Switzerland.
- JORDANO P., ZAMORA R., MARAÑÓN T., ARROYO J., 2002. Claves ecológicas para la restauración del bosque mediterráneo. Aspectos demográficos, ecofisiológicos y genéticos. *Ecosistemas* 1, 1-12. Disponible en: <http://www.revistaecosistemas.net/pdfs/312.pdf> [1, Oct 2011].
- LEMOINEA D., PELTIERB J.P., MARIGOB G., 2001. Comparative studies of the water relations and the hydraulic characteristics in *Fraxinus excelsior*, *Acer pseudoplatanus* and *A. opalus* trees under soil water contrasted conditions. *Ann. For. Sci.* 58, 723-731.
- LÓPEZ GONZÁLEZ G., 1982. *La guía INCAFO de los árboles y arbustos de la Península Ibérica*. Ed. INCAFO, Madrid.
- MENDOZA I., ZAMORA R., CASTRO J., 2009. A seeding experiment for testing tree- community recruitment under variable environments: implications for forest regeneration and conservation in Mediterranean habitats. *Biol. Conserv.* 142, 1491-1499.

- OLIET J.A., NAVARRO CERRILLO R.M., CONTRERAS O., 2003. Evaluación de la aplicación de tubos y mejoradores en repoblaciones forestales. Junta de Andalucía, Consejería de Medio Ambiente. Manual de Restauración Forestal 2.
- PAUSAS J., BRADSTOCK R., KETH D., 2004. Plant functional traits in relation to fire in crown-fire ecosystems. *Ecology* 105, 1085-1100.
- QUERO J.L., GÓMEZ-APARICIO L., ZAMORA R., MAESTRE F.T., 2008. Shifts in the regeneration niche of an endangered tree (*Acer opalus* subsp. *granatense*) during ontogeny: using an ecological concept for application. *Basic Appl. Ecol.* 9, 635-644.
- 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.
- RUIZ DE LA TORRE J. (dir.), 1996. Manual de la Flora para la Restauración de Áreas Críticas y Diversificación en Masas Forestales. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía.
- RUIZ DE LA TORRE J., 2006. Flora Mayor. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Dirección General para la Biodiversidad, Madrid. pp. 1171-1175.
- SEGARRA-MORAGUES J., GLEISER G., GONZÁLEZ-CANDELAS F., 2008. Isolation and characterization of microsatellite loci in *Acer opalus* (*Aceraceae*), a sexually-polymorphic tree, through an enriched genomic library. *Conserv. Genet.* 9, 1059-1062.
- VALLAURI D., ARONSON J., BARBERO M., 2002. An analysis of forest restoration 120 years after reforestation on badlands in the Southwestern Alps. *Restor. Ecol.* 10(1), 16-26.
- VERDÚ M., GARCÍA-FAYOS P., GLEISER G., 2004. Mites attack males of the sexually polymorphic tree *Acer opalus* more harmfully and more often. *Funct. Ecol.* 18, 592-597.
- ZASADA J., STRONG F., 2008. *Acer* 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. 204-216.

Acer platanoides L.

Arce, acirón; *cat.*: blada; *eusk.*: askar

Óscar CISNEROS GONZÁLEZ, José SANTANA PÉREZ, Javier LIGOS
MARTÍNEZ, Antonio TURRIENTES CALZADA

1. Descripción

1.1. Morfología

El arce crece hasta los 25-30 m, forma una gran copa oval y globosa, de sombra densa. Es un árbol de corteza lisa, al final agrietada longitudinalmente, con tronco recto y grueso y ramas patentes. En general conforma un árbol de elevado valor estético por sus dimensiones, la regularidad y el alcance de su copa pero, sobre todo, se aprecia por el verde pálido de las hojas que pasa a amarillo en otoño y por los corimbos de flores, muy vistosas porque se abren antes de la foliación. Las yemas son opuestas, gruesas, con dos o tres escamas rojizas. Las hojas son grandes, palmeadas, con 5 lóbulos y dientes agudos muy marcados y un peciolo largo en cuyo interior se encuentra un jugo blanco (López González, 2001; Ruiz de la Torre, 2006).

El sistema radical es pivotante y, además, cuenta con fuertes raíces laterales oblicuas que alcanzan bastante profundidad, lo que en conjunto proporciona un anclaje potente, resistente al viento (Franc y Ruchaud, 1996).

1.2. Biología reproductiva

La floración, que precede brevemente a la foliación, tiene lugar en primavera (abril-mayo). Es terminal, sobre corimbos erectos en los que se desarrollan flores pequeñas de color verde amarillento. Las flores son hermafroditas, pero se comportan funcionalmente como masculinas o femeninas, de forma que se componen o bien de estambres o bien de pistilo. Existen árboles en los que la floración femenina es anterior a la masculina (protóginos) y pies con floración masculina previa a la femenina (protandros), lo que en conjunto describe la floración del arce como heterodicogámica. Sin embargo, este mecanismo de separación de sexos no parece ser un mecanismo de autoincompatibilidad completo ya que en el mismo árbol se solapan ambas floraciones.

La polinización es entomófila, fundamentalmente por abejas. La antesis se produce de la base a la cima de la copa y de dentro hacia fuera. En general, hay menos semillas en la base de la copa, que suele tener más flores masculinas que la cima (Tal, 2011).

Los frutos son sámaras dobles, monospermas, con alas opuestas, formando un ángulo casi llano. Maduran al principio del otoño, septiembre-octubre, cuando pasan de color verde a marrón claro, tras lo cual se inicia su dispersión, completada antes del invierno, octubre-noviembre, y favorecida por el viento y, a veces, por el agua. Merced a su ala suelen llegar hasta 2 ó 3 veces la altura del árbol madre. Dentro del fruto se pueden observar a

los cotiledones completamente verdes aún cuando el fruto está en plena fase de letargo. Suszka *et al.* (1994) sitúan la edad de primera floración a los 20 años cuando crece aislado y a los 40 en situaciones de competencia. Rebrotó de cepa.



Figura 1. Sámaras de *Acer platanoides*
(Foto: J. Santana).



Figura 2. Semillas de *Acer platanoides*.

1.3. Distribución y ecología

Es espontáneo en el centro y este de Europa, Asia Menor y Cáucaso. Alcanza por el norte la latitud 63° N, desde el sur de Suecia, Noruega y Finlandia hasta el Cáucaso en Rusia y descende hasta 43° N, en los Pirineos, norte de Italia, Grecia y Turquía, hasta el norte de Irán (CAB International, 2000). Como especie ornamental se ha introducido en las Islas Británicas y norte de América, donde se encuentra como especie asilvestrada y es considerada invasora.

En la Península Ibérica es un árbol escaso, limitado a las montañas del norte, desde Asturias hasta los Pirineos, donde alcanza su presencia más notable. Blanco *et al.* (1997) recogen su presencia, principalmente, en dos formaciones: el bosque mixto planocaducifolio del norte peninsular y el hayedo-abetal del Pirineo. También se cita entre pinos de montaña (*Pinus sylvestris*, *P. uncinata*) y robledales (*Quercus petraea*, *Q. robur*).

Ruiz de la Torre (2006) indica que las hojas carecen de estomas y cuentan con una epidermis muy fina que cubre una única capa de parénquima, lo que indica que se trata de una especie adaptada a estaciones sin déficit hídrico y con suficiente humedad ambiental.

Ocupa exposiciones de umbría, sobre suelos ricos en nutrientes, salpicado en los bosques citados o bien en situaciones intrazonales como riberas o roquedos (Ruiz de la Torre, 2006). Crece desde el nivel del mar hasta 1.750 m.

La escasa presencia de la especie en España no proporciona una adecuada representación del rango ecológico en el que se puede implantar. De la revisión de la autoecología de la especie se extraen los siguientes rangos (CAB International, 2000):

- Altitud: 500-1.500 m
- Precipitación anual: 600-1.600 mm

- Duración del periodo de sequía: 2-3 meses
- Temperatura media anual: -2-14 °C
- Media de las máximas del mes más calido: 8-24 °C
- Media de las mínimas del mes más frío: -12-8°C
- Mínima absoluta: -25 °C.

La principal limitación a su expansión la constituye la sequía, por lo que es frecuente que aparezca asociado a situaciones fisiográficas que facilitan la acumulación de agua, como los fondos de valle, pies de ladera, vaguadas, etc. El rango de pH en el que mejor se desarrolla oscila de 6 a 8. Los suelos en los que aparece de forma silvestre son profundos y ricos, aunque también se recoge en la bibliografía que este arce puede desarrollarse en terrenos de escasa fertilidad. Es reseñable su capacidad para sobrevivir en suelos contaminados con metales pesados. Savill (1991) lo cita como resistente a la contaminación atmosférica y al viento salino, por lo que se ha empleado como especie ornamental en ciudades y costas. Otra característica de interés en la restauración forestal es la tolerancia al encharcamiento temporal (CAB International, 2000).

En cuanto al temperamento, este arce es una especie tolerante, probablemente una de las especies que en las primeras edades mejor soporta la sombra y la competencia entre los árboles peninsulares. Esta cualidad, junto con su importante crecimiento juvenil y la prolífica producción de semilla, ha convertido al arce en una especie invasora en numerosos bosques de Norteamérica y Europa. Entre los diversos procesos que se inician cuando una especie exótica se instala en un bosque, Gómez-Aparicio *et al.* (2008) señalan uno asociado al arce, la mejora en fertilidad del suelo por su capacidad para movilizar y reciclar nutrientes. De esta forma, la presencia del arce puede beneficiar a los árboles con mayor capacidad para aprovechar la riqueza mineral de una estación (cerezo, fresno, plátano,...) frente a otras especies con menor capacidad de crecimiento, las cuales, además, se verán sombreadas precozmente por la copa del arce.

2. Materiales forestales de reproducción

2.1. Marco normativo. Identificación de los materiales de reproducción

Acer platanoides es una especie incluida en la normativa europea relativa a la producción y comercialización de los materiales forestales de reproducción y cuyas regiones de procedencia en España se han establecido por el método divisivo (Fig. 3, Tabla 1).

No existen trabajos sobre diversidad de la especie en España que puedan servir para recomendar el uso de las distintas fuentes semilleras. Se trata de una especie de distribución fragmentada, polinización entomófila, poblaciones pequeñas, con dispersión del fruto limitada y especializada en su hábitat, por lo que se espera que exista gran variabilidad entre poblaciones (Eriksson *et al.*, 2003). Las poblaciones de la Península se corresponden con el límite meridional de su distribución. Aunque esta situación podría implicar una menor diversidad respecto a las poblaciones del área central, en estudios realizados en las poblaciones marginales del límite septentrional se ha comprobado que esta hipótesis no es correcta (Rusanen *et al.*, 2003). Por otra parte, a las poblaciones

marginales se les puede suponer algún tipo de adaptación a las condiciones que limitan la expansión de la especie. Ambas reflexiones invitan a recomendar el uso del material local en las repoblaciones del norte peninsular, sin que sea necesario contar con materiales de otras fuentes.



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

La escasa representación territorial motiva que tan sólo se cuente con dos fuentes semilleras en el Catálogo Nacional de Materiales de Base, situadas en las provincias de Guipúzcoa y Lleida. A pesar de su reducida presencia en nuestro país, actualmente no está incluida en ningún Catálogo relativo a especies protegidas o amenazadas. Como especie del género *Acer*, está incluido en la normativa del pasaporte fitosanitario.

2.2. Técnicas de manejo y propagación

2.2.1. Semillas

Las sámaras se recogen del árbol, en septiembre-octubre, antes de que los frutos pasen del verde al marrón, ya que en este momento se desprenden de forma natural y rápida. Es un árbol muy prolífico, de un individuo aislado se recogen hasta 15 kg de sámaras (Suszka

Tabla 1. Descripción de las áreas con presencia de *Acer platanoides* 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			
3	1,8	189	189	189	1072	155	0	13,1	23,7	3,7	11,2	0	CMtu(100)
6	5,3	247	267	212	1771	262	0	13,0	25,7	2,2	13,2	0	FLe(67) CMtu(33)
7	5,3	590	676	538	784	131	0,9	11,2	26,8	-0,1	15,3	0,6	CMc(67) CMtu(33)
8	73,7	1532	2174	886	1128	265	0	6,7	21,9	-5,5	16,6	5,6	CMtu(55) LPd(24) RK(14)
9	8,8	865	1171	575	1033	267	0	10,7	25,8	3,6	15,6	2,7	CMc(100)
10	3,5	89	98	80	686	126	1,8	15,9	30,7	3,1	16,2	0	FLe(50) LVv(50)
16	1,8	826	826	826	530	86	2,5	11	28,7	-1,4	17,3	2,6	FLe(100)

et al., 1994). La recogida irá seguida de una eliminación de las impurezas groseras y de un extendido y secado de las sámaras, protegiendo en todo momento los frutos de las pudriciones. De detectarse un porcentaje alto de semillas vanas será preciso el desalado y su separación por aventado o flotación.

Las semillas son ortodoxas. Para su conservación a largo plazo se pueden secar hasta el 8-11% de humedad y mantenerse en el intervalo entre -3 y -10 °C. En cualquier caso, las cosechas son abundantes y frecuentes, por lo que no se suele conservar a largo plazo.

La dormición de estas semillas se elimina mediante estratificación fría. A imitación del efecto que tiene la nieve sobre las semillas en condiciones naturales, la estratificación húmeda a 3 °C asegura una buena germinación, tras 12-14 semanas. Este proceso se puede realizar de forma natural sobre las semillas sembradas inmediatamente tras la recolección en otoño, sometidas directamente a las condiciones de humedad y frío del exterior. Si las semillas se conservan sin deshidratar en recipientes herméticos de 3 a -3 °C, se observa una buena germinación cuando se estratifican a 3 °C después de 6-8 semanas. Sin embargo, si las semillas se deshidratan hasta el 8-10% de humedad, requieren 8-10 semanas de estratificación. Esto se debe a que las semillas sin deshidratar mantienen elevados porcentajes de humedad, incluso del 35% en recipientes herméticos, lo que unido a las bajas temperaturas es suficiente para que pasen la fase de dormición (Suszka *et al.*, 1994).

Tabla 2. Datos característicos de lotes de semillas de *Acer platanoides*.

Pureza (%)	Facultad germinativa (%)	Nº semillas kg ⁻¹	Referencia
90	80	7.500	Aldhous (1972)
92-97	50-80	3.000-8.500-11.100	Catalán (1991)
	40	2.800-10.300 (6.300-7.500)	Piotto (1992)
	80	7.500	Savill (1991)
80-90	85	2.800-6.300-10.300	Suszka <i>et al.</i> (1994)
85-95 ⁽¹⁾	70-100 ⁽¹⁾		Suszka <i>et al.</i> (1994)
	30-81	2.810-6.320-10.300	Zasada y Strong (2008)
95-99	50-90 ⁽²⁾	6.300-10.400	CNRGF <i>El Serranillo</i> (Anexo III)
85-100		8.700-10.000	Vivero Central JCyL (Anexo IV)

⁽¹⁾ Rangos de calidad admitidos por el Servicio Forestal de Polonia

⁽²⁾ Ensayos al tetrazolio

Además de la capacidad de mantener elevados porcentajes de humedad sin que las bajas temperaturas les afecten, las semillas del arce se caracterizan por la necesidad de contar con temperaturas bajas para la germinación. Las fases cálidas tras la estratificación afectan negativamente a la germinación. Jensen (2001) indica que la germinación se inhibe de forma creciente a partir de 10-15 °C y considera que el valor inferior crítico de

temperatura es $-2,6$ °C y el superior está entre 30 y 35 °C. La exposición de las semillas a temperaturas por encima de 10 °C alarga el tiempo requerido para pasar la dormición primaria. El perfil del requerimiento térmico de la especie parece confirmar la adaptación a las condiciones del norte de la región templada. Así, las temperaturas altas del otoño retrasan la salida de la dormición e impiden que las semillas emerjan antes del final del invierno, mientras que la capacidad de germinar a temperaturas relativamente bajas permite que las plántulas se establezcan en primavera antes de que los suelos se desequen al principio del verano. Existe, no obstante, un riesgo de daños a las plántulas por el frío, por lo que se ven favorecidas las semillas que han crecido bajo la cubierta de la hojarasca (Jensen, 2001). La germinación es epigea.

Para los lotes de semillas de *A. platanoides*, la ISTA (2011) establece como método para evaluar su viabilidad la germinación en arena a una temperatura constante de 20 °C, al menos 21 días, previa estratificación en frío de 2 meses. Recomienda retirar el pericarpio antes del ensayo y señala que las semillas, recién recolectadas y sin secar, presentan mayor durmancia que las secadas o almacenadas. La Forestry Commission (2010) propone como condiciones térmicas del ensayo la alternancia 3-20 °C, según un ciclo de 16-8 horas, durante 28 días.

2.2.2. Vegetativa

La reproducción vegetativa en el caso del arce se limita a la producción mediante injerto, estaquillado o cultivo *in vitro* de las variedades ornamentales, escogidas habitualmente por su coloración. Dentro del campo forestal, Francia ha realizado un esfuerzo de investigación para clonar arces ondulados, especialmente valorados por los *luthiers* para la fabricación de diversos instrumentos de cuerda (Verger y Cornu, 1992). Aunque la mayor parte de estos árboles pertenecen a la especie *A. pseudoplatanus*, también se incluyen ejemplares de *A. platanoides*. El método empleado en estos trabajos ha sido el estaquillado. Desconocemos su aplicación e interés en nuestro país.

3. Producción de plantas

El cultivo en vivero de *A. platanoides* puede hacerse tanto en contenedor, como a raíz desnuda. Las semillas se siembran habitualmente en otoño, tras la recolección, para que el proceso de estratificación fría suceda directamente en las bandejas o en las eras. Se recomienda un tratamiento previo con fungicida, debido a la elevada humedad y superficie de la sámara. En caso de tener que esperar a la primavera será preciso aplicar la estratificación previa en frío. Es necesario proteger las semillas del frío intenso, por lo que puede ser necesario taponarlas según la ubicación del vivero. Para producir planta a raíz desnuda, Suszka *et al.* (1994) proponen la siembra de 4 kg de sámaras por área para siembras en surcos y el doble para siembras en eras. La producción esperada es 10.000 y 30.000 plantas por área respectivamente.

En España no hay establecidas normas específicas de calidad relativas a la planta de *A. platanoides*. Sí, en cambio, en Francia, las cuales han sido propuestas por Balleux y Van Leberghe (2006) y se detallan en la Tabla 3.



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

Tabla 3. Valores de atributos morfológicos y, en su caso, volumen de contenedor establecidos por la normativa francesa para plantas de *Acer platanoides* (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

4. Uso en repoblaciones y restauraciones

El arce se ha empleado escasamente en repoblaciones en nuestro país. Se ha utilizado, en general, como elemento diversificador en repoblaciones con otras especies. Su uso mayoritario es el ornamental, en particular en jardines y alineaciones, a partir de los que puede expandirse hacia terrenos próximos.

En la Tabla 4 se puede observar que la producción de plantas recogida en las estadísticas oficiales es muy escasa. Aunque hay que contar que existe importación de plantas, la superficie plantada anualmente, con una densidad promedio de 800 árboles ha⁻¹, puede representar 20-30 ha, en el mejor de los casos. Se trata por lo tanto de una especie con poca utilización en la restauración forestal.

Tabla 4. Estadísticas de recolección de semillas y producción de plantas de *Acer platanoides* (MARM, 2005-2009).

Año	Semillas (kg)	Plantas (miles)
2005	36,06	0,0
2006	13,31	3,0
2007	12,91	0,0
2008	15,75	5,1

5. Planificación de la repoblación

El crecimiento inicial es muy vigoroso en las estaciones fértiles y húmedas, aunque es sensible a la competencia herbácea y especialmente frágil frente al ataque de la fauna por su delgada corteza. Las hojas y los brotes son muy apetecibles para los herbívoros, por lo que es necesario planificar algún sistema de protección si existe presencia de ganado o caza.

Tolera la competencia, de hecho se beneficia del crecimiento con protección lateral, porque su corteza es sensible al exceso de insolación directa, en particular cuando se aclara con intensidad. Esta característica favorece la plantación en densidades superiores a otras frondosas con las que comparte estaciones, como cerezo o fresno. La densidad de plantación propuesta por Balleux y Van Leberghe (2006) varía entre 1.000 y 2.000 árboles ha⁻¹, aunque Franc y Ruchaud, (1996) la rebajan hasta 300-1.200 árboles ha⁻¹. A la vista de los resultados obtenidos en España con otras frondosas de ecología similar y de mayor utilización, se puede aventurar que el rango de 625 a 1.100 árboles ha⁻¹ puede ser adecuado de forma general. También es recomendable que en caso de mezcla de especies, el arce se utilice por bosquetes, para evitar que su elevada capacidad de competir durante los primeros años impida el desarrollo de otras especies (Savill, 1991).

Para el fomento de la diversidad en bosques, Franc y Ruchaud (1996) recomiendan plantar en claros de al menos 10 áreas, de forma que el arce cuente con un abrigo lateral proporcionado por árboles cuyas copas se sitúen a 6-8 m de la primera línea de plantación.

El arce se ha plantado en alineaciones ornamentales con excelentes resultados, por lo que se puede recomendar, para este objetivo, en la separación de vías o fincas, incluso para la creación de setos por su elevada capacidad para rebrotar de cepa. En buenas condiciones estacionales se puede compatibilizar el uso ornamental de las alineaciones con la producción de madera, siempre que se realicen podas de formación y calidad para alcanzar al menos una troza de 3 m.

6. Bibliografía

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. 69-72.

- BALLEUX P., VAN LEBERGHE P., 2006. Guide technique pour des travaux forestiers de qualité. Ed. Ministère de la Région Wallonne, DGRNE-DNF, Namur, Bélgica. Fiche technique n°17.
- 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.
- CAB INTERNATIONAL, 2000. Forestry Compendium Global Module. 1998-2000. Wallingford. Reino Unido.
- 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. 119-121.
- ERIKSSON G., BLACK-SAMUELSSON S., JENSEN M., MYKING T., RUSANEN M., SKROPPA T., VAKKARI P., WESTERGAARD L., 2003. Genetic variability in two tree species, *Acer platanoides* L. and *Betula pendula* Roth, with contrasting life-history traits. Scand. J. For. Res. 18, 320-331.
- 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]
- FRANCA., RUCHAUD F., 1996. Autécologie des feuillus précieux: frêne commun, merisier, érable sycomore, érable plane. Cemagref, Riom, Francia.
- GOMEZ-APARICIO L., CANHAM C.D., MARTIN P.H., 2008. Neighbourhood models of the effects of the invasive *Acer platanoides* on tree seedling dynamics: linking impacts on communities and ecosystems. J. Ecol. 96, 78-90.
- ISTA (International Seed Testing Association), 2011. International rules for seed testing. Edition 2011. ISTA, Bassersdorf, Switzerland.
- JENSEN M., 2001. Temperature relations of germination in *Acer platanoides* L. seeds. Scand. J. For. Res. 16, 404-414.
- LÓPEZ GONZÁLEZ G.A., 2001. Los árboles y arbustos de la Península Ibérica e Islas Baleares. Tomo II. Ed. Mundi-Prensa, Madrid. pp. 1072-1076.
- MARM (Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino). 2005-2009. Anuario de estadística forestal 2006. [en línea]. Disponible en: <http://www.marm.es/es/biodiversidad/temas/montes-y-politica-forestal/estadisticas-forestales/> [1 Nov, 2011].
- PIOTTO B., 1992. Semi di alberi e arbusti in Italia: come e quando seminarli. Società Agricola e Forestale (Grupo ENCC), Roma.
- RUIZ DE LA TORRE J., 2006. Flora Mayor. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Dirección General para la Biodiversidad, Madrid. pp. 1162-1169.
- RUSANEN M., VAKKARI P., BLOM A., 2003. Genetic structure of *Acer platanoides* and *Betula pendula* in northern Europe. Can. J. For. Res. 33, 1110-1115.
- SAVILL P.S., 1991. The silviculture of trees used in British forestry. CAB International, Wallingford, UK.
- SUSZKA B., MULLER C., BONNET-MASIMBERT M., 1994. Graines des feuillus forestiers. De la récolte au semis. INRA. Paris, Francia.
- TAL O., 2011. Flowering phenological pattern in crowns of four temperate deciduous tree species and its reproductive implications. Plant Biol. 13, 62-70.
- VERGER M., CORNU D., 1992. Premier bilan du programme de multiplication végétative de l'érable oncé. Rev. For. Franç. 44,156-159.
- ZASADA J., STRONG F., 2008. *Acer* 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. 204-216.

Acer pseudoplatanus L.

Arce, arce blanco, falso plátano; *cat.*: blada; *eusk.*: azkar, askar, astigar; *gall.*: pradoiro, pradairo

José Manuel BLANCO LÓPEZ, Óscar CISNEROS GONZÁLEZ, José SANTANA PÉREZ, Javier LIGOS MARTÍNEZ, Antonio TURRIENTES CALZADA

1. Descripción

1.1. Morfología

Árbol que puede alcanzar hasta 30 m de altura, de copa amplia, oval o trasovada, densa. Ramas patentes o erecto-patentes, muy abiertas. Su corteza es lisa y de tonos grisáceos, aunque, a partir de los 30-40 años, comienza a agrietarse desprendiéndose en forma de placas parecidas a las del plátano. Cepa fuerte y gruesa y numerosas raíces superficiales. Las hojas son caducas, simples, palmeadas, divididas hasta la mitad de la lámina en cinco lóbulos aovados, cubiertas por un tomento algodonoso en el envés y lampiñas o pubescentes sólo en la nerviación, con los bordes provistos de gruesos dientes algo desiguales que, frecuentemente, se curvan en forma de sierra. Su pecíolo es muy largo, carecen de estípulas y están en disposición opuesta, al igual que las ramas. Son grandes, de unos 10-15 cm, lo mismo se puede decir de las yemas apicales centrales, las cuales alcanzan 15 mm de longitud y son de un llamativo color verde. Brota fácilmente de cepa y soporta bien la sombra. El crecimiento es relativamente rápido los primeros años, luego lento. Puede vivir de 150 a 200 años (López González, 2001; Ruiz de la Torre, 2006).

1.2. Biología reproductiva

Las flores son pequeñas y se disponen en gran número en inflorescencias colgantes denominadas tirsos. El sistema reproductivo es complejo. Aunque son hermafroditas, abortan los pistilos o los estambres, con lo que se pueden considerar masculinas o femeninas a efectos prácticos. En el mismo tirso, las flores apicales son generalmente masculinas y las de la base femeninas. No es frecuente encontrar árboles que sólo cuenten con flores masculinas o femeninas (Suszka *et al.*, 1994). Bignelli (1999 a) agrupa los individuos según la fenología de la floración en: árboles masculinos, árboles protóginos (florece antes las flores femeninas) y árboles protandros (florece antes las flores masculinas). Tal (2009) considera que la fenología de la floración confirma a esta especie como heterodiógama, con árboles protandros y protoginos que solapan su floración de forma que la polinización es efectiva entre ambos grupos. La floración coincide aproximadamente con la apertura de las hojas, en abril o mayo.

La polinización es entomófila, aunque el viento también es vehículo para el polen, en particular en árboles aislados. Se han citado como agentes polinizadores especialmente relevantes a las abejas (Bignelli, 1999 a) y a los trips (Tal, 2009). Se sabe que es al

menos parcialmente autocompatible (Belletti *et al.*, 2007), aunque el mecanismo de heterodicogamia supone suficiente garantía para la polinización cruzada. Se ha estimado que un racimo tarda entre una y dos semanas en abrirse por completo y la duración de la floración masculina supera a la de la femenina.

Los frutos son dos sámaras monospermas, algo infladas, unidas por la base y con las alas formando un ángulo de 60-90°, estrechadas en la base y ensanchadas hacia el extremo, que se separan al dispersarse. Los frutos maduran en septiembre y caen a finales del otoño o principio del invierno, siendo dispersados por el viento y, ocasionalmente, por el agua.

En árboles aislados el árbol florece de forma esporádica entre el décimo y el décimoquinto año, aunque Cundal *et al.* (1998) citan árboles en ensayos que florecieron al quinto año. En masas forestales florecen alrededor de los 25 años. La fructificación se inicia de forma regular entre los 15 y 30 años en árboles solitarios y entre los 25 y 40 para los crecidos en competencia (Suszka *et al.*, 1994; Bonsen, 1996).



Figura 2. Semillas de *Acer pseudoplatanus*.

Figura 1. Sámaras de *Acer pseudoplatanus*
(Foto: J.I. García Viñas).

Es un árbol extraordinariamente prolífico. Lo habitual es que fructifique anualmente y que gran cantidad de sámaras se propaguen ayudadas por el viento a cierta distancia del árbol, entorno a 90 m según Bingelli (1999 c). En la naturaleza el periodo de dormición es corto, de unos 5 meses, y tarda entre 10 y 20 días en germinar, por lo que la mayor parte de las semillas germinan en la primavera tras la diseminación. Las semillas que no germinan no suelen permanecer viables en el banco de semillas del suelo ya que por debajo del 24% de humedad mueren (Savill, 1991; Bingelli, 1999 b). Sobre este último dato, el arce se considera especie de semilla recalcitrante, aunque de trabajos como el de Daws *et al.* (2006) se deduce que la capacidad para desecar las semillas sin que pierdan viabilidad está estrechamente relacionada con las horas de calor recibidas durante el desarrollo del fruto. De esta forma, los árboles del sur de Europa, ubicados en el límite

meridional de su distribución natural, pueden desecarse por encima de los límites de las semillas recalcitrantes, por lo que se puede considerar como especie intermedia.

1.3 Distribución y ecología

La distribución silvestre del arce cubre la mayor parte de Europa, desde Portugal al Asia Menor, a excepción de las zonas más septentrionales. En las Islas Británicas, Países Bajos, Escandinavia y otros países del centro y norte de Europa se considera especie introducida y naturalizada (Rusanen y Myking, 2003). También aparece introducido en Norteamérica y Sudamérica, incluso en Nueva Zelanda. En estos países, los explotados regenerados que surgen a partir de las plantaciones ornamentales y de los árboles dispuestos a lo largo de las carreteras compiten con las especies autóctonas, por lo que el arce se considera como especie invasora.

En la Península aparece preferentemente en el norte y noroeste, desde Pirineos hasta Galicia. En España el arce no alcanza a ser especie dominante o principal en ninguna masa. Su situación más habitual es aparecer mezclado junto con otras frondosas. En el bosque planocaducifolio del norte peninsular parece encontrar sus estaciones óptimas, ricas en agua y nutrientes, compartiendo el espacio con robles, abedules, fresnos, etc. Se sitúa en los fondos de valles, gargantas, cañones o sobre los sustratos acumulados al pie de las montañas. También se aproxima a la ribera y comparte espacio con el aliso o el álamo temblón. Es notable la aptitud de esta especie para crecer a elevada altitud, como acompañante del abedul, junto con el serbal de cazadores y el sauce de montaña en la alta montaña cantábrica. En las provincias del norte es frecuente encontrar arces y otras frondosas en los límites de prados y sotos. Su presencia se considera como testigos de la vegetación que existía antes de la transformación de los bosques en cultivos, conservados para la producción de ramón o simplemente para señalar los límites.

En estas estaciones, son numerosas las especies arbóreas que compiten por el espacio con el arce, el cual inicialmente tolera la sombra, pero debe contar con luz entre el cuarto y séptimo año (Thill, 1975). Es frecuente que de un numeroso regenerado tan sólo prosperen uno o dos individuos, o bien que desaparezca por completo si las condiciones de densidad son excesivas. Por el contrario, cuando las semillas caen sobre terrenos despejados, en suelos fértiles y removidos en los que las raíces se instalan sin limitaciones, se produce una explosión de regenerado y se forman bosquetes monoespecíficos de gran densidad y vigor. Se pueden observar estos bosquetes sobre taludes, derrubios, bordes de carreteras, etc., habitualmente a partir de arces ornamentales.

2. Materiales forestales de reproducción

2.1. Marco normativo. Identificación de los materiales de reproducción

El arce blanco es una especie incluida en las normativas europea y estatal relativa a la producción y comercialización de los materiales forestales de reproducción. Sus regiones de procedencia, que se han establecido por el método divisivo, se describen en la Figura 3 y Tabla 1.



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

En la actualidad hay registradas un total de 42 fuentes semilleras en el Catálogo Nacional de Materiales de Base, la mitad de las cuales se hallan en la región de procedencia Vertiente septentrional cantábrica, a la cual corresponde más de un tercio de la presencia de la especie en España. En algunas CC.AA., como por ejemplo Galicia, se están realizando trabajos de cara a la creación de huertos semilleros que se puedan ir incorporando al Catálogo Nacional de Materiales de Base en el futuro.

Aunque en España no se han realizado estudios sobre diversidad genética que abarquen el conjunto de las poblaciones, se pueden extender las conclusiones de los trabajos de esta índole llevados a cabo en Europa. Como corresponde a especies con elevada capacidad para invadir terrenos abandonados, mecanismos que favorecen el cruzamiento, poblaciones con muchos individuos y facilidad para la expansión del polen y las semillas, el arce parece contar con la mayor parte de la variabilidad genética dentro de las poblaciones, mientras que la variabilidad entre poblaciones supone un pequeño porcentaje de esta diversidad (Belletti *et al.*, 2007). Estos autores concluyen que a la vista de la falta de estructuración de la diversidad, el esfuerzo en la recogida de semillas debería hacerse a favor del número de árboles dentro de las poblaciones frente al número de poblaciones a recoger.

Tabla 1. Descripción de las áreas con presencia de *Acer pseudoplatanus* 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	2,2	311	968	22	1363	122	1,2	12,8	25,3	3,2	11,7	0,1	CMu(50) RK(45)
2	10,9	597	1056	117	1186	132	0,8	11,4	25,9	0,9	13,7	0,3	CMu(52) RK(47)
3	21,9	349	951	12	1294	183	0	12,1	22,8	2,6	11	0	CMu(31) RK(30) CMc(25)
4	36	784	1618	117	1332	172	0,1	10,4	24,1	-0,4	13,5	1,5	RK(50) CMu(24) CMc(19)
5	1,8	943	1615	589	1039	117	1,2	10,3	26,4	-1,4	15,7	2,3	RK(56) CMu(25)
6	2,9	360	727	29	1466	211	0	12,4	24,9	2,5	12,8	0,1	CMc(65) CMu(23)
7	3,7	717	1176	320	984	147	0,4	10,8	25,1	0,4	14,2	0,6	CMc(73) CMu(24)
8	1,9	1362	2012	744	1074	251	0	8,1	23,9	-4,0	16,1	4,7	CMu(65) CMc(29)
9	14,1	854	1520	332	969	265	0	11	27,3	-2,0	17	2,9	CMc(89) CMu(10)
10	0,2	512	924	100	977	200	0,1	13,2	27,6	0,8	16,3	1,1	CMc(50) CMu(50)
11	1,1	655	892	528	734	194	0,2	11,9	29,2	-1,5	18,6	2,4	CMc(100)
14	0,4	527	837	398	499	102	2,3	12,3	28,2	0,8	16	0,4	CMc(75) CMg(25)
15	0,4	1207	1245	1189	816	162	0	9,1	24,7	-1,7	14,8	3,2	CMc(50) CMu(50)
16	1,4	988	1228	778	710	124	1,3	10,4	26,7	-0,6	16	1,3	CMc(62) CMc(23)
20	0,6	1231	1680	948	794	83	2,3	10,7	28,4	-0,8	17,8	1,8	CMd(40) CMu(40) LPd(20)

Se han detectado diferencias en la fenología en poblaciones derivadas de árboles introducidos en los últimos 100 años en Inglaterra, así como en la comparación en crecimiento con distintas procedencias del continente (Cundall *et al.*, 1998). La recomendación general es que aunque las poblaciones locales no son necesariamente mejores en cuanto a crecimiento, su utilización asegura en buena medida la adaptación fenológica. Como especie del género *Acer*, está incluido en la normativa del pasaporte fitosanitario.

2.2. Técnicas de manejo y propagación

2.2.1. Semillas

La recogida de las sámaras se realizará en octubre-noviembre, de árboles en pie o aprovechando la oportunidad de las cortas. Es preciso anticiparse a la diseminación natural y abordar la recogida cuando el ala se torna amarillenta. Tras la recogida se realiza una separación de las impurezas groseras y se somete a las sámaras a un ligero secado. Mientras las sámaras están frescas se adoptarán las precauciones necesarias para evitar pudriciones. Si el porcentaje de semillas vanas es importante resulta oportuno el desalado y la retirada de las vacías mediante aventado o flotación.

A la vista de recientes estudios, la semilla se puede considerar en el tipo intermedio en cuanto a su capacidad para desecarse, aunque tradicionalmente se describe como recalcitrante (Daws *et al.*, 2006). Bingelli (1999 c) indica que la semilla muere cuando la humedad desciende del 45%. Este dato probablemente corresponde a la semilla sin el ala. Suszka *et al.* (1994) establecen que la sámara entera se puede desecar hasta el 24-32%, lo cual corresponde a un rango del 30-41% para la semilla. Se pueden conservar en estas condiciones de humedad a $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante dos años.

La semilla tiene un letargo que requiere una estratificación fría, entre 1 y 3 $^{\circ}\text{C}$ durante 5-14 semanas. Estas condiciones se pueden recrear sembrando directamente en otoño y dejando que las semillas pasen el invierno en el exterior, protegiendo adecuadamente los semilleros de las heladas. En áreas con riesgo de heladas tardías existe la posibilidad de que las semillas germinen muy pronto y sufran de daños, por lo que se puede recurrir a conservar las semillas estratificadas a $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$, con el objetivo de paralizar la germinación hasta que las condiciones climáticas sean favorables (Suszka *et al.*, 1994). Catalán (1991) propone que, para eliminar el letargo interno, se estratifique la semilla durante 90 días a 5 $^{\circ}\text{C}$ en arena húmeda.

Las semillas de *A. pseudoplatanus* deberán sembrarse como norma general en otoño, sin necesidad de tratamiento previo, o bien en primavera, si se emplea semilla que ha sido previamente estratificada. La temperatura óptima para la germinación está entre 10 y 15 $^{\circ}\text{C}$ y tarda entre 10 y 20 días en germinar (Bingelli, 1999 a y c). La germinación es epigea.

Las normas ISTA (2011) reseñan, como método para evaluar la viabilidad de los lotes de semillas de *A. pseudoplatanus*, la germinación en arena y a una temperatura constante de 20 $^{\circ}\text{C}$ durante 21 días, como mínimo, previa estratificación en frío durante 2 meses. Recomiendan retirar el pericarpio antes del ensayo y señalan que las semillas recién recolectadas y sin secar presentan mayor durmancia que las secadas o almacenadas.

La Forestry Commission (2010) propone como condiciones térmicas del ensayo la alternancia 3-20 °C, según un ciclo de 16-8 horas, con una duración de 28 días.

Tabla 2. Datos característicos de lotes de semillas de *Acer pseudoplatanus*.

Pureza (%)	Facultad germinativa (%)	Nº semillas kg ⁻¹	Referencia
90	80	9.000	Aldhous (1972)
		8.000-12.000	Cemagref (1982)
97	65	8.000	Gradi (1989)
90-95	50-70	8.500-10.600-16.000	Catalán (1991)
80			Savill (1991)
	50-80	6.000-11.000 (8.000-10.000)	Piotto (1992)
85-95 ⁽¹⁾	70-100 ⁽¹⁾	6.500-11.000-16.000	Suszka <i>et al.</i> (1994)
	60-95		Bingelli (1999 b)
96	60-70	12.000	Ribeiro <i>et al.</i> (2001)
	50-71	6.480-11.290-15.910	Zasada y Strong (2008)
	0-73-96	5.120-9.561-14.734	Louro y Pinto (2011)
95-99	50-90 ⁽²⁾	6.000-13.000	CNRGF <i>El Serranillo</i> (Anexo III)
94-100		5.300-8.400	Vivero Central JCyL (Anexo IV)

⁽¹⁾ Rangos de calidad admitidos por el Servicio Forestal de Polonia

⁽²⁾ Ensayos al tetrazolio

2.2.2. Vegetativa

El arce rebrota con facilidad de cepa y presenta una moderada aptitud para la propagación vegetativa por otras vías.

En el sector forestal no se emplea la producción clonal de arces, aunque como ornamental se injertan algunas variedades. Aun así, existen algunos trabajos de investigación centrados en el interés por propagar los arces ondulados. Estos individuos son árboles cuya madera presenta una excepcionalidad, las fibras se disponen en forma ondulada conformando piezas de gran valor estético, incluso se les atribuye características especiales para la producción de instrumentos de cuerda. En esta línea se ha trabajado en Francia en el estaquillado herbáceo, con porcentajes de enraizamiento del 50 al 80% (Cornu y Verger, 1992). Otros autores también han experimentado con el estaquillado como vía para propagar clones adultos de características deseables y se puede concluir que las tasas de propagación, a partir de árboles adultos, son muy bajas. Sin embargo, se consiguen porcentajes elevados (hasta al 80%) cuando se parte de material rejuvenecido por podas repetidas, brotes de cepa o injertos sucesivos (Williams *et al.*, 1991; Jinks, 1995). Thompson *et al.* (2001), en un ensayo a gran escala, obtuvieron porcentajes de éxito en el estaquillado entre el 0 y el 80%, en función del clon y del origen del material.

No obstante, consideran que la propagación por medio del cultivo *in vitro* tradicional no es una vía adecuada para esta especie. Estos autores consideran de mayor interés la producción de microestaquillas en ambiente enriquecido en CO₂, con la que se puede abordar la clonación del arce a escala comercial.

3. Producción de plantas

El cultivo en vivero de *A. pseudoplatanus* puede hacerse tanto en contenedor, como a raíz desnuda. Las semillas se pueden sembrar en el otoño, inmediatamente tras la recolección, o bien esperar a la primavera tras la estratificación descrita anteriormente. Se recomienda un tratamiento previo con fungicida, debido a la elevada humedad y superficie de la sámara. La capacidad de germinar de las semillas es muy elevada (Tabla 2). Suszka *et al.* (1994) recomiendan sembrar 160-300 sámaras m⁻² para producir planta a raíz desnuda. Se produce aproximadamente una planta por cada dos sámaras.



Figura 4. Plantas de *Acer pseudoplatanus* de dos savias (izquierda) y de una savia (derecha), cultivadas en alveolo de 300 cm³ (Fotos: CNRGF El Serranillo).

Tabla 3. Método de cultivo y valores de atributos morfológicos establecidos para plantas de *Acer pseudoplatanus* (Balleux y Van Leberghe, 2006).

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

Las dimensiones mínimas de los plantones recomendados por Calvo y D'Ambrosi (1995) son de 80 cm de altura y 10 mm de cuello de raíz. Estas dimensiones proporcionan sin duda buenos resultados, aunque Balleux y Van Leberghe (2006) recogen con más detalle los rangos recomendados por la legislación francesa. A la vista de los resultados obtenidos en la forestación de tierras agrarias, los valores de la Tabla 3 se pueden considerar adecuados, recomendándose, preferentemente, la utilización de planta de dos savias que no exceda de 120-150 cm para evitar el desecamiento.

4. Uso en repoblaciones y restauraciones

El arce es una especie escasamente representada en las forestaciones. En general, se emplea como elemento diversificador, en porcentajes del 10% dentro de plantaciones en las que otras especies son las principales. Son escasas las parcelas en las que se supera este porcentaje y, en cualquier caso, se trata de fincas de particulares en el norte peninsular, por lo tanto de escasa superficie. Según las estadísticas forestales (MARM, 2005-2009), el promedio de las semillas recogidas en las distintas Comunidades Autónomas en el periodo de 2005 a 2009 está entorno a 94 kg año⁻¹ y se han producido 126.964 plantas año⁻¹. Con una densidad media de plantación entre 1.100 árboles ha⁻¹ y 400 árboles ha⁻¹, se puede estimar la superficie plantada al año entre 115 y 315 ha.

Además de emplearse para el enriquecimiento de plantaciones, la producción de madera en turno medio es un interesante aliciente a la hora de plantar arces. La madera de arce que se comercializa en España proviene en su mayor parte de Canadá y EE.UU. y no corresponde, por lo tanto, a *Acer pseudoplatanus*. Sin embargo, la madera del arce blanco es de la misma calidad que los mejores arces norteamericanos y los crecimientos que alcanza en el norte peninsular son interesantes, tanto, que algunos propietarios han plantado con el objetivo principal de producir madera.

5. Planificación de la repoblación

El arce crece adecuadamente en estaciones sin sequía estival. Es una buena alternativa en el área de clima eurosiberiano, típico del tercio norte peninsular. Soporta muy bien el frío y las heladas tardías, pero es muy sensible a la sequía y a los golpes de calor. Se puede asegurar su adaptación cuando la precipitación anual se aproxime a 1.000 mm y la sequía estival sea inferior a mes y medio. En estaciones más secas puede vivir aprovechando la humedad edáfica de alguna situación azonal, o bien la presencia de cursos de agua, pero hay especies mejor adaptadas y la utilización del arce es discutible.

Del mismo modo, conviene evitar los suelos filtrantes en la medida en la que la precipitación se aleje de la indicada y también los suelos sometidos a largos periodos de encharcamiento. Los mejores crecimientos se asocian a terrenos ricos en nutrientes, con pH entre 4 y 8, siendo frecuente, por lo tanto, en terrenos ruderales.

La preparación del suelo debe conseguir un buen aireamiento y crear un horizonte superficial en el que el sustrato esté muy suelto. En estas condiciones el arce reacciona con un arraigo muy vigoroso, que parece estar determinado por la tendencia a desarrollar gran parte de las raíces en la proximidad de la superficie. En la mayoría de las ocasiones

se recurre a la preparación del terreno mediante retroexcavadora, removiendo al menos un metro de profundidad, incluso 60 cm cuando no hay horizontes compactos que impiden el desarrollo de las raíces.

En el caso de plantaciones destinadas a la producción de madera, se persigue rentabilizar las intervenciones y, por ello, se busca minimizar los árboles de pequeñas dimensiones extraídos en clareos y claras. La densidad recomendada está entre 600 y 800 pies ha⁻¹. Densidades superiores suponen cortar numerosos árboles en claras que no son rentables y densidades menores no se justifican, salvo en las mejores estaciones y contando con planta seleccionada y correctamente adaptada a la parcela. La distribución de la plantación debe atender la disposición general, líneas en dirección al viento, aunque en zonas donde el viento no sea un problema y exista una insolación directa, conviene plantar orientando las líneas entre las direcciones noreste-sudoeste y norte-sur, para aumentar la protección dentro de la línea contra la desecación de la corteza. Este daño es frecuente en las plantaciones en terrenos agrícolas.

La eliminación de la competencia herbácea mediante gradeo u otros medios es obligatoria, para permitir el desarrollo de grandes crecimientos que permitan alcanzar la altura de la troza de calidad en 6 ó 7 años. Cuando se trata de plantaciones destinadas a enriquecer la diversidad del ecosistema, la plantación se puede hacer a gran densidad, por encima de 1.100 árboles ha⁻¹ empleando planta pequeña, con el objetivo de que se establezca rápidamente la competencia entre individuos y se beneficien del efecto protector que se genera. La misma competencia obligará a que la mayoría de los arces desaparezcan a favor de unos pocos de forma similar a lo que ocurre en los golpes de regeneración silvestre. Hay que tener en cuenta que en la mayoría de las ocasiones se opta por plantar a menor densidad e invertir más dinero en proteger las plantas individualmente, para asegurar la viabilidad de un número suficiente de individuos. En estas plantaciones, el objetivo es conseguir unos 70-90 árboles ha⁻¹, con diámetros por encima de 40-50 cm y un tronco recto y único, de al menos 3 m de longitud. En buena parte de las parcelas del norte, es abordable la consecución de trozas de 6 m, por el excelente crecimiento en altura del árbol. En los primeros años el arce crece formando un eje único y dominante. Cuando florece, la yema terminal pasa a ser floral y se desarrollan las yemas que están por debajo, que al estar enfrentadas crean una horquilla. También se forman horquillas debido a daños de granizo, desecación o insectos. En este caso, hay que dejar que se desarrollen las ramas inmediatamente inferiores a la yema dañada, seleccionar en mayo o junio la más dominante y cortar la otra. Si la horquilla se ha dejado un año o más, conviene ligar ambas ramas con una cinta, terciar la de menor vigor y dejar que la otra tome dominancia. Al año siguiente se elimina la rama terciada y la que queda recupera la dominancia del tronco.

Para programar la poda de calidad hay que recordar que su objetivo es que no existan nudos ni deformaciones en el tronco. Una estrategia adecuada consiste en podar cada año o cada dos años las ramas más gruesas y de inserción más aguda, pero manteniendo una estructura equilibrada de la copa. Para ello es bueno alternar el corte de una rama con el terciado de su opuesta y no podar una rama y su inmediata superior o inferior.

Es conveniente marcar los mejores 200 a 350 árboles ha⁻¹ como preseleccionados y, entre ellos, seleccionar posteriormente los 70-90 que llegarán a la corta final. La poda

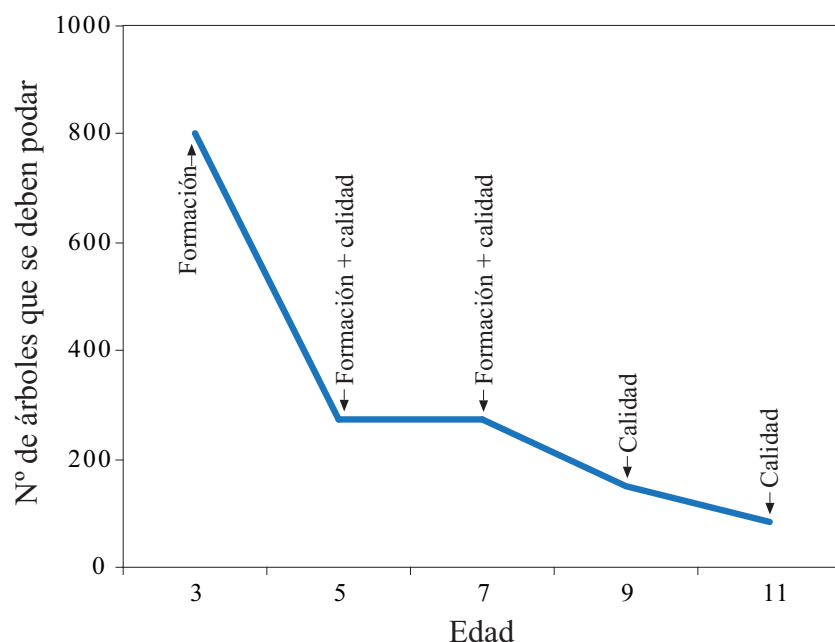


Figura 5. Programación de las podas para plantaciones de arce.

de formación se realiza sobre todos los árboles que lo requieran cuando la altura se sitúa entre 1 y 3,5 m y la densidad es inferior a 800 árboles ha⁻¹. Para densidades superiores sólo se forman los árboles preseleccionados, 200-350 árboles ha⁻¹, al igual que para alturas entre 3,5 y 6 m. Las podas de calidad se realizan inicialmente sobre todos los árboles preseleccionados, para centrarse posteriormente en los 70-90 definitivos. La poda de calidad acaba cuando se ha limpiado completamente la troza de calidad (3-6 m) y ésta supone la mitad de la altura total del árbol, 6-12 m. La selección de árboles se realiza atendiendo a criterios de forma y adaptación. El esfuerzo de poda sólo tiene sentido sobre árboles que se van a destinar a claras, con valor económico, o a la corta final. También es importante que estén repartidos de forma homogénea por toda la parcela.

6. Bibliografía

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. 73-76.

BALLEUX P., VAN LEBERGHE P., 2006. Guide technique pour des travaux forestiers de qualité. Ed. Ministère de la Région Wallonne, DGRNE-DNF, Namur, Bélgica. Fiche technique 17.

BELLETTI P., MONTELEONE I., FERRAZZINI D., 2007. Genetic variability at allozyme markers in sycamore (*Acer pseudoplatanus*) populations from northwestern Italy. Can. J. For. Res. 27, 395-403.

BINGGELI P., 1999 a. Sex expression of inflorescences and individuals. [en línea]. Disponible en: <http://members.lycos.co.uk/WoodyPlantEcology/sycamore/sexexp.htm> [20 Oct, 2011].

BINGGELI P., 1999 b. Are ash and sycamore ecologically similar? [en línea]. Disponible en: <http://members.lycos.co.uk/WoodyPlantEcology/sycamore/similar.htm> [20 Oct, 2011]

- BINGGELI P., 1999 c. Which stage in the sycamore life cycle limits its spread? [en línea]. Disponible en: <http://members.lycos.co.uk/WoodyPlantEcology/sycamore/lifecycle.htm> [20 Oct, 2011]
- BONSEN K.J.M., 1996. Architecture growth dynamics and autoecology of the sycamore (*Acer pseudoplatanus* L.). *Arboric. J.* 20, 339-354.
- CALVO E., D'AMBROSI E., 1995. Proposte di standard di idoneità colturale per il postime vivaistico di alcune latifoglie nobili. *Monti e Boschi* 47, 22-24.
- 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. 119-121.
- CEMAGREF (Centre National du Maquinisme Agricole du Genie Rural des Eaux et des Forets), 1982. Les Semences Forestières. Note Technique 48.
- CORNU D., VERGER M., 1992. La multiplication végétative de feuillus précieux et de clones fournissant des bois figurés. *Rev. For. Franç.* 44, 55-60.
- CUNDALL E.P., CAHALAN C.M., PLOWMAN M.R., 1998. Early results of sycamore (*Acer pseudoplatanus*) provenance trials at farm-forestry sites in England and Wales. *Forestry* 71(3), 237- 245.
- DAWS M.I., CLELAND H., CHMIELARZ P., GORIAN F., LEPRINCE O., MULLINS C.E., THANOS C.A., VANDVIK V., PRITCHARD H.W., 2006. Variable desiccation tolerance in *Acer pseudoplatanus* seeds in relation to developmental conditions: a case of phenotypic recalcitrance? *Funct. Plant Biol.* 33, 59-66.
- 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]
- GRADI A., 1989. Vivaistica Forestale. Edagricole, Bologna.
- ISTA (International Seed Testing Association), 2011. International rules for seed testing. Edition 2011. ISTA, Bassersdorf, Switzerland.
- JINKS R.L., 1995. The effects of propagation environment on the rooting of leafy cuttings of ash (*Fraxinus excelsior* L.), sycamore (*Acer pseudoplatanus* L.), and sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.). *New For.* 10, 183-195.
- LÓPEZ GONZÁLEZ G.A., 2001. Los árboles y arbustos de la Península Ibérica e Islas Baleares. Tomo II. Ed. Mundi-Prensa, Madrid. pp. 1072-1076.
- 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, Medio Rural y Marino), 2005-2009. Anuario de estadística forestal 2006. [en línea]. Disponible en: <http://www.marm.es/es/biodiversidad/temas/montes-y-politica-forestal/estadisticas-forestales/> [1 Nov, 2011].
- 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. 1162-1169.
- RUSANEN M., MYKING T., 2003. EUFORGEN Technical Guidelines for genetic conservation and use for sycamore (*Acer pseudoplatanus*). IPGRI. Roma.
- SAVILL P.S., 1991. The silviculture of trees used in British Forestry. CAB International. Redwood Press Ltd. Melksham, Reino Unido.
- SUSZKA B., MULLER C., BONNET-MASIMBERT M., 1994. Graines des feuillus forestiers. De la récolte au semis. INRA. Paris, Francia.

- TAL O., 2009. *Acer pseudoplatanus* (Sapindaceae): Heterodichogamy and thrips pollination. *Plant Syst. Evol.* 27, 211-221.
- THILL A., 1975. Contribution à l'étude du frêne, de l'érable sycomore et du merisier (*Fraxinus excelsior* L., *Acer pseudoplatanus* L., *Prunus avium* L.). *Bull. Soc. R. For. Belg.* 82(1), 1-12.
- THOMPSON D., HARRINGTON F., DOUGLAS G., HENNERTY M.J., NAKHSHAB N., LONG R., 2001. Vegetative propagation techniques for oak, ash, sycamore and spruce. COFORD. Dublin.
- WILLIAMS A., MAYHEAD G.J., GOOD J.E.G., 1991. Vegetative propagation of sycamore (*Acer pseudoplatanus* L.). *Q. J. For.* 85, 179-182.
- ZASADA J., STRONG F., 2008. *Acer* 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. 204-216.

Adenocarpus complicatus (L.) J. Gay

Codeso, rascavieja, escoba, escobón; *gall.*: codeso

Adenocarpus decorticans Boiss.

Rascavieja, cenizo

Adenocarpus telonensis (Loisel) DC

Escobón prieto, rascavieja; *cat.*: escruixidor

Luis Fernando BENITO MATÍAS

1. Descripción

1.1. Morfología

Arbustos o matas de la familia *Leguminosae* de hasta 4 m, muy ramificadas, densas, muy intrincadas, con ramas alternas, grises o verdes, que presentan 4-5 costillas. Hojas estipuladas, trifoliadas, pecioladas y persistentes. Yemas muy pequeñas.

El género *Adenocarpus* está formado por 12 taxones en la Península Ibérica, en general, con poblaciones genéticamente aisladas, de las que sólo tres presentan una distribución amplia siendo el resto endemismos más o menos localizados.

Así, describimos los taxones de distribución más amplia (López Nieto, 1996; Ruiz de la Torre, 2006):

- *Adenocarpus complicatus*: hasta 3 m de altura, color verde pálido, erecto. Ramas largas y gráciles, estriadas longitudinalmente. Tallos muy ramificados, intrincados. Hojas fasciculadas, trifoliadas, cubiertas de pelos sedosos por el envés y lampiñas o pilosas por el haz, con folíolos de 6-13 mm aovados.
- *Adenocarpus decorticans*: normalmente de 2 a 3 m de altura pero pudiendo alcanzar los 5-6 m. Tallo rígido, leñoso, ramificado, de corteza amarillo pálido que se desgarran longitudinalmente en tiras, ramas jóvenes y hojas con pilosidad blanquecina. Hojas fasciculadas, con folíolos de 9-20 mm, lineares o linear lanceolados.
- *Adenocarpus telonensis*: hasta 2 m de altura, color verde más o menos intenso, tallo muy ramificado desde la base, ramas enmarañadas. Hojas en fascículos, folíolos de 3-8 mm, aovados a elípticos, coriáceos, de color verde oscuro, glabros.

1.2. Biología reproductiva

Adenocarpus complicatus tiene inflorescencias abundantes, en racimos terminales, con flores piramidales u oblongas, en agrupaciones de más de siete, corola de color amarillo, labio superior más corto que el inferior y dividido, estandarte de 10-14 mm de longitud. Florece en primavera o verano, desde abril-mayo hasta, incluso, septiembre-octubre. Tiene legumbres alargadas de 30×5 mm, más o menos estrechas entre las semillas. La legumbre está recubierta con numerosas glándulas y contiene de 3-8 semillas, que son pequeñas, de $2,8-3,5 \times 2,2-3,1$ mm, de color verde a negruzco, ovoides.

Adenocarpus decorticans forma inflorescencias en racimos densos con menos de 10 flores, con corola amarilla dorada, durante los meses de mayo a julio, incluso agosto. La legumbre es recta y alargada de hasta 60×8 mm, también con gran cantidad de tubérculos glandulares, glabro, con 2-5 semillas de color verde oscuro, de $3,7-4,8 \times 3,5-4$ mm, lateralmente comprimidas.

Adenocarpus telonensis florece de mayo a julio. Inflorescencia subumbelada, 2-7 flores. Corola amarilla, estandarte de 10-18 mm. Presenta legumbres de 30×6 mm, con 2-6 semillas de $2,4-2,6 \times 2,1-2,4$ mm, subovoideas, negras y brillantes (López Nieto, 1996; Ruiz de la Torre, 2006).



Figuras 1 a, b, c y d. Frutos de *Adenocarpus complicatus*, *A. decorticans*, *A. telonensis* y *A. hispanicus* (de izquierda a derecha y de arriba a abajo) (Fotos: C. Soriano).

Las tres especies son alógamas y de polinización entomófila, siendo las abejas su principal vector de polinización. La dispersión es autócora, por dehiscencia explosiva de las legumbres, aunque puede producirse posteriormente una dispersión zoócora, que está ligada al ganado y la trashumancia, ya que las semillas presentan glándulas que excretan una sustancia pegajosa que permite que se adhieran al pelo de los animales. En el caso de las leguminosas, en muchas ocasiones, las cubiertas duras están vinculadas con la herbivoría, siendo necesario no solamente la escarificación ácida en los estómagos de los

rumiantes sino, también, la escarificación mecánica producida en la masticación para que las semillas germinen (Robles *et al.*, 2005). La germinación en campo ocurre tras las primeras lluvias otoñales.

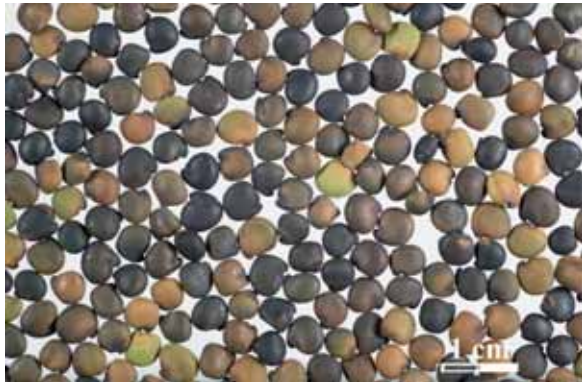


Figura 2. Semillas de *Adenocarpus hispanicus*.

1.3. Distribución y ecología

Adenocarpus complicatus es una especie pionera que aparece en terrenos baldíos, abandonados y deforestados de influencia continental, con temperaturas medias anuales bajas, de 6,7 °C a 11,9 °C y cierta cantidad de precipitación estival, entre 55 y 125 mm (Anexo I). Crece en suelos pobres en bases, preferiblemente silíceos, en ocasiones arenosos, de la Meseta norte, el centro de la Península Ibérica, Portugal y Sierra Morena. Ocupa los pisos inferior y montano entre 100 y 1.500 m de altitud. Se la considera una buena protectora de suelos. Acompaña a *Pinus sylvestris*, *Fagus sylvatica*, *Quercus robur*, *Q. pyrenaica*, *Q. faginea*, *Q. suber*, *Q. ilex*, *Prunus avium*, *Laurus nobilis* y especies de *Cistus* spp., *Erica* spp. y *Genista* spp. (López Nieto, 1996; Blanco *et al.*, 1997; Ruiz de la Torre, 2006).

Adenocarpus decorticans forma parte de los matorrales de bosques degradados de encina, quejigo y pinsapo, preferiblemente en calizas, pero también sobre esquistos. Ocupa los pisos montano o subalpino y en el sur de la Península Ibérica habita entre 1.000 y 2.200 m de altitud con temperatura media anual de 8,7 °C a 12,6 °C y sequía estival más severa que otros codesos (Anexo I). Forma rodales poco extensos, siendo una especie heliófila. Comparte hábitat con *Pinus sylvestris*, *P. nigra*, *P. pinaster*, *Quercus pyrenaica*, *Q. faginea*, *Q. suber*, *Q. ilex*, *Abies pinsapo*, *Acer granatense*, *Sorbus aria*, *Crataegus monogyna*, *Rosa canina* y especies de *Cytisus* spp. y *Genista* spp. (López Nieto, 1996; Blanco *et al.*, 1997; Ruiz de la Torre, 2006).

Adenocarpus telonensis habita en claros, bordes y sotobosques de bosques de encinas, coscojas, quejigos y alcornoques, sobre areniscas, esquistos, granitos o calizas. Se distribuye por el noreste y sudoeste de la Península, desde el nivel del mar hasta los 1.000 m de altitud. Se mezcla con especies de *Cistus* spp., *Erica* spp. y *Genista* spp., así como

Quercus pyrenaica, *Q. faginea*, *Q. suber*, *Q. ilex* y *Laurus nobilis* (López Nieto, 1996; Blanco *et al.*, 1997; Ruiz de la Torre, 2006).

Las tres especies colonizan con facilidad suelos removidos, como cunetas y taludes.

2. Materiales forestales de reproducción

2.1. Marco normativo. Identificación de los materiales de reproducción

Las especies de *Adenocarpus* no están sometidas a la normativa nacional sobre regulación de materiales forestales de reproducción. Las regiones de identificación en las que se localizan poblaciones de algunas especies de escobones se recogen en la Figura 3 (García del Barrio *et al.*, 2001).

De las tres especies reseñadas, sólo *A. telonensis* está adscrito a alguna figura de protección, concretamente como especie “Estrictamente protegida” en los espacios de interés natural de Gavarres y Roques Blancues (D. 172/2008, de 26 de agosto, de creación del Catálogo de flora amenazada de Cataluña). Especies del género incluidas en otros Catálogos autonómicos son *A. aureus* y *A. desertorum* (Extremadura) y *A. hispanicus* (Castilla-La Mancha). Los materiales de reproducción del género *Adenocarpus* no están obligados a ir acompañados por un pasaporte fitosanitario.



Figura 3 a. Distribución de *Adenocarpus complicatus* y Regiones de Identificación de sus materiales de reproducción (Fuente: Mapa Forestal de España, 1:200.000).



Figura 3 b. Distribución de *Adenocarpus decorticans* 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 recogida de frutos se hace en la segunda mitad del verano, cuando empiezan a secarse sobre las matas, debiendo ajustarse muy bien a la fenología de la zona para adelantarse a su dehiscencia. La recolección es manual, por ordeño, evitando que al coger las legumbres, si son susceptibles de dehiscencia al tacto, se abran o rompan y dispersen las semillas. Las legumbres recién recolectadas deben extenderse al sol en capas delgadas y removerse, para que se vayan secando. Resulta conveniente, dada su dehiscencia explosiva, cubrirlas con una malla o red que impida que las semillas se dispersen. Tras el extendido, una opción es liberar la semilla sin esperar a que se produzca la dehiscencia natural, mediante el pase de un rulo u otro artefacto pesado, que rompa la legumbre seca. La otra, es esperar a que se abran espontáneamente y dejen escapar las semillas, acabando de facilitar la apertura con un vareado y procediendo a un trillado en caso de que no se suelten bien. Posteriormente se separará por aventado o cribado la semilla del resto del fruto. De subsistir muchas semillas vanas se puede intentar su eliminación por flotación, procediéndose de inmediato al secado del lote si va ser almacenado.

Una vez que se tiene la semilla limpia, se puede almacenar a baja temperatura y en seco, preferiblemente en recipientes herméticos, manteniendo su viabilidad bastante tiempo,

aunque también resulta posible, dada la naturaleza de su cubierta, la conservación al exterior, en lugares frescos y secos. En la Tabla 1 se recogen algunas características de los lotes de semillas de varias especies de *Adenocarpus*.

Como en la mayoría de las leguminosas, la presencia de una cubierta dura impone un letargo que hace que las semillas prácticamente no germinen si no se someten a algún pretratamiento que permeabilice la cubierta al agua. Es necesario, por tanto, romperla o reblandecerla para que el embrión pueda absorber agua y desarrollarse, de forma que se produzca el crecimiento de la plántula. Se pueden usar los siguientes pretratamientos:

- Escarificación mecánica que provoque rasgaduras en la cubierta que permitan la imbibición de la semilla, provocando un aumento de tamaño de la misma. Puede hacerse mediante aparatos con dispositivos raspantes adaptados a tal fin o de forma manual, frotando con papel de lija las caras de la semilla. Ofrece elevados niveles de germinación, casi del 100% (González *et al.*, 1985).
- Escarificación química con ácido sulfúrico durante 60 minutos, obteniéndose germinaciones del 60-100% (Ayerbe y Ceresuela, 1980; García *et al.*, 1998).
- Choque térmico de calor seco durante 5-10 minutos, a 80 °C - 110 °C. El efecto de la alta temperatura en la germinación de *Fabaceae* arbustivas de la Flora ibérica ha sido constatado en numerosas ocasiones y su interpretación se relaciona con una escarificación mecánica producida por el calentamiento del suelo (80-150 °C) en un incendio forestal (Herranz *et al.*, 1998; Cornide *et al.*, 2005; Rivas *et al.*, 2006).

La temperatura ideal de germinación es de 20 °C, en oscuridad. Comparando la germinación obtenida con luz y en oscuridad, se observa que en general la ausencia de luminosidad produce incrementos en la germinación más o menos importantes según la especie (López *et al.*, 1999; Cornide *et al.*, 2005), siendo semillas no fotoblásticas.

Con otras especies del género *Adenocarpus* no parece necesario realizar ningún tratamiento pregerminativo, siendo suficiente con someter las semillas a rangos de temperaturas de 7-20 °C en períodos de 12 h, con buenos resultados de germinación (Herranz *et al.*, 2006).

Tabla 1. Datos característicos de lotes de semillas de *Adenocarpus* spp.

Rendimiento semilla/fruto (% en peso)	Pureza (%)	Facultad germinativa (%)	Nº semillas kg ⁻¹	Referencia
<i>Adenocarpus decorticans</i>				
15	100	(60)	(23.076)	Navarro y Gálvez (2001)
<i>Adenocarpus telonensis</i>				
	98	(89)	(45.600)	Navarro y Gálvez, 2001

La ISTA no hace referencia en sus reglas a las especies del género *Adenocarpus*. Se podría aplicar al respecto las recomendaciones reseñadas para otra leguminosa, *Cytisus scoparius*. Dada la presencia de semillas duras, resulta útil para determinar la calidad de

un lote la realización del test de tetrazolio, que arroja generalmente porcentajes del 95% de viabilidad, correspondiendo las no viables a semillas rotas o parasitadas.

La germinación es epigea. Las plántulas de *A. decorticans* presentan dos cotiledones orbiculares, algo elipsoidales, de aspecto carnosos, con hojas primordiales semejantes a las adultas (Ruiz de la Torre, 1996). Las de *A. telonensis*, tienen dos cotiledones orbiculares, con hojas primordiales aovadas, de color intenso, algo tomentosas (Navarro Cerrillo y Gálvez, 2001).

3. Producción de plantas

No existen trabajos que consideren el cultivo de esta especie en vivero. Los conocimientos actuales del cultivo de otras leguminosas permiten recomendar el siguiente protocolo de cultivo: siembra en vivero a principios de primavera, con semillas pretratadas previamente, a razón de dos semillas por alvéolo en contenedores de unos 200-400 cm³ de capacidad. Una vez asegurada la emergencia de las plántulas sólo se dejará un brinjal por alvéolo.

Los sustratos recomendados son turbas rubias y negras fertilizadas o mezclas de fibra de coco con turba, con adiciones de vermiculita hasta el 20% del volumen total. Es conveniente que el sustrato esté fertilizado y en caso de no estarlo, se recomienda añadir 1 g l⁻¹ de fertilizante de liberación lenta, que en las primeras semanas aporte a la plántula los nutrientes necesarios para su desarrollo.

En viveros localizados en zonas de inviernos fríos y con heladas en primavera, es preferible realizar la siembra en el interior de invernaderos para proteger los brinzales de las heladas tardías. A finales de primavera las plantas se deben trasladar al exterior, para someterlas a las temperaturas e iluminación típicas de cada estación.

Los riegos se realizarán de forma que el sustrato esté siempre bien humedecido. Se recomienda suministrar nutrientes minerales por fertirrigación hasta principios de otoño, cuando la disminución paulatina de las temperaturas frene el crecimiento de las plantas. Según experiencias previas en *Retama sphaerocarpa* (Valladares *et al.*, 2002; Villar-Salvador *et al.*, 2008), se recomienda aportar a cada planta un total de 100, 30 y 10 mg de N, P y K, respectivamente, al final del cultivo.

La fertilización nitrogenada es importante para las leguminosas y, en concreto, para las especies del género *Adenocarpus*. En estudios realizados en campo, se ha observado que estas especies son dependientes de la cantidad de N que hay en el sustrato para cubrir sus necesidades, ya que son menos eficientes en los procesos de retranslocación de este elemento. Son, además, especies con un alto potencial de crecimiento (Moro *et al.*, 1996).

Respecto al sombreado en el vivero, a pesar de ser consideradas especies heliófilas, en campo se pueden encontrar poblaciones densas de individuos juveniles de *A. decorticans*, lo que lleva a pensar que en los primeros estadios un ligero sombreado puede beneficiar a las plántulas. No obstante, este hecho puede estar también relacionado con una mayor concentración de nutrientes, en especial nitrógeno, bajo la cubierta de individuos adultos (Moro *et al.*, 1996).

Sin duda, un elemento beneficioso para el cultivo de *Adenocarpus* spp., y de otras leguminosas en vivero, consiste en la utilización de biofertilizantes (*rhizobia* y hongos micorrícicos) que favorecerían una mejor asimilación de los nutrientes, así como una mayor resistencia frente a condiciones extremas de salinidad y pH y altos niveles de ciertos metales pesados (Herrera *et al.*, 1993; Moro *et al.*, 1996; Ruíz-Díez, 2009).

4. Uso en repoblaciones y restauraciones

Son especies con alto potencial de uso en proyectos de restauración ecológica de áreas degradadas, así como en los taludes y medianas de infraestructuras lineales. A esto hay que unir su interés como plantas forrajeras (Ventura *et al.*, 2004). Son buenas acompañantes en trabajos de revegetación con especies de *Pinus* y *Quercus*.

5. Planificación de la repoblación

Se recomienda la plantación de brinzales de una savia empleando preparaciones del suelo intensas que faciliten la profundización del sistema radical, como son el subsolado y ahoyados con retroexcavadora a 60 cm de profundidad. Es aconsejable plantar en otoño, en lugares de clima semiárido o localidades de inviernos suaves, o a finales de invierno o principios de primavera, en aquellas con inviernos fríos, siempre en condiciones de suficiente humedad en el suelo.

En estudios de campo se han medido densidades de 1.830 pies ha⁻¹ (Moro *et al.*, 1996). Dado que se recomienda su uso en mezcla con otras especies, una densidad máxima razonable puede ser 600-800 pies ha⁻¹. El empleo de tubos invernadero se desaconseja para estas especies dado su carácter heliófilo, aunque se encuentran altas densidades de individuos juveniles bajo la cubierta de otros codesos (Moro *et al.*, 1996). En zonas con alta presión de herbívoros se aconseja el uso de protectores de malla, ya que son especies extraordinariamente palatables y de gran valor energético para los rumiantes.

En caso de pobreza en nitrógeno en el suelo es de gran utilidad el aporte de cantidades extra de fuentes nitrogenadas, dada la rapidez en el uso de este macronutriente por estas especies.

Los riegos de mantenimiento no son precisos, siempre que los demás trabajos de reforestación se hagan adecuadamente y las condiciones meteorológicas no sean especialmente anormales. No obstante, en lugares o en años muy secos se pueden aplicar riegos de 10-20 l por planta, tres veces a lo largo del primer verano después de la plantación.

En plantaciones en tierras agrícolas es fundamental eliminar la comunidad de herbáceas anuales 1 m alrededor de las plantas para minimizar los daños causados por la competencia (Rey-Benayas *et al.*, 2002).

6. Bibliografía

AYERBE L., CERESUELA J.L., 1982. Germinación de especies endémicas españolas. Anal. INIA Ser. For. 6, 17-41.

- 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., 1998. Los bosques ibéricos. Una interpretación geobotánica. Ed. Planeta, Barcelona.
- CORNIDE T., DÍAZ VIZCAÍNO E.A., 2005. Longevidad, viabilidad y germinación de tres leguminosas arbustivas del NW de la Península Ibérica. En: Actas del IV Congreso Forestal Español. [cd-rom]. (Sociedad Española de Ciencias Forestales, ed.). Zaragoza. Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- GARCÍA M.L., SCHWARZER H., CUETO M., PÉREZ J., GUIRADO J., MOLINA A., PALLARES A., 1998. Producción intensiva de plantas autóctonas del sudeste mediterráneo con fines ornamentales y paisajísticos. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. Informaciones técnicas 52/98.
- 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., DÍAZ T., IGLESIAS I., 1985. Efectos de la luz, temperatura y escarificación sobre la germinación de semillas de *Adenocarpus complicatus* (L.) Gay subsp. *complicatus*. Phytion 45(2), 183-186.
- HERRANZ J.M., FERRANDIS P., MARTÍNEZ-SÁNCHEZ J.J., 1998. Influence of heat on seed germination of seven Mediterranean *Leguminosae* species. Plant Ecol. 136, 95-103.
- HERRANZ J.M., FERRANDIS P., COPETE M.A., DUR E.M., ZALACAÍN A., 2006. Effect of allelopathic compounds produced by *Cistus ladanifer* on germination of 20 Mediterranean taxa. Plant Ecol. 184, 259-272.
- HERRERA M.A., SALAMANCA C.P., BAREA J.M., 1993. Inoculation of woody legumes with selected arbuscular mycorrhizal fungi and *Rhizobia* to recover desertified Mediterranean ecosystems. Appl. Environ. Microb. 59, 129-133.
- ISTA (International Seed Testing Association), 1996. Seed Sci. Technol. 24, Supplement. Zürich, Switzerland.
- LÓPEZ J., DEVESA J.A., RUÍZ T., ORTEGA-OLIVENCIA A., 1999. Seed germination in *Genistea* (*Fabaceae*) from South-West Spain. Phytion 39, 107-129.
- LÓPEZ GONZÁLEZ G., 1982. La guía INCAFO de los árboles y arbustos de la Península Ibérica. Ed. INCAFO, Madrid.
- NAVARRO CERRILLO R.M., GÁLVEZ C., 2001. Manual para la identificación y reproducción de semillas de especies vegetales autóctonas de Andalucía. Tomo I. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, Córdoba. pp. 65-69.
- MORO M.J., DOMINGO F., 1996. Descomposición de hojarasca en la leguminosa *Adenocarpus decorticans*. Pérdida de peso y dinámica de los nutrientes. Mediterránea. Serie de estudios biológicos. pp.13-19.
- MORO M.J., DOMINGO F., ESCARRE A., 1996. Organic matter and nitrogen cycles in a pine afforested catchment with a shrub layer of *Adenocarpus decorticans* and *Cistus laurifolius* in south-eastern of Spain. Ann. Bot. 78, 675-685.
- REY-BENAYAS J.M., LÓPEZ PINTOR A., GARCÍA C., DE LA CÁMARA N., STRASSER R., GÓMEZ-SAL A., 2002. Early establishment of planted *Retama sphaerocarpa* seedlings under different levels of light, water and weed competition. Plant Ecol. 159, 201-209.
- RIVAS M., REYES O., CASAL M., 2006. Influence of heat and smoke treatments on the germination of six leguminous shrubby species. Int. J. Wildland Fire 15, 73-80.
- ROBLES A.B., CASTRO J., GONZÁLEZ-MIRAS E., RAMOS M.E., 2005. Effects of ruminal incubation and goats' ingestion on seed germination of two legume shrubs: *Adenocarpus decorticans* Boiss. and *Retama sphaerocarpa* (L.) Boiss. Options Méditerranéennes Serie A 67, 111-115.
- RUIZ DE LA TORRE J. (dir.), 1996. Manual de la flora para la restauración de áreas críticas y diversificación en masas forestales. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, Sevilla.
- RUIZ DE LA TORRE J., 2006. Flora Mayor. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Dirección General para la Biodiversidad, Madrid. pp. 1002-1010.

RUIZ-DÍEZ B., FAJARDO S., PUERTAS-MEJÍA M.A., DE FELIPE M.R., FERNÁNDEZ-PASCUAL M., 2009. Stress tolerance, genetic analysis and symbiotic properties of root-nodulating bacteria isolated from Mediterranean leguminous shrubs in Central Spain. *Arch. Microbiol.* 191, 35-46.

VALLADARES F., VILLAR-SALVADOR P., DOMÍNGUEZ S., FERNÁNDEZ PASCUAL M., PEÑUELAS J.L., PUGNAIRE F.I., 2002. Enhancing the early performance of the leguminous shrub *Retama sphaerocarpa* (L.) Boiss.: fertilisation versus *Rhizobium* inoculation. *Plant Soil* 240, 253-262.

VENTURA M.R., CASTAÑÓN J.I.R., PIELTAIN M.C., FLORES M.P., 2004. Nutritive value of forage shrubs: *Bituminaria bituminosa*, *Rumex lunaria*, *Acacia salicina*, *Cassia sturtii* and *Adenocarpus foliosus*. *Small Ruminant Res.* 52, 13-18.

VILLAR-SALVADOR P., VALLADARES F., DOMÍNGUEZ-LERENA S., RUIZ-DÍEZ B., FERNÁNDEZ-PASCUAL M., DELGADO A.C., PEÑUELAS J., 2008. Functional traits related to seedling performance in a Mediterranean leguminous shrub: insights from a provenance, fertilization, and rhizobial inoculation study. *Environ. Exp. Bot.* 64,145-154.

Alnus glutinosa (L.) Gaertn.

Aliso, alno, umero, omero, vinagrera (La Rioja); *cat.*: vern, arbre negre; *eusk.*: haltza, altza; *gall.*: ameneiro

Fernando ROMÁN SALIDO, Óscar CISNEROS GONZÁLEZ, José SANTANA PÉREZ, Javier LIGOS MARTÍNEZ, Antonio TURRIENTES CALZADA

1. Descripción

1.1. Morfología

El aliso es un árbol de altura media, de 10 m hasta 33 m. La copa de los árboles jóvenes es piramidal, después pasa a ser redondeada. Produce una sombra muy densa, típica de esta especie. La ramificación principal es monopódica y conforma un tronco recto y cilíndrico. La corteza es lisa de joven y agrietada y escamosa de adulto. Las yemas son grandes, sobre pedicelos gruesos, cubiertas por dos o tres escamas viscosas. Las hojas se disponen alternas, son redondeadas, de borde sinuoso y dentado. Son verdes por ambas caras y en la inferior destaca claramente la nerviación. La foliación ocurre en abril-mayo.

El sistema radical se extiende más o menos somero en superficie, para después penetrar en profundidad con raíces verticales. En los alisos que crecen en la ribera, se pueden observar las raíces hundidas directamente en el agua. Además, presenta la peculiaridad de formar nódulos con bacterias del género *Frankia*, capaces de fijar nitrógeno atmosférico (López González, 2001; Ruiz de la Torre, 2006).

1.2. Biología reproductiva

Las flores del aliso son unisexuales y aparecen ambos sexos en el mismo árbol. La floración se inicia al final del invierno, pero durante el año anterior ya se pueden observar las flores inmaduras, las masculinas en forma de amentos cilíndricos colgantes en el extremo de las ramillas y las femeninas en forma de amentos ovoides, en la base de los ramillos. La floración es previa a la foliación. Se cita el periodo de floración de febrero a abril, aunque González-Parrado *et al.* (2006) referencian el inicio de la polinización en la segunda quincena de diciembre en Ponferrada. La polinización es anemócora y la germinación del polen requiere un cierto grado de humedad ambiental (Linares, 1985). Las altas temperaturas y la sequía estival se relacionan con la pérdida de viabilidad en las semillas (Funk, 1990).

Steiner y Gregorius (1999) han constatado la existencia de un mecanismo de autoincompatibilidad que se manifiesta en la falta de capacidad del polen para fecundar los óvulos del mismo árbol, con un porcentaje de germinación muy bajo, del 2%, y una capacidad nula de supervivencia de los brinzales en vivero. Linares (1985) describe la existencia de individuos con esterilidad masculina, lo cual también puede favorecer el cruzamiento, aunque no hay información sobre el porcentaje de individuos que presentan

esta característica. Funk (1990) indica que la fenología de la floración es dicógama, otra vía que facilita el cruzamiento.

Se trata de un árbol de fructificación temprana y extraordinariamente abundante, aunque no produce buenas cosechas todos los años, sino cada dos o tres (Suszka *et al.*, 1994). Los alisos aislados fructifican muy pronto, desde el quinto año se puede observar frutos en las repoblaciones de tierras agrarias. Los mismos autores sitúan el inicio de la fructificación hacia los 10 años en árboles aislados y a los 30 en árboles crecidos en competencia. Los frutos maduran al final del verano o principio del otoño. En este momento pasan de ser verdes a marrones, en forma de piñitas ovaladas y lignificadas, de 1-3 cm de longitud, que no se desarticulan y permanecen durante mucho tiempo en el árbol. No se abren hasta que llegan las primeras heladas y, en ese momento, se inicia la diseminación. Las semillas son muy pequeñas (2 mm) y están rodeadas por una pequeña membrana, a modo de ala. La dispersión la facilitan el viento y el agua.



Figura 1. Frutos de *Alnus glutinosa*
(Foto: J.I. García Viñas).

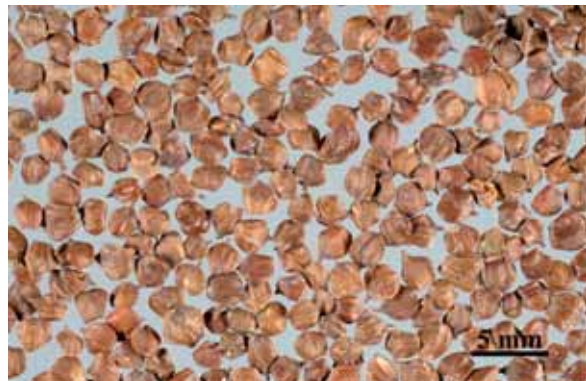


Figura 2. Semillas de *Alnus glutinosa*.

1.3 Distribución y ecología

Su distribución abarca la mayor parte de Europa: por el norte llega al sur de Escandinavia y su límite meridional está en el norte de África, mientras que en latitud alcanza desde Irlanda hasta Rusia. Ascende habitualmente hasta los 1.200 m. Se ubica por toda la Península Ibérica, a excepción del sudeste. Salvo en estaciones del norte en las que la precipitación cubre sus necesidades hídricas, el aliso aparece siempre ligado a la presencia de agua. Las alisedas de influencia atlántica se desarrollan sobre sustratos ácidos o calizos lavados. Presentan árboles de mayor altura y son típicas las formaciones en bosques de galería cerrados. En el área mediterránea, el aliso aparece con mayor frecuencia sobre suelos libres de carbonatos, por lo que es más común hacia el oeste. El pH más frecuente en estos suelos es inferior a 6.

Junto con la capacidad para fijar nitrógeno atmosférico, la tolerancia al encharcamiento es su característica más destacable. El sistema radical está adaptado para soportar periodos de asfixia, lo que convierte al aliso en un integrante de ecosistemas azonales como turberas y trampales. En las riberas aparece en contacto directo con el agua o tras la primera línea de arbustos, con lo que juega un papel de primer orden en los bosques ribereños. Crece

a plena luz y es muy prolífico, por lo que se considera especie colonizadora. Se pueden observar los golpes de regeneración en riberas descubiertas, en taludes removidos o en el límite del bosque.

2. Materiales forestales de reproducción

2.1. Marco normativo. Identificación de los materiales de reproducción

El aliso es una especie incluida en la normativa europea y estatal relativa a la producción y comercialización de los materiales forestales de reproducción. Sus regiones de procedencia, que se han establecido por el método divisivo, se describen en la Figura 3 y Tabla 1.



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

Los materiales aprobados hasta la fecha en España son fuentes semilleras y no hay programas de mejora en marcha que contemplen la catalogación de materiales de base de categoría distinta a la identificada. La detección de daños en diversas riberas del norte peninsular, provocadas por el hongo *Phytophthora alni* (Solla *et al.*, 2010), ha promovido algunas acciones encaminadas a la conservación de estos recursos, sin que hasta la fecha se hayan establecido selecciones de materiales con este propósito.

A falta de ensayos o estudios específicos en las poblaciones de España, la bibliografía europea ofrece algunas recomendaciones sobre los materiales disponibles en el catálogo. Las poblaciones locales son la primera opción para asegurar la adaptación a las condiciones ecológicas (Kajba y Gračan, 2003). Cox *et al.* (2011) relacionan la adaptación del aliso a las condiciones locales a través de factores ambientales relativos a la temperatura, en particular con las diferencias mensuales entre temperatura máxima y mínima. Se puede considerar, por lo tanto, que los factores térmicos deben tenerse especialmente en cuenta a la hora de escoger materiales para futuras reforestaciones. Esta recomendación es de especial interés en España, donde la especie se aproxima a su límite meridional, y está sometida a mayores temperaturas y menor humedad, lo que puede condicionar su éxito reproductivo y el crecimiento.

Prat *et al.* (1992) indican que las diferencias que se observan mediante isoenzimas en poblaciones europeas se corresponden con el carácter pionero de la especie, cuyo regenerado se produce preferentemente en terrenos desarbolados cerca de cursos de agua, mediante colonización, regeneración y nueva colonización. La Península Ibérica se ha propuesto como refugio glacial de la especie a partir del estudio del ADN cloroplástico (King y Ferris, 1998), por lo que es adecuado considerar, en primer lugar, la utilización de materiales forestales procedentes de poblaciones peninsulares, frente a otras localizaciones europeas, dado que previsiblemente se han desarrollado durante mucho tiempo en las condiciones locales.

Como otras especies arbóreas polinizadas por el viento y con gran producción de polen y semillas, el flujo génico entre poblaciones es intenso y la mayor parte de la diversidad genética se encuentra dentro de las poblaciones, el 90% según Cox *et al.* (2011), el 91% según Mejnartowicz (2008). FRAXIGEN (2005) recomienda que en el caso de frondosas heliófilas anemófilas se puede extender el concepto de población local entre orígenes situados hasta 200-300 km. Esta norma parece adecuada para el aliso, en particular si estas poblaciones forman parte de la misma cuenca hidrográfica, por la conexión que suponen los cursos de agua.

La planificación de la recogida de semillas dentro de los rodales debe contar con que, en general, no se observen grupos clonales, a lo largo de las riberas, a excepción de las cepas. Sin embargo, parece existir una estructura genética, en forma de similitud alélica en distancias de 70-100 m (Gömöry y Paule, 2002). Además el viento lleva las semillas hasta unos 30-60 m del árbol, por lo tanto parece razonable recoger semillas en progenitores separados unos 100 m para evitar endogamia. Por último, se debe indicar que las recomendaciones generales a favor de las poblaciones locales deben confirmarse mediante ensayos. Pliūra (2004) no ha encontrado evidencias a favor de las poblaciones más cercanas en ensayos con materiales de Lituania, mientras que algunos materiales presentan buena adaptación en el conjunto de localidades de ensayo.

En la actualidad hay aprobadas unas 250 fuentes semilleras, a lo largo de la distribución de la especie. El aliso está incluido en el Catálogo Regional de Especies Amenazadas de Castilla-La Mancha (D. 33/1998) con la categoría de especie “De interés especial”. La especie *A. glutinosa* está incluida en la normativa de pasaporte fitosanitario.

Tabla 1. Descripción de las áreas con presencia de *Alnus glutinosa* 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)			Hs	Tipo de suelo (FAO)	
	(%)	Med	Max	Min	Annual	Estival	(meses)	Med	MaxMC	MinMF	(meses)	(%)	
1	11,2	267	985	6	1468	133	0,7	12,9	25,1	3,4	11,1	0	CMu(71) RK(29)
2	10,4	514	1180	96	1144	118	1,2	12	26,6	1,5	13,7	0,1	CMu(66) RK (32)
3	15,7	216	888	2	1272	186	0	12,8	23,3	3,5	10,8	0	CMu(37) CMc(22) RK(21) LVx(13)
4	6,8	620	1579	33	1241	163	0,3	11,3	25	0,4	13,5	0,9	RK(42) CMu(32) CMc(17)
5	6,7	945	1635	297	903	101	1,8	10,1	26,8	-1,7	15,8	2,9	CMu(44) RK(38)
6	9,8	352	1144	5	1617	251	0	12,4	24,4	2,7	12,4	0	CMc(52) CMu(34) LVx(13)
7	5,9	601	1037	188	933	143	0,9	11,3	26	0,7	14,4	0,3	CMc(58) CMu(33)
8	2,4	1135	1869	491	889	258	0	9,3	26	-4,1	16,9	4,7	CMu(63) CMc(13) FLe(11)
9	2,8	616	1234	111	897	231	0,1	12,1	28	-1,1	16,7	1,8	CMc(48) CMu(37)
10	2,2	223	694	7	810	164	0,8	14,4	28,9	1,7	15,8	0,1	CMd(35) FLe(25) CMu(14) CMc(13)
11	0,6	371	547	252	504	121	2,1	13,9	32,1	0	19,6	0,9	CMc(79) VRx(10)
12	0,4	178	306	39	400	81	3,2	14,7	32,9	0,5	20,4	0,2	CMc(50) FLe(35) XEy(15)
13	0	1046	1046	1046	468	115	2	11,3	28,7	-1,3	17,4	2,5	CMc(100)
14	1,4	492	952	292	508	99	2,6	12,6	28,6	1,2	16,3	0,1	CMc(78) CMg(17)
15	0,3	1010	1194	806	672	113	1,8	10,4	27,7	-1,6	16,7	3	CMu(85) CMc(15)
16	2,3	846	1004	710	528	88	2,5	11	28,6	-1,1	16,9	2,3	FLe(43) CMc(31) CMu(19)

RP	Pres		Altitud (m)			Precipitación (mm)		A	Temperatura (°C)			Osc	Hs	Tipo de suelo (FAO)
	(%)	5,1	Med	Max	Min	Annual	Estival		(meses)	Med	MaxMC			
			761	1045	433	517	69	3		11,6	29,6	-0,8	17,2	1,9
17	5,1	761	1045	433	517	69	3	11,6	29,6	-0,8	17,2	1,9	FLe(36) CMg(18) CMe(13) Mu(11)	
18	1,9	769	1218	323	928	73	2,6	12,9	31	0,3	17,4	0,6	CMtu(63) LPd(23)	
19	5,8	855	1733	258	954	70	2,6	12,7	31,4	0	18	1,5	CMtu(39) LPd(20) CMd(19) FLe(17)	
20	0,9	908	1293	621	640	79	2,7	12,4	30,6	-0,4	18,1	1	CMd(32) CMe(30) CMtu(25)	
21	0	786	786	786	490	65	3,4	12,4	32,7	-1,7	19,2	2,8	CMc(100)	
22	0	1207	1312	1101	873	114	1,7	9,9	30,4	-4,0	19,2	5	CMc(100)	
28	0,7	394	662	259	641	48	3,8	15,5	34,7	1,8	19,5	0	FLe(44) LVv(41)	
29	1,6	601	1000	269	778	54	3,4	15,2	34,2	2	19,4	0	LPd(51) CMe(24) PLd(11)	
30	0,4	319	492	237	692	44	3,6	16,1	34,3	3,3	18,6	0	CMe(37) CMd(21) FLe(16) PLd(16) LVv(10)	
31	0,3	238	351	161	549	34	4,3	16,7	35	3,6	18,2	0	FLe(43) CMe(29) PLd(21)	
32	0,9	674	934	397	598	46	3,8	15	35,3	1,3	19,1	0	CMc(93)	
33	0	676	676	676	391	59	4,1	13,8	33,2	-0,1	19,6	0,2	CMg(100)	
39	0,2	1345	1662	929	541	40	3,8	12,6	30,1	-0,1	16,9	0,8	CMe(50) CMc(40) LPd(10)	
41	0,8	575	884	246	577	38	4,1	15,7	35,9	1,8	19,4	0	CMe(82)	
43	1,3	172	528	9	1008	24	4	17,5	30,9	7,7	13,7	0	CMtu(70) VRx(20)	
44	0	15	15	15	586	25	4,5	18	36	4,4	17,2	0	CMtu(100)	
45	0,5	377	587	87	772	38	3,8	16,3	34,5	3,4	17,3	0	CMe(88) LVx(12)	
46	0,5	512	625	306	869	43	3,5	15,7	33,4	3,4	16,7	0	CMe(84)	

2.2. Técnicas de manejo y propagación

2.2.1. Semillas

Se recomienda coger las semillas en otoño o al principio del invierno, antes de que se inicie la diseminación natural. Se debe cuidar de no recoger amentos vacíos, pues estos permanecen en el árbol después de la dehiscencia. Las piñitas recolectadas se abren extendidas en capas delgadas a temperatura ambiente en sitios ventilados, para lo que requieren varias semanas, o con calor y ventilación forzada, de 20 a 45 °C, lo que reduce el proceso a veinte, o incluso a uno o dos días (Suszka *et al.*, 1994). Posteriormente, se extraerán las piñas agitándolas en un tambor rotatorio o sobre una criba. Un cribado y tamizado posterior permitirán la retirada de las impurezas groseras y del polvo y otros restos de pequeño tamaño. La separación de las semillas vanas resulta complicada. Las semillas de aliso son ortodoxas. La humedad tras la extracción está entre 8 y 9%, suficiente para su almacenaje en frío a 2-4 °C durante dos a tres años. Para conservarlas más tiempo deben secarse hasta 5-7% (Catalán, 1991; Suszka *et al.*, 1994), pudiendo mantenerse a la temperatura de congelación sin sufrir daño. Las semillas no presentan letargo, aunque requieren luz para germinar, además de contar con suficiente humedad. Se pueden sembrar en otoño o en primavera. En cualquier caso, Suszka *et al.* (1994) recomiendan un estratificación de 30 a 60 días a 1-5 °C.

Tabla 2. Datos característicos de lotes de semillas de *Alnus glutinosa*.

Rendimiento semilla/fruto (% en peso)	Pureza (%)	Facultad germinativa (%)	Nº semillas kg ⁻¹	Referencia
	80	35	770.000	Aldhous (1972)
		30-40	635.000-1.400.000	Piotto (1992)
5	60-90 50-85 ⁽¹⁾	40 20-70 ⁽¹⁾	660.000-1.430.000 500.000 ⁽²⁾ - 780.000 ⁽³⁾	Suszka <i>et al.</i> (1994)
4-8	60	40-70	650.000-775.000-1.400.000	Catalán (2001)
	99	60	690.000	Navarro y Gálvez (2001)
3-7-12		21-61-79	756.064-874.396-1.090273	Louro y Pinto (2011)
1-5	80-95	25-60	850.000-1.250.000	CNRGF <i>El Serranillo</i> (Anexo III)
4-8	41-87		870.000-1.400.000	Vivero Central JCyL (Anexo IV)

⁽¹⁾ Rangos de calidad admitidos por el Servicio Forestal de Polonia

⁽²⁾ Polonia

⁽³⁾ Dinamarca

La germinación es epigea. Plántula de 4-5 cm con dos cotiledones oblongos, con dos hojas primordiales con el limbo lobulado y los bordes enteros, ligeramente aserrados (Navarro y Gálvez, 2001). El procedimiento establecido por la ISTA (2011) para la evaluación de la germinación es una alternancia térmica de 20-30 °C, según un ciclo de 16-8 horas. En análisis de rutina, dado el pequeño tamaño de la semilla, cabe realizar el

ensayo de germinación sobre réplicas iguales en peso, que contengan aproximadamente 100 semillas, y expresar el resultado como el número de semillas viables por kilogramo. A tal respecto, la Forestry Commission propone repeticiones de 0,1 g.

2.2.2. Vegetativa

Se ha demostrado que el aliso se puede reproducir vegetativamente con relativa facilidad, aunque no es un método utilizado en la producción de planta de uso forestal. Los resultados de diversos autores indican que el estaquillado herbáceo bajo niebla es una buena opción para numerosos clones. Martin y Guillot (1982) obtuvieron un 90% de enraizamiento con varetas procedentes de cepa, estaquilladas entre el 15 junio y 15 de agosto, con ácido indolacético al 1% y cuatro hojas, con un importante efecto clonal en los resultados.

El cultivo *in vitro* se ha puesto a punto, orientado a la obtención de clones para la producción de biomasa, así como para inoculación de *Frankia* en condiciones estériles (Tremblay *et al.*, 1986). Se trata, también, de estudios que han demostrado la viabilidad técnica de estos procesos, pero que hasta la fecha no se emplean comercialmente. Una vía para que en el futuro la propagación vegetativa cobre importancia puede ser la obtención de clones o híbridos para la producción de biomasa.

3. Producción de plantas

El aliso se produce a raíz desnuda o en contenedor, con una o dos savias. Según las experiencias obtenidas en el Vivero de Maceda (Ourense), la altura óptima de la planta de una savia debe estar comprendida entre 15 y 40 cm, con un diámetro mínimo de 2 mm. La planta de dos savias es, por lo general, más recomendable, por contar con una altura suficiente para salvar la competencia inicial del estrato herbáceo, muy vigoroso en las estaciones húmedas en las que se suele plantar el aliso. Por otra parte, en los brinzales de dos savias se asegura, en mayor medida, el establecimiento de nódulos simbióticos.

Tras la estratificación, la semilla puede emplearse para la siembra. Si el vivero es a raíz desnuda y por tanto la siembra se realiza a la intemperie, esta siembra se realizará hacia la primavera. Es importante que las semillas se cubran con una capa muy fina, 5 mm, de arena o tierra de vivero, para satisfacer la necesidad de iluminación. La densidad de siembra recomendada es muy variable, en función de la calidad de la semilla; 15-20 g m⁻² (Catalán, 1991), 5-10 g m⁻² ó 1-1,5 g m⁻² (Suszka *et al.*, 1994). El número de plantas por metro no debe superar 60 en producción 1-0 y 15 ó 20 para 2-0 (Suszka *et al.*, 1994). Durante el tiempo de cultivo será necesario realizar escardas para eliminar malas hierbas. Estas pueden ser manuales o mecánicas. El arranque de la planta se realiza en invierno a savia parada y la plantación en el terreno definitivo debe hacerse en ese mismo período, antes de que comience el período de crecimiento vegetativo. Las plantas más pequeñas podrán reforzarse un año más en vivero.

Sin embargo, por la mayor amplitud de las fechas de plantación que ofrece, así como por la facilidad de control de las condiciones de germinación y desarrollo de las plantas, cada vez es más frecuente la producción del aliso en contenedor forestal (Fig. 4). En este caso, es frecuente que la siembra se pueda realizar bajo abrigo con lo que ésta puede

adelantarse y realizarse durante el invierno, una vez cumplido el tiempo de estratificación de la semilla. Cuando la siembra se realiza en contenedor, éstos deben ser de un volumen grande, superior a los 350 cm³. Los sustratos empleados suelen ser mezclas de turba rubia con vermiculita o fibra de coco. En estas condiciones el porcentaje de germinación alcanza el 80% y el porcentaje de planta viable al final del período de cultivo, esto es planta comercializable por cumplir con los requerimientos de calidad cabal y comercial, ronda el 60%. En este punto, juega un papel muy importante la densidad de siembra. Podemos decir que una densidad menor o igual a 300 plantas m⁻² puede ser apropiada puesto que supone un tamaño de alveolo adecuado, 300-350 cm³, y suficiente espacio para permitir que los nutrientes y el agua alcancen el sustrato. En ningún caso los contenedores tendrán un volumen inferior a 300 cm³. En España no hay establecidas normas específicas de calidad relativas a la planta de *A. glutinosa*; sí, en cambio, en Francia donde han sido propuestas por Balleux y Van Leberghe (2006), las cuales se detallan en la Tabla 3.



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

Tabla 3. Valores de atributos morfológicos y, en su caso, volumen de contenedor establecidos por la normativa francesa para plantas de *Alnus glutinosa* (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

4. Uso en repoblaciones y restauraciones

Se trata de una especie destinada al aumento de la diversidad, con utilización preferente en la restauración de riberas. No se plantean repoblaciones en las que el aliso sea especie principal, siempre se incluye junto con otras especies en porcentajes variables, pero por lo general inferiores al 10%. Las estadísticas forestales (MARM, 2005-2009) muestran los datos de la Tabla 4 sobre recogida de fruto y producción de planta por parte de las administraciones regionales y nacional. A partir de esta información y con una densidad media de plantación de 1.100 árboles ha⁻¹, se pueden estimar que la superficie plantada debe ser al menos de 50 ha año⁻¹, aunque gran parte de estas forestaciones se disponen en forma lineal, junto a cauces.

Tabla 4. Estadísticas de producción de materiales forestales de reproducción de *Alnus glutinosa* (MARM, 2005-2009).

	2005	2006	2007	2008	2009
Frutos (kg)	121	79,29	36,65	27,26	6,15
Plantas	37.413	29.977	75.036	62.500	73.760

5. Planificación de la repoblación

El aliso es una especie de ribera y su utilización se encamina principalmente a la restauración de estos ecosistemas. Su capacidad para crecer en contacto directo con el agua, ubica su posición en primera línea. Se trata de una especie pionera capaz de soportar el encharcamiento prolongado en los periodos de avenida. El sistema radical es tupido y protege con efectividad el suelo, además puede crecer en suelos pobres en nutrientes y mejorarlos, gracias a la capacidad de establecer relaciones simbióticas con organismos nitrificadores. Su crecimiento a plena luz es rápido, crea rápidamente una pantalla eficaz que sombrea el cauce, por lo tanto disminuye los rangos de temperatura y atempera las condiciones ecológicas en la orilla. El inconveniente del aliso en la restauración de riberas deriva de la tupida sombra que genera, capaz de sombrear completamente los cauces estrechos. González y García (1995) recomiendan que se empleen en cauces de más de 10 m de anchura.

Además de ser habitual en la restauración de riberas, el aliso se emplea como elemento diversificador en otras forestaciones, con el objetivo de permitir el desarrollo de vegetación arbórea en zonas sometidas a encharcamiento, sobre terrenos pesados y mal drenados. En estas condiciones edáficas, la mayoría de las especies arbóreas no presentan buena adaptación, sin embargo, el aliso puede desarrollarse correctamente y proporcionar los beneficios asociados al arbolado, incluida la mejora en el balance de materia orgánica que permita el crecimiento de otras especies. Precisamente, el aliso favorece el desarrollo de otras especies arbóreas mediante la protección que genera su tupido follaje frente al sol y al viento, y la incorporación de nitrógeno atmosférico. Con este objetivo, se ha recomendado su plantación en líneas intercaladas entre otras de especies como cerezo o nogal, o bien rodeándolas para crear un efecto de sotobosque. A la hora de planificar

la forestación, hay que tener en cuenta que la incorporación de nitrógeno mediante los nódulos simbióticos beneficia directamente al aliso, e indirectamente a las especies a las que acompaña, a través de la incorporación de nutrientes al suelo, pero este efecto puede tardar hasta 7-10 años (Hood y Moffat, 1995; Balandier y Marquier, 1998), por lo que no se puede contar con el aliso como una herramienta para corregir carencias nutricionales de forma inmediata.

Por último, el aliso se incluye entre las frondosas productoras de madera de calidad para carpintería y ebanistería, aunque sin alcanzar los precios de las especies de mayor demanda, como nogal o cerezo. La plantación de alisos para la producción de madera puede resultar discutible desde un punto de vista económico, pero es recomendable incluirlo entre especies de mayor valor, para aprovechar las áreas encharcables o bien para crear cortavientos que puedan tener un aprovechamiento simultáneo a alguna clara de la especie principal.

Las características de esta especie recomiendan su plantación a elevada densidad, para optimizar su función protectora y la incorporación de nutrientes al suelo. En elevada densidad también es más fácil conseguir árboles con troncos rectos y limpios, aunque a costa de aumentar notablemente el coste de plantación. Se puede recomendar como densidad mínima 800-1.000 árboles ha⁻¹ y como superior 3.000-4.000 árboles ha⁻¹; en función del destino de la plantación y de la capacidad de gestión.

En plantaciones protectoras o en restauración de riberas no es necesario realizar podas, más allá de las necesarias para facilitar el acceso. Si se busca dar un destino productivo a la madera, es necesario realizar alguna intervención. Las podas de formación se realizan en densidades inferiores a 1.100 árboles ha⁻¹, en espaciamientos menores la competencia favorece la autopoda y el desarrollo de un eje único y dominante. Las podas de calidad se limitan a los 400 mejores árboles ha⁻¹, una vez que la altura media es de aproximadamente 6 m. Se realiza otra poda de calidad sobre los 200 árboles ha⁻¹ mejores, cuando hayan crecido otros 2 m.



Figuras 5 a y b. Brinzal de *Alnus glutinosa* recién plantado sobre suelo encharcado (izquierda) y repoblación de un año (derecha)
(Fotos: O. Cisneros).

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. 77-80.
- BALANDIER P., MARQUIER A., 1998. Vers une remise en question des avantages d'une plantation frêne-aulne. Rev. For. Franç. 50(3), 231-243.
- BALLEUX P., VAN LEBERGHE P., 2006. Guide technique pour des travaux forestiers de qualité. Ed. Ministère de la Région Wallonne, DGRNE-DNF, Namur, Bélgica. Fiche technique 17.
- BERRY A.M., TORREY J.G., 1985. Seed germination, seedling inoculation and establishment of *Alnus* spp. in containers in greenhouse trials. Plant Soil 87, 161-173.
- 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. 126-128.
- COX K., VANDEN BROECK A., VAN CALSTER H., MERGEAY J., 2011. Temperature-related natural selection in a wind-pollinated tree across regional and continental scales. Molec. Ecol. 20, 2724-2738.
- FRAXIGEN, 2005. Ash species in Europe: biological characteristics and practical guidelines for sustainable use. Oxford Forestry Institute, University of Oxford, Oxford.
- FUNK D.T., 1990. *Alnus glutinosa* (L.). Gaertn. En: Silvics of North America: 1. Conifers; 2. Hardwoods. Agriculture Handbook 654. U.S. Department of Agriculture, Forest Service. Washington, DC. vol.2. [en línea]. Disponible en http://www.na.fs.fed.us/spfo/pubs/silvics_manual/volume_2/alnus/glutinosa.htm [1 Nov, 2011]
- GÖMÖRY D., PAULE L., 2002. Spatial and microgeographical genetic differentiation of Black alder (*Alnus glutinosa* Gaertn.) populations. For. Ecol. Manag. 160, 3-9.
- GONZÁLEZ DEL TÁNAGO M., GARCÍA DE JALÓN D., 1995. Restauración de ríos y riberas. Fundación Conde del Valle de Salazar.
- GONZÁLEZ-PARRADO Z., FUERTES-RODRÍGUEZ C., VEGA-MARAY A.M., VALENCIA-BARRERA R.M., RODRÍGUEZ-RAJO F.J., FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ D., 2006. Chilling and heat requirements for the prediction of the beginning of the pollen Seaton of *Alnus glutinosa* (L.) Gaertner in Ponferrada (León, Spain). Aerobiología 22, 47-53.
- HOOD R.C., MOFFAT A.J., 1995. Reclamation of opencast coal spoil using alder. NERC News 33, 12-14.
- ISTA (International Seed Testing Association), 2011. International rules for seed testing. Edition 2011. ISTA, Bassersdorf, Switzerland.
- KAJBA D., GRAČAN J., 2003. EUFORGEN Technical Guidelines for genetic conservation and use for black alder (*Alnus glutinosa*). IPGRI, Roma.
- KING R.A., FERRIS C., 1998. Chloroplast DNA phylogeography of *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. Molec. Ecol. 7, 1151-1161.
- LINARES C., 1985. Male sterility in *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. Silvae Genet. 34(2-3), 69-72.
- LÓPEZ GONZÁLEZ G.A., 2001. Los árboles y arbustos de la Península Ibérica e Islas Baleares. Tomo I. Ed. Mundi-Prensa, Madrid. pp. 645-649.
- LOURO V., PINTO G., 2011. En: 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), 2005-2009. Anuario de Estadística Forestal 2006. [en línea]. Disponible en <http://www.marm.es/es/biodiversidad/temas/montes-y-politica-forestal/estadisticas-forestales> [1 Nov, 2011].
- MARTIN B., GUILLOT J., 1982. Quelques essais de bouturage de l'aulne. Rev. For. Franç. 34(6), 381-391.
- MEJNARTOWICZ L., 2008. Genetic variation within and among naturally regenerating populations of alder (*Alnus glutinosa*). Acta Soc. Bot. Poloniae 77(2), 105-110.

- PLIÛRA A., 2004. Possibilities for adaptation of *Alnus glutinosa* L. to changing environment. *Biologija* 1, 6-12.
- PRAT D., LEGER C., BOJOVIC S., 1992. Genetic diversity among *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. populations. *Acta Oecol.* 13(4), 469-477.
- RUIZ DE LA TORRE J., 2006. Flora Mayor. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Dirección General para la Biodiversidad, Madrid. pp. 607-612.
- SIMON L., STAIN A., CÔTE S., LALONDE M., 1985. Performance of *in vitro* propagated *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. clones inoculated with *Frankiae*. *Plant Soil* 87, 125-133.
- SOLLA A., PÉREZ-SIERRA A., CORCOBADO T., HAQUE M.M., DIEZ J.J., JUNG T., 2010. *Phytophthora alni* on *Alnus glutinosa* reported for the first time in Spain. *Plant Pathol.* 59, 798.
- STEINER W., GREGORIUS H.R., 1999. Incompatibility and competition in *Alnus glutinosa*: Evidence from pollination experiments. *Genetica* 105(3), 259-271.
- SUSZKA B., MULLER C., BONNET-MASIMBERT M., 1994. Graines des feuillus forestiers. De la récolte au semis. INRA. Paris, Francia.
- TREMBLAY F.M., PÉRINET P., LALONDE M., 1986. Tissue culture of *Alnus* spp. with regard to symbioses. En *Biotechnology in Agriculture and Forestry*. Vol.1: Trees I. Ed. Y.P.S. Bajaj. pp. 87-100.

Amelanchier ovalis Medik.

Guillomo (guilloma, el fruto), amelanchero (Almería), bellomera, bullomera, carrasquilla, carroné, cormiera, cornera, corruñé, criñolera, criñonera, curnia, curniera, curña, curñera, curroné, curruné, curruñé, escallonera, escobizos, grijolera, grillonera, griñales, griñolera, guillomera, guiñolera, hierba del riñón, sena, senera, serniera, villomo (griñolé y griñuelo, el fruto, Aragón), cornés, cornijillo y cornijuelo (Burgos y la Rioja), malanguera, mellema, mellomo (mellomino, el fruto, Cuenca, Guadalajara y Teruel), durillo, durillo agrio (Granada y Jaén), cornillo (la Rioja y Teruel); *cat.*: corner, arbre de roca, bec de gall, bellumera, borrinyoler, cirerets de pastor, cornera, cornier, corniguer, corniol, cornulier, cornyer, corronyer, corunyer, gallumera, galluvera, mallenquera, pomerola; *eusk.*: arangurbea

Jesús PEMÁN GARCÍA, Jesús COSCULLUELA GIMÉNEZ, Alfonso LÓPEZ VIVIÉ

1. Descripción

Se han descrito dos subespecies, la subsp. *ovalis* de distribución mediterránea y la subsp. *embergeri* de distribución más centroeuropea, que abarca desde el norte de la Cordillera Pirenaica, Sicilia, Crimea, el Cáucaso y el centro de Alemania. La subsp. *embergeri* se caracteriza por tener la inflorescencia más larga y laxa y los pétalos más largos. Además es tetraploide, mientras que la subsp. *ovalis* es diploide (Muñoz Garmendia *et al.*, 1998). La descripción que se expone a continuación hace referencia a la subsp. *ovalis*, que es la más empleada.

1.1. Morfología

El guillomo es un arbusto o mata alta de hasta 3 m de altura, de tronco derecho o tortuoso con una corteza pardo rojiza. Sus ramas son inermes, finas y rectas que pasan de una coloración asalmonada a gris. Los ramillos jóvenes son vellosos-tomentosos con lenticelas pequeñas y redondeadas siendo, después, glabros.

Las hojas son alternas y caedizas, simples y con un peciolo de longitud la mitad del limbo. Su forma varía desde elíptico-oval hasta redondeada, con una longitud entre 2 y 4 cm y una anchura de 1,5 a 2 cm, de ápice obtuso y base levemente cordada. El margen de la hoja está finamente aserrado hasta la base.

Las yemas de invierno son tomentosas, siendo las terminales más grandes que las laterales, entre 7 y 11 mm de longitud, con una forma alargada y con punta frecuentemente torcida. Las laterales están aplicadas al ramillo que es lampiño hacia su ápice, con una longitud de unos 8 mm. Su copa es irregular, abierta y poco densa. En caso de recepe tiende a formar matas en candelabro (Ruiz de la Torre, 2006).

1.2. Biología reproductiva

Tiene flores hermafroditas agrupadas en inflorescencias más o menos corimbiformes o racemiformes, suberectas; ubicadas en ramillos largos o cortos. Cada inflorescencia tiene de 2-10 flores. Éstas son pentámeras, con sépalos más o menos triangulares, marcescentes hasta la madurez del pomo y pétalos oblongo-espatulados, de color blanco-marfileño. Dispone de 20 estambres libres, con filamentos lampiños y anteras amarillentas. Su ovario es ínfero, con carpelos con falsos septos que separan los dos rudimentos seminales que contienen; los estilos están libres (Muñoz Garmendia *et al.*, 1998; Ruiz de la Torre, 2006).

El fruto es un pequeño pomo esferoidal o globoso de 5-11 x 5-10 mm de tamaño, de color azul, casi negro en la madurez, que puede contener hasta diez semillas, algunas de las cuales pueden ser infértiles, generalmente, por aborto. Las semillas son de 4,5-6 × 2,8 mm de tamaño y de color pardo rojizo, con pireno alargado, testa esclerificada, muy dura y lisa.

En observaciones realizadas en una localidad septentrional de la Península (Milla *et al.*, 2005), el guillomo ha presentado un desarrollo fenológico muy temprano y rápido. Así, el crecimiento vegetativo de los braquiblastos y macroblastos comenzó a mediados de marzo y finalizó a finales de mayo. La floración tuvo lugar entre abril y mayo, madurando sus frutos entre mayo y agosto. Algunos años de verano húmedo se ha observado una floración y fructificación, también, en el otoño. Este rápido desarrollo conlleva a un alto grado de solapamiento de las diferentes fases fenológicas.



Figura 1. Frutos de *Amelanchier ovalis*
(Foto: J. Pemán).



Figura 2. Semillas de *Amelanchier ovalis*.

La polinización es entomófila y, aunque es autógamo, la producción de frutos y semillas es más elevada en polinización cruzada (Blasco, 1991). La dispersión del fruto es fundamentalmente zoócora, por aves o mamíferos como los cérvidos, el jabalí, el zorro o la marta (Matías *et al.*, 2010). Se produce a lo largo de los dos meses siguientes a su maduración, pudiendo abarcar desde mayo hasta finales de agosto. Esta especie mantiene el fruto durante bastante tiempo en la copa, por lo que facilita la eficiencia en la dispersión. La producción de frutos es irregular y los datos disponibles indican que alternan los años de cosecha extraordinaria con varios años de baja producción (García Fayos *et al.*, 2001).

1.3. Distribución y ecología

Se extiende por la región mediterránea, abarcando desde el centro de Europa, el Magreb y la región del Cáucaso. En la Península Ibérica se encuentra en casi todas las regiones, siendo más escasa en el sudoeste y oeste peninsulares. Se encuentra en bosques aclarados o formando orlas arbustivas de los bosques de coníferas de montaña, frondosas caducifolias mesófilas, subesclerófilas o esclerófilas.

Prefiere el clima submediterráneo, como corresponde a una especie considerada de transición entre el clima centroeuropeo y el mediterráneo (Ruiz de la Torre, 2006). Se distribuye en altitud desde 300 m hasta 2.500 m. Las cotas más bajas corresponden al norte peninsular, mientras que las más altas a las sierras del sudeste, donde adquiere un porte tortuoso. Los sustratos donde se asienta son de naturaleza variada, aunque prefiere los calcáreos o dolomíticos, siendo abundante en laderas pedregosas y en lugares tan inhóspitos, desde el punto de vista edáfico, como son las grietas de las rocas (Loidi, 1989), peñascales, pedregales o graveras. Es por ello, un magnífico estabilizador del terreno.

2. Materiales forestales de reproducción

2.1. Marco normativo. Identificación de los materiales de reproducción

La normativa estatal relativa a materiales forestales de reproducción no contempla a *A. ovalis* en su listado. En la Comunidad Valenciana, el guillomo está incluido en la normativa sobre materiales forestales de reproducción por el Decreto 15/2006, de tal manera que su producción y uso deben ajustarse a los preceptos establecidos. Se recomienda, no obstante, que debe garantizarse en su uso la concordancia de las zonas de utilización con las de identificación (Fig. 3) (García del Barrio *et al.*, 2001). Al no estar regulada su comercialización, es importante verificar la autenticidad específica de la planta empleada ya que, en ocasiones, se han introducido desde el extranjero de manera fraudulenta especies próximas, con el consiguiente riesgo de contaminación biológica y genética.

El guillomo está catalogado como especie “Vulnerable” en la Comunidad Autónoma de Madrid (D. 18/1992), donde es rara, y como “De interés especial” en la Región de Murcia (D. 50/2003). En Andalucía se incluye dentro del listado de especies “En régimen de protección especial” (D. 23/2012). Por su parte, los guillomares, están considerados como “Hábitats de interés especial” en Castilla-La Mancha (D. 199/2001), siempre que la cobertura de *A. ovalis* supere el 20%. La especie *A. ovalis* está incluida en la normativa del pasaporte fitosanitario.

2.2. Técnicas de manejo y propagación

2.2.1. Semillas

La recolección de los frutos se hace a mediados de verano, nada más alcanzar la madurez y sin dilación para evitarlas pérdidas por depredación. Esta especie presenta una vecería muy acusada. La recolección se hace desde el suelo, ordeñando las ramas y ayudándose de lonas o mantones para hacer más rentable la labor.



Figura 3. Distribución de *Amelanchier ovalis* y Regiones de Identificación de sus materiales de reproducción (Fuente: Mapa Forestal de España, 1:200.000).

La extracción de las semillas debe abordarse con prontitud y se realiza mediante un remojado previo de duración variable, seguido de un batido o trituración. De emplearse batidoras, éstas funcionarán a bajas revoluciones o con útiles de corte no muy agresivos. Posteriormente, tras decantar parte del fruto batido y de las semillas abortadas y vanas flotantes, se acaba separando la pulpa mediante agua a presión y una criba. Una vez secada la semilla a temperatura ambiente y tras una ligera fricción para separar los restos que queden adheridos, se eliminan por aventado las impurezas y semillas vanas subsistentes.

Dado el comportamiento ortodoxo de la semilla, su almacenamiento se puede realizar dentro de contenedores herméticos, en frío (4-5 °C) y ambiente seco, con una semilla con un contenido de humedad entre el 5 y 8% (Brinkman y Strong, 2008). En estas condiciones, las semillas de otras especies de *Amelanchier* han mantenido unas tasas de germinación superiores al 80% durante diez años. Las semillas del guillomo presentan, generalmente, un letargo interno de carácter fisiológico y en ocasiones también otro externo, debido a su cubierta, por lo que su germinación resulta bastante complicada. Los tratamientos pregerminativos propuestos son los siguientes:

- Estratificación húmeda y fría durante, al menos, 6 meses.
- Estratificación caliente durante 4 semanas, seguida de estratificación fría durante al menos 16 semanas. Este tratamiento, susceptible de aplicación a

lotes provenientes de su área meridional de distribución, pretende ajustarse más a las condiciones naturales habidas tras la dispersión (Nicolás, comunicación personal).

- Escarificación ácida con ácido sulfúrico combinada con estratificación en frío y húmedo (Gulías *et al.*, 2005). Algunos autores no consideran necesario la escarificación ácida (García-Fayos *et al.*, 2001).

Las normas ISTA no hacen referencia a esta especie en sus prescripciones para ensayos de germinación. Para semillas de especies del mismo género, se ha establecido, como condiciones óptimas para la germinación tras su pretratamiento, una temperatura constante de 21 °C o unas temperaturas alternas entre 20 y 30 °C; la luz parece no tener influencia en la tasa final de germinación (Young y Young, 1994; Brinkman y Strong, 2008). La germinación de la especie es epigea. Plántula de 3-4 cm, con dos hojas primordiales con el margen ligeramente aserrado, redondeadas, de color verde claro, algo tomentosas en el envés (Navarro Cerillo y Gálvez, 2001).

Tabla 1. Datos característicos de lotes de semillas de *Amelanchier ovalis*.

Rendimiento semilla/fruto (% en peso)	Pureza (%)	Facultad germinativa (%)	Nº semillas kg ⁻¹	Referencia
1-2	90-95	50-70	140.000-275.000-350.000	Catalán (1991)
			174.520-233.100	García-Fayos (2001)
10	96	72,5	103.566	Navarro y Gálvez (2001)
5,4-9,3	95-100	94-100	154.700-233.200	Banc de Llavors Forestals (Anexo II)
4,5-7	96-98	50-80	170.000-220.000	CNRGF <i>El Serranillo</i> (Anexo III)
2-8	87-100		170.000-220.000	Vivero Central JCyL (Anexo IV)

2.2.2. Vegetativa

Para las especies de este género que han tenido un uso ornamental se ha utilizado para su propagación la estacilla semileñosa, tratada con ácido indolbutírico (AIB) en disolución con más de 3.000 ppm, en un ambiente con nebulización.

3. Producción de plantas

El cultivo como planta de repoblación es poco frecuente, pero puede realizarse en envase forestal de 250-300 cm³, para planta de una savia, con tamaño variable entre 15-50 cm (Fig. 4). La planta a raíz desnuda será de tipo 1-1 ó 1-2, para lo cual, se debe sembrar en surcos a razón de unas 1.000 semillas viables por metro y deberán cubrirse con una capa de tierra de 0,5-1 cm de espesor. Catalán (1991) recomienda que, si existe posibilidad, las semillas recién extraídas se siembren en verano (agosto) para que sufran sobre el terreno las condiciones necesarias para la ruptura de su durmancia. En este caso, el tamaño final de la planta oscila entre 30 y 90 cm.



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

4. Uso en repoblaciones y restauraciones

El carácter pionero del guillomo hace que sea una especie idónea para la fijación de terrenos inestables. Es una especie muy útil, también, para las repoblaciones de enriquecimiento y de reconstrucción de hábitats por lo apreciado de su fruto por la fauna silvestre.



Figura 5. Planta de *Amelanchier ovalis* después de un año en monte (Foto: J. Sánchez).

Su gran capacidad de rebrote después del paso del fuego (Quevedo *et al.*, 2007) la convierte en una especie para combinar con especies subesclerófilas y esclerófilas en ambientes con frecuencia de incendios. Asimismo, hay que resaltar que presenta un gran valor ornamental lo cual hace de ella una especie interesante en jardinería mediterránea continental.

5. Planificación de la repoblación

Su uso en repoblaciones forestales ha sido muy escaso, no teniendo resultados contrastables de su respuesta en monte. Su posible empleo como especie de enriquecimiento o diversificadora de otras agrupaciones vegetales, como puedan ser las coníferas de montaña, condiciona su densidad. Por analogía a sus representaciones naturales, donde se presenta de forma dispersa, su introducción sea aconseja que sea a golpes, con una densidad, en el mejor de los casos, de 100 pies ha⁻¹.

No se conoce su respuesta al empleo de tubos protectores aunque, por el carácter pionero que muestra en la colonización de terrenos inestables, no parece que sean necesarios para reducir la insolación. En el caso de que se necesiten, para protegerlo frente a los herbívoros, deberán utilizarse mallas cinegéticas o tubos-malla de colores claros.

6. Bibliografía

BLASCO S., 1991. Sistema reproductivo de plantas del carrascal mediterráneo. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología. Universidad de Valencia.

BRINKMAN K.A., STRONG T.F., 2008. *Amelanchier* Medik. 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. 245-249.

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.129-130.

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. 3.

GULÍAS J., CIFRE J., MEDRANO H., 2005. Estudio de germinación de especies arbustivas mediterráneas con interés en jardinería y revegetación: *Rhamnus alaternus*, *Rhamnus ludovico-salvatoris* y *Amelanchier ovalis*. En: Actas Portuguesas de Horticultura. V Congreso Ibérico de Ciencias Hortícolas. Oporto. Vol. 1, 512-516.

LOIDI J., 1989. Los espinares de orla de los carrascales supramediterráneos castellano-cantábricos. Lazaroa 11, 77-83.

MATÍAS L., ZAMORA R., MENDOZA I., HÓDAR J.A., 2010. Seed dispersal patterns by large frugivorous mammals in a degraded mosaic landscape. Restor. Ecol.18(5), 619-627.

MILLA R., CASTRO-DÍEZ P., MAESTRO-MARTÍNEZ M., MONSERRAT-MARTÍ G., 2005. Environmental constraints on phenology and internal nutrient cycling in the Mediterranean winter-deciduous shrub *Amelanchier ovalis* Medicus. Pl. Biol. 7, 182-189.

MUÑOZ GARMENDÍA F., NAVARRO C., AEDO C., 1998. *Amelanchier*. En: Flora ibérica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares. Vol. VI. *Rosaceae*. (Muñoz Garmendía F., Navarro C., eds.). Real Jardín Botánico, Madrid. pp. 430-433.

NAVARRO CERRILLO R.M., GÁLVEZ C., 2001. Manual para la identificación y reproducción de semillas de especies vegetales autóctonas de Andalucía. Tomo I. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, Córdoba. pp.73-75.

QUEVEDO L., RODRIGO A., ESPELTA J.M., 2007. Post-fire resprouting ability of 15 non-dominant shrub and tree species in Mediterranean areas of NE Spain. *Ann. For. Sci.* 64, 883-890.

RUIZ DE LA TORRE J., 2006. Flora Mayor. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Dirección General para la Biodiversidad, Madrid. pp. 869-873.

YOUNG J.A., YOUNG C.G., 1994. Seeds of woody plants in North America. Discorides Press, Portland, Oregon. pp. 28-30.

Apollonias barbujana (Cav.) Bornm.

Barbusano

Jorge NARANJO BORGES

1. Descripción

1.1. Morfología

El barbusano es un árbol que puede alcanzar en condiciones óptimas los 25 metros de altura, tratándose de la especie cuyo porte es el menor de entre las cuatro lauráceas presentes en la laurisilva. El barbusano se ramifica en una copa densa, siempre verde y globosa. La corteza es de color pardo-rojiza y prácticamente lisa cuando el ejemplar es aún joven. En los individuos viejos la corteza es grisácea y aparece cuarteada en placas grandes, planas, cuadrangulares o rectangulares en sentido longitudinal, que se desprenden con cierta facilidad (Bañares y Barquín, 1982). Las hojas son persistentes, se insertan en el tallo de forma simple y alterna mediante un corto peciolo rojizo. Se trata de hojas aovado lanceoladas, enteras y verde-oscuras lustrosas. Las hojas presentan a menudo numerosas agallas producidas por el ácaro *Aceria barbujanae* (Carmona, 1992), así como los brotes foliares, de color rojo claro, que las hacen inconfundibles. Las hojas son de 7 a 13 cm de longitud y de 3 a 6 cm de anchura, siendo las hojas nuevas más largas que las viejas. Para La Gomera se ha descrito, también, el barbusano blanco (*Apollonias barbujana* subsp. *ceballosii*), subespecie endémica de la isla y cuyas hojas son más anchas, claras y carnosas (Bañares y Barquín, 1982). La distribución de esta subespecie es muy reducida.

1.2. Biología reproductiva

Las inflorescencias aparecen en racimos terminales largamente pedunculados. Las flores son pequeñas (1 cm), blanquecinas, fragantes, hermafroditas y con un periantio de 6 piezas y 9-12 estambres (Delgado, 1986).

Florece en invierno a partir de los meses de diciembre-enero y puede prolongarse hasta la primavera, dependiendo de la altitud y la exposición del árbol. La polinización es entomófila. La maduración de los frutos tiene lugar en verano. En el barbusano no se aprecia vecería, fructificando anualmente si las condiciones ambientales son buenas.

El fruto es una baya, aovado-elíptica, de unos 2 cm de longitud, muy similar a la del viñátigo, aunque algo más alargada que en éste último (Rodríguez *et al.*, 2004). Es parecido a una pequeña aceituna con una cubierta lisa y carnosas cubriendo una sola semilla de color marrón oscuro. El exocarpo es fino y pasa de color verde a negro-violáceo al madurar.

La estrategia de dispersión de la semilla es principalmente barócora, es decir, disemina el fruto por gravedad en la madurez. El mecanismo de diseminación del fruto maduro consiste, por tanto, en la regeneración en el entorno de la copa del árbol madre. No es raro ver, por esta razón, una gran cantidad de brinzales a pie del árbol.



Figura 1. Frutos de *Apollonias barbujana*
(Foto: J. Naranjo).



Figura 2. Semillas de *Apollonias barbujana*.

1.3. Distribución y ecología

El barbusano es una especie endémica de la Macaronesia, presente en Canarias y en la isla de Madeira. En Canarias está presente en todas las islas, salvo en Lanzarote (Arechavaleta *et al.*, 2010). Sin embargo, en Fuerteventura, según los últimos estudios, se da muy probablemente por extinguida (Gesplan, 2006). Aunque puede ser encontrado dentro de la laurisilva, prefiere los ambientes más secos y termófilos (Fernández *et al.*, 1998). Es la especie más heliófila de la familia *Lauraceae* en Canarias, habitando normalmente las cotas más bajas de transición, pero creciendo sobre sustratos con disponibilidad de agua todo el año (Bañares y Barquín, 1982; González, 2008). Su óptimo de altitud se encuentra entre 300 y 900 m (Delgado, 1986), si bien en el norte de la isla de La Palma pueden encontrarse ejemplares aislados a cotas inferiores, dadas las buenas condiciones microclimáticas allí existentes.

Se trata de una especie de media sombra (Naranjo, 1995), de temperamento delicado en las primeras edades como otras especies climácicas del monteverde. Si bien su diferencial de potencial hídrico es mayor a las especies de sombra (viñátigo y til), cabe seguir pensando en que la falta de agua durante la estación seca es el factor limitante (Naranjo, 1992 y 1994).

El área natural de distribución del barbusano apunta a que se trata de una especie climácica ligada al monteverde de las cotas más bajas. En la actualidad su distribución se ha reducido en todas las islas, incluida la isla de La Gomera, debido a su alto valor maderero (Bañares y Barquín, 1982).

Según el inventario realizado en el Parque Nacional de Garajonay (Fernández *et al.*, 1998) el barbusano pertenece al grupo de especies que junto a las especies como el til (*Ocotea foetens*), madroño (*Arbutus canariensis*), mocán (*Visnea mocanera*) y sanguino (*Rhamnus glandulosa*) tienen un carácter minoritario en el conjunto del monte, aunque en algunas localidades tienen una presencia importante. En la laurisilva madeirense se describe al barbusano como especie que se encuentra en un segundo plano dentro de un conjunto de especies menos abundantes (barbusano, palo blanco, acebiño, aderno, sanguino), aunque eventualmente con alguna representatividad local. Si bien a nivel global de la laurisilva madeirense, tanto en densidad como en dominancia, su aportación

es insignificante, en lugares concretos se han llegado a medir densidades de hasta 44 individuos por hectárea (Costa *et al.*, 1996).

2. Materiales forestales de reproducción

2.1. Marco normativo. Identificación de los materiales de reproducción

Se trata de una especie cuyos materiales de reproducción no tienen regulada su comercialización. No obstante, debe garantizarse en su uso la concordancia de las zonas de utilización con las de identificación. Debido a su distribución insular, y como principio de precaución, no se deben efectuar transferencias de materiales entre islas (Fig. 3).

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 barbusano “Especie protegida”, quedando sometido a previa autorización el arranque, recogida, corta y desraizamiento de plantas o parte de ellas, incluidas sus semillas y su comercialización, así como el cultivo en viveros, traslado entre islas, introducciones y reintroducciones.

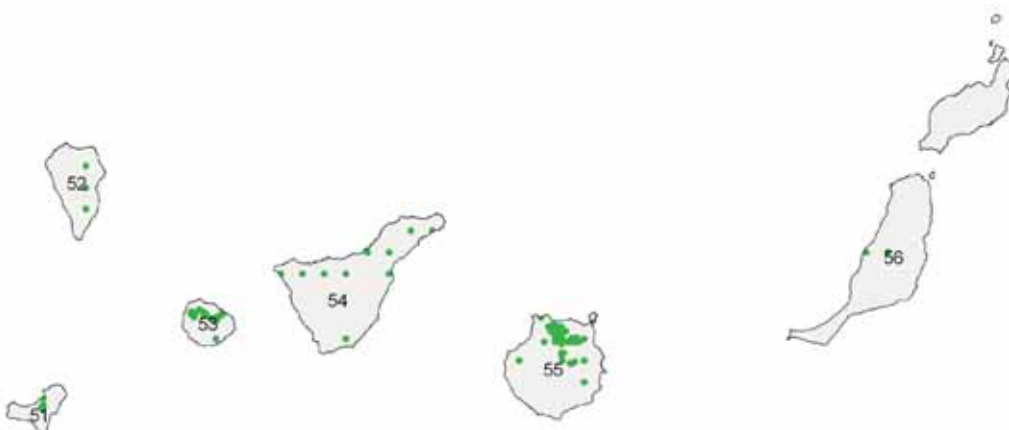


Figura 3. Distribución de *Apollonias barbujana* y Regiones de Identificación de sus materiales de reproducción (Fuente: Anthos).

2.2. Técnicas de manejo y propagación

2.2.1. Semillas

La recolección de frutos se efectúa en verano. El fruto se recoge a mano del árbol en pie cuando el árbol es pequeño o del suelo cuando el árbol 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 debe proceder a la limpieza de los mismos de forma inmediata, para evitar que se produzcan fermentaciones que puedan afectar a las semillas (Rodríguez, 2004). 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 a la limpieza de las mismas, eliminando las partes del endocarpo que aún pudieran quedar adheridas, así como otras impurezas que se detecten.

Como en el proceso de separación la semilla adquiere humedad, la semilla limpia deberá dejarse secar unos días. 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 se dispone de datos de rendimiento de los frutos en cuanto a producción de semilla. En condiciones de vivero, sin control de los parámetros de temperatura y humedad como en laboratorio, el período de latencia puede rondar los dos meses (Delgado, 1986) o tres meses (Naranjo, 1996), si se dan las condiciones adecuadas de temperatura.

Tabla 1. Datos característicos de lotes de semillas de *Apollonias barbujana*.

Pureza (%)	Facultad germinativa (%)	Nº semillas kg ⁻¹	Referencia
100	50% rango mínimo admisible en un periodo de 6 meses	1.100	
	30,7 ⁽¹⁾		Delgado (1986)
	22 ⁽²⁾		Bañares (1992)
	73- 81 ⁽¹⁾		Naranjo (1996)

⁽¹⁾ Maceración

⁽²⁾ Cama caliente

2.2.2. Vegetativa

Las facilidades que ofrecía la germinación de semillas de barbusano, ya en los primeros años de experimentación, fue la razón por la que diferentes autores no proponen la propagación vegetativa (Kunkel, 1974; Delgado, 1986). El barbusano se puede propagar vegetativamente mediante estaquillas leñosas y acodo aéreo. Los resultados máximos de enraizamiento obtenidos en La Gomera (Parque Nacional de Garajonay) son del 30%, para estaquilla en invernadero y sin tratamiento hormonal (Bañares, 1992).

En el caso de acodos se obtuvo el 46%, con y 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 relativamente temprana edad de fructificación (con plenitud entre los 10-15 años) de la especie, que permite prescindir de los injertos.

3. Producción de plantas

Desde los inicios de la producción de planta de especies de laurisilva se propuso el cambio de la bolsa de polietileno por el contenedor forestal (Velázquez *et al.*, 1987), con el fin de producir planta de calidad con el desarrollo de un buen sistema radical y ahorrar costos de sustrato y riego en vivero, así como en la plantación (Fig. 4). Hoy en día, el barbusano se produce con regularidad en contenedor, si bien su producción en vivero es relativamente baja al no tratarse de una especie pionera. El cultivo de planta a raíz desnuda debe evitarse por la fragilidad de la especie a la falta de agua en el suelo. Con una fertilización adecuada se puede producir planta de calidad de una savia. En estas circunstancias, los envases de al menos 300 cm³ son suficientes para un buen desarrollo del cepellón.

Salvo en el caso particular de 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%) con perlita (15%). 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, que es el tiempo que la planta va a permanecer en vivero.

Las plantas trasplantadas pasan la fase de crecimiento en una zona de sombreado durante unos 6 meses, hasta que adquieren una altura suficiente entre 25 y 35 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. A diferencia de otras especies del monteverde, no se suelen dar pérdidas por problemas de podredumbre a causa de hongos de raíz.



Figura 4. Planta de una savia de *Apollonias barbujana* (Foto: J. Naranjo).

Tabla 2. Valores de atributos morfológicos de plantas de *Apollonias barbujana*.

Atributo	Valores mínimos	Valores recomendados	Valores máximos
Altura (cm)	20	25 - 35	45
Diámetro del cuello de la raíz (mm)	2,5	3,5 - 6	6

4. Uso en repoblaciones y restauraciones

Las repoblaciones forestales con barbusano 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 y en fincas particulares.

Su uso en reforestación responde a la disponibilidad de condiciones edáficas apropiadas, tratando de evitar siempre suelos pesados. No obstante, por sus características ecológicas resulta interesante junto a especies como el palo blanco (*Picconia excelsa*), si se toman las medidas adecuadas (Naranjo, 1992). El barbusano es una especie que germina bajo copa, pero que necesita los claros del bosque para crecer y desarrollarse (Naranjo, 1995). Su uso es aconsejable en repoblaciones bajo cubierta arbórea o para enriquecer la biodiversidad. Sin embargo, el formar parte de las situaciones más heliófilas y termófilas de las formaciones del monteverde puede ayudar a entender su buen desarrollo en ciertas áreas alteradas (González *et al.*, 1993).

Su madera fue muy apreciada y se empleó con carácter general en ebanistería fina (Guzmán *et al.*, 2007). Se trata de una madera inatacable por los termites y difícilmente combustible, por lo que se empleaba antiguamente en las campanas de las grandes chimeneas, dada su incombustibilidad (Peraza y López de Roma, 1967). La madera de barbusano se comercializó como ébano en Canarias. El barbusano 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 similares al viñátigo.

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. Es en esta época cuando los crecimientos son fáciles de observar debido a la aparición de hojas nuevas.

La sequía prolongada es acusada por la especie; por ello, la aplicación de varios riegos en el período estival contribuye en gran medida al establecimiento de la misma. El riego será un requisito para ver prosperar repoblaciones de barbusano en superficies desarboladas. Las especies de laurisilva, incluyendo el barbusano, son inferiores a las especies esclerófilas mediterráneas en términos de evitar y tolerar el estrés hídrico (Lösch, 1993). Los riegos, por tanto, deben ser de establecimiento y de mantenimiento. El riego de establecimiento se efectúa para mejorar la disponibilidad hídrica de la planta después de la plantación y facilitar así su arraigo. Los riegos de mantenimiento se realizan 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 y, en todo caso, durante los dos primeros veranos. 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 ha sido el 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.

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, un más elevado número de marras y el retraso de crecimiento en altura. Bajo esas condiciones desfavorables las plantas tienen un reducido incremento en biomasa (Naranjo, 1995).



Figura 5. Planta de *Apollonias barbujana* de cinco años con hojas nuevas (Foto: J. Naranjo).

Se recomienda el uso de protectores, ya que se trata de una especie que es atacada por herbívoros. Se utilizan mallas plásticas negras de 0,6 m de 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. Una vez que, a partir del tercer año, las plantas han superado con creces el protector, éste puede ser retirado. 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. A veces puede resultar necesaria una ligera poda de guiado, pero su intensidad será baja si se compara con las del laurel (*Laurus novocanariensis*), viñátigo (*Persea indica*) o faya (*Morella faya*). 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, 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. Plantaciones alejadas de individuos viejos pueden pasar años sin la presencia de las agallas en las hojas, si bien pasado el tiempo terminan por aparecer.

Tabla 3. Valores de atributos morfológicos de plantas de *Apollonias barbujana* tras 8 años en campo en diferentes situaciones de plantación (zona de plantación: medianías del norte de Gran Canaria; tamaño muestral: 42 individuos).

Situación	Altura media (m)	Rango de altura (m)
Parcela agrícola abandonada en fondo de barranco (cota 490 m)	5,8	3,5-9,5
Superficie desarbolada en ladera de umbría (cota 500 m)	2,4	1,7-4,0
Superficie desarbolada en ladera de solana (cota 650 m)	1,0	0,7-2,6

Agradecimientos. A Carlos Velázquez e Isabel Reyes por las facilidades concedidas para el trabajo en los viveros forestales, a Carlos Suárez por la búsqueda de fuentes bibliográficas 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].

ARECHAVALETA 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.

BAÑARES A., BARQUÍN E., 1982. Árboles y arbustos de la laurisilva gomera: Parque Nacional Garajonay, Santa Cruz de Tenerife.

BAÑARES A., 1992. Contribución al conocimiento de la propagación vegetativa y sexual de las especies vegetales de la laurisilva canaria I. Bot. Macaronésica 19-20, 53-64.

- CARMONA M.M., 1992. Ácaros fitófagos e predadores da Ilha da Madeira - II. Bol. San. Veg. Plagas 18, 469-482.
- 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.
- GESPLAN, 2006. Distribución, valoración y caracterización de especies forestales del piso basal y termófilo y algunos frutales forestales en la isla de Fuerteventura. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación Territorial, Gobierno de Canarias. Inédito.
- 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., 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.
- 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., 2004. La laurisilva en Canarias y en Madeira. Forestalia 9, El coleccionable 1-8.
- PERAZA C., LÓPEZ DE ROMA A., 1967. Estudio de las principales maderas de Canarias. Ministerio de Agricultura, Madrid.
- RODRIGUEZ C., LLARÍA M.A., FERNÁNDEZ P., DELGADO J.A., 2004. Fichas de germinación de especies de flora canaria. Cabildo Insular de Tenerife.
- VELÁZQUEZ C., NARANJO J., GONZÁLEZ J.M., CASTRO S., 1987. La laurisilva y su selvicultura: Estudio sobre conservación forestal. Instituto para la Conservación de la Naturaleza, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid.

Arbutus canariensis Veill.

Madroño canario

Jorge NARANJO BORGES, Isabel REYES PERERA, Isabel HIDALGO DELGAGO

1. Descripción

1.1. Morfología

El madroño canario es un arbolito de 4 a 8 m de altura media, si bien los ejemplares viejos pueden alcanzar mayor altura, alcanzando el Madroño del Barranco Ruiz en Tenerife los 18 m (Domínguez, 2005). El madroño se ramifica en una copa poco densa, siempre verde y aovada. La corteza pardo-rojiza se desprende en escamas delgadas pero, a diferencia del madroño peninsular, la corteza con la edad no se vuelve grisácea. Las ramas jóvenes son piloso-glandulares, con abundante follaje y de coloración rojiza. Las hojas son persistentes, se insertan en el tallo de forma simple y alterna mediante un corto peciolo. Se trata de hojas oblongo lanceoladas, de bordes dentados, verde oscuras por el haz y glaucas en el envés. A diferencia del madroño peninsular las hojas no son coriáceas y resultan más largas, hasta 15 cm de longitud y 3 cm de anchura.



Figura 1. Frutos de *Arbutus canariensis*
(Foto: J. Naranjo).



Figura 2. Semillas de *Arbutus canariensis*.

1.2. Biología reproductiva

La flor de las ericales es hermafrodita (Sánchez *et al.*, 1999) y, en el caso del madroño, son pentámeras, dispuestas en racimos terminales, colgantes y solitarios. Estos ramilletes terminales, más o menos péndulos, presentan numerosas flores acampanadas, de color blanco con tonos rojizo-rosáceos. Florece en otoño o a principios de invierno. La polinización es entomófila y probablemente también anemófila. Los frutos maduran en el otoño del año siguiente, entre octubre y diciembre, cuando el árbol vuelve a florecer. En

el madroño no se aprecia vecería, fructificando anualmente si las condiciones ambientales son buenas.

El fruto es una baya comestible, cuyo tamaño medio es de 1-2 cm, si bien puede llegar hasta 3 centímetros de diámetro en óptimas condiciones. El fruto es globoso, parecido a una pequeña mandarina, con la superficie granulosa, contiene cinco lóculos polispermos y es de color anaranjado cuando madura. El endocarpo también es anaranjado.

Las semillas se insertan en los lóculos y son pequeñas. El número de semillas por lóculo varía entre 6 y 8, por lo que el número total de semillas por fruto oscila entre 30 y 40. Son de color pardusco y angulosas. La estrategia diseminadora de la semilla es principalmente barócora. El mecanismo de diseminación del fruto maduro consiste, por tanto, en la regeneración en el entorno de la copa del árbol madre. No es raro ver los frutos caídos al pie del árbol a finales de otoño. Sin embargo, los animales también pueden jugar su papel en la dispersión de esta especie. De este modo se entiende la regeneración natural cuando ésta aparece a una cota altitudinal superior de las poblaciones localizadas en roquedos. Se trata, en todo caso, de una estrategia complementaria.

El madroño canario puede hibridarse con el madroño peninsular (*Arbutus unedo*) dando lugar al híbrido *Arbutus x androsterilis* (*A. canariensis* x *A. unedo*) (Salas *et al.*, 1993) que, aunque resulta incapaz de producir polen, sí posee frutos que maduran y producen semillas viables. El híbrido muestra características intermedias entre ambos progenitores y gran variabilidad entre individuos; algunos aparecen morfológicamente más cerca de *Arbutus canariensis* y otros más similares a *Arbutus unedo*. Las principales características que distinguen al híbrido son hojas más largas que *A. unedo*, aunque con la misma proporción largo/ancho, la base de la hoja piloso-glandular, ramas de inflorescencias sin pelos, el fruto maduro mayor que el de *A. unedo* y corteza rojiza a marrón oscura, que se desprende en grandes placas, pero que no es lisa. La posibilidad de hibridación puede deberse a la diferenciación de estas especies por aislamiento geográfico, es decir, las poblaciones de ambas especies de madroño quedaron separadas por causas relacionadas con el territorio, no por modificaciones genéticas sustanciales. En este caso, ambas poblaciones evolucionan cada una por su lado, dando lugar a dos especies distintas pero sin desarrollar barreras reproductivas. Esto hace que, si alguna vez vuelven a estar juntas, estas especies pueden hibridarse, dando lugar, muy posiblemente, a la pérdida de diferenciación genética (Salas, 2009). La hibridación entre ambas especies se ha constatado en el Pinar de La Esperanza en la isla de Tenerife.

1.3. Distribución y ecología

El madroño canario es una especie endémica de Canarias, presente en las islas centrales y occidentales (Arechavaleta *et al.*, 2010). Se trata de una de las especies del monteverde canario que aparece de manera marginal en dicho ecosistema.

Uno de los factores condicionantes de la distribución del madroño es la necesidad de cierta humedad ambiental (Bañares y Barquín, 1982). Es una especie que vegeta y fructifica bien en las medianías de las islas orientadas al norte. No obstante, puede llegar a encontrarse en el pinar mixto canario y presenta cierta resistencia a las heladas y bajas temperaturas, en comparación con otras especies del monteverde. Las lluvias de otoño-invierno son

importantes para el buen desarrollo del madroño. La posibilidad de varios riegos en el período estival contribuye, en gran medida, al establecimiento de la especie. Se trata de una especie de media luz a media sombra, de temperamento delicado en las primeras edades. El área natural de distribución del madroño apunta a que se trata de una especie vinculada al monteverde y a los márgenes de esta formación boscosa principalmente. Al menos han sido identificadas 34 localidades de origen natural en las islas (Molina, 1994). En la actualidad, su distribución se ha ampliado debido a las repoblaciones forestales de monteverde, a la forestación de tierras agrícolas abandonadas y a la plantación en jardines particulares. En la isla de La Gomera, donde la formación de monteverde ha sido menos alterada por la acción humana, existen cuatro poblaciones naturales (Fernández *et al.*, 1998) que se hallan sobre roques, siendo la de Roque Blanco una de las más importantes del archipiélago (Martín *et al.*, 1995). Así, caracterizan al madroño en La Gomera como especie rupícola localizada en el límite inferior del Parque Nacional de Garajonay, en formaciones de fayal-brezal seco termófilo (Fernández *et al.*, 1998). Sin embargo, en islas como Gran Canaria se ha observado regeneración natural de madroño en el Pinar de Tamadaba, a partir de formaciones relicticas localizadas en escarpes, una vez los aprovechamientos tradicionales del monte han desaparecido. También en Gran Canaria, en la localidad conocida como “El Madroñal”, pervive uno de los madroños más emblemáticos de la isla en el interior de una zona agraria. En las islas de mayor relieve como son La Palma, Tenerife y Gran Canaria, existen poblaciones de madroño por encima de la cota 1.000 hasta la cota 1.300 m (Molina, 1994).

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 madroño pertenece al grupo de especies, que junto a otras como el til (*Ocotea foetens*), barbusano (*Apollonias barbujana*), mocán (*Visnea mocanera*) y sanguino (*Rhamnus glandulosa*), tienen un carácter minoritario en el conjunto del monte, aunque en algunas localidades su presencia es importante.

2. Materiales forestales de reproducción

2.1. Marco normativo. Identificación de los materiales de reproducción

La especie tiene regulada su comercialización en nuestro país. Se han establecido cinco regiones de procedencia, coincidentes con las cinco islas más occidentales (Fig. 3, Tabla 1).

En la actualidad, existen 5 fuentes semilleras de madroño incluidas en el Catálogo Nacional de Materiales de Base para la producción de los materiales forestales de reproducción identificados. Las fuentes semilleras se localizan: una en La Gomera, dos en Tenerife y dos en Gran Canaria. En todos los casos, el origen del material es de regeneración natural salvo en una de las de Gran Canaria, donde se llevó a cabo una plantación a mediados de la década de los 90 en el marco del Proyecto Laurisilva XXI. En un terreno agrícola abandonado propiedad del Cabildo de Gran Canaria se plantaron 50 pies procedentes de diferentes individuos de dos poblaciones de la isla. El objetivo principal perseguido fue el aumento de producción y la fácil recolección de fruto de esta especie. En cualquier caso, se deben emplear materiales locales y evitar su movimiento entre islas.

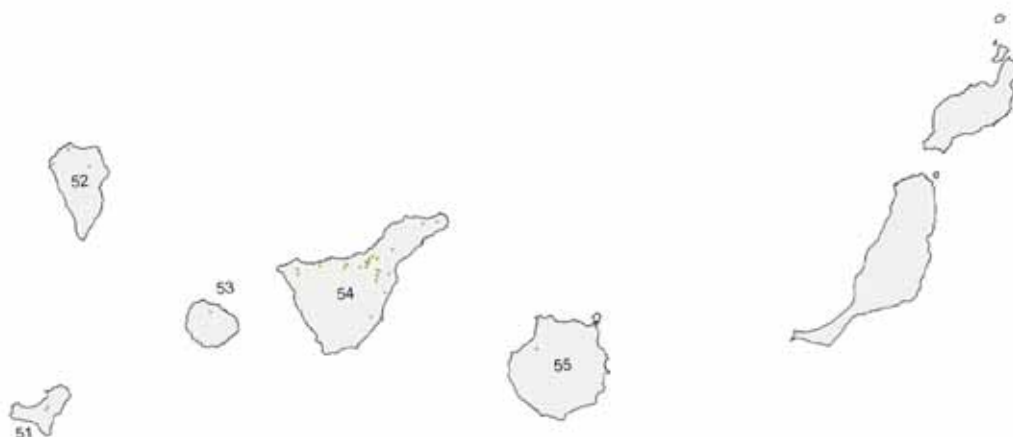


Figura 3. Distribución de *Arbutus canariensis* y Regiones de Procedencia de sus materiales de reproducción (Alía *et al.*, 2009).

La Orden de 20 de febrero de 1991, sobre protección de especies de la flora vascular silvestre de la Comunidad Autónoma de Canarias, declara al madroño “Especie protegida”, quedando sometida a autorización previa el arranque, recogida, corta y desraizamiento de plantas o partes de ellas, incluidas sus semillas y su comercialización, así como el cultivo en viveros, traslado entre islas, introducciones y reintroducciones.

Por último, a nivel local se cuenta con un catálogo de árboles singulares a modo de inventario patrimonial. El Madroño de El Madroñal ha sido incluido en el Primer Catálogo de Árboles de Interés Local del Ayuntamiento de la Villa de Santa Brígida en Gran Canaria (BOP nº 65, de 22 de mayo de 2009). El género *Arbutus* no está incluido en la actual normativa sobre pasaporte fitosanitario.

2.2. Técnicas de manejo y propagación

2.2.1. Semillas

La recolección de frutos se efectúa a finales de verano y durante el otoño. El fruto se recoge a mano, del árbol en pie o del suelo. Se requiere que el fruto esté en sazón, es decir, lo suficientemente maduro, pero debe evitarse la técnica del vareo ya que daña las ramas del árbol. La recolección de los frutos, hasta los años 60 en localidades con madroñales, parece ser que se llevaba a cabo por mujeres y niños con la ayuda de horquetas (garabatito) de madera de madroño o de otras especies acompañantes del monteverde (Molina, 1994).

Recolectados los frutos se extraerán las semillas. Toda la parte carnosa se habrá de eliminar, evitando dañar la semilla. Para ello, el fruto se deberá macerar, pasándolo por agua, o bien escarificar, frotándolo ligeramente, para luego proceder a tamizar con la ayuda de una fina malla y del agua. Una vez separada la parte carnosa de las semillas,

Tabla 1. Descripción de las áreas con presencia de *Arbutus 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 (mm) ⁽¹⁾		A ⁽¹⁾ (meses)	Temperatura (°C)			Hs (meses)
		Med	Max	Min	Annual	Estival		Med	MaxMC	MinMF	
51	7,7	772	921	344	344	3	6,5	16,6	25,4	9,8	0
52	11,5	944	1327	468	468	6	5,7	15,3	24,6	8,5	0
53	3,8	861	861	426	426	6	6,0	16,3	25,4	9,4	0
54	73,1	899	1400	510	510	10	5,2	15,3	24,6	8,3	0
55	3,8	683	683	329	329	6	7,0	16,4	25,5	9,5	0

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

se procede a la limpieza de las mismas, eliminando las partes del endocarpo que aún pudieran quedar adheridas, así como otras impurezas que se detecten. Como en el proceso de separación la semilla adquiere humedad, la semilla limpia deberá dejarse secar unos días sobre papel absorbente o sobre cedazos antes del almacenamiento o siembra.

Otra posibilidad de obtención de semilla consiste en extender los frutos recién recolectados para que se sequen. Este sistema es más costoso, porque el fruto se endurece y puede favorecer el desarrollo de patógenos durante el secado.

Los ensayos de laboratorio (Maya, 1988 y 1989) muestran, para la semilla de madroño, una capacidad germinativa con valores muy variables según el tratamiento, comprendidos entre 0 y el 100%. Para todos los tratamientos se observa un período de latencia largo. El factor determinante para la germinación es la temperatura ambiente, la cual debe rondar los 15 °C para conseguir el 90% de germinación sin ningún otro tipo de tratamiento (Tabla 2). A 30 °C las semillas son incapaces de germinar y a 21 °C solo germinan de manera óptima con concentraciones de ácido giberélico (AG₃) de 250 y 500 ppm. Con la escarificación mecánica la respuesta germinativa no llega al 50%, debido a la contaminación rápida por hongos. La escarificación química, con SO₄H₂, resulta un tratamiento eficaz a 15 °C, si la exposición al agente químico dura 1 minuto, ya que los tiempos de inmersión prolongados afectan a la estructura de la testa y se produce una contaminación por hongos.

En la Tabla 2 se ofrecen datos de características de lotes de semillas, tanto de elaboración propia como de otras referencias bibliográficas. No se dispone de datos de rendimiento de fruto en cuanto a producción de semilla para esta especie

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

Pureza (%)	Facultad germinativa (%)	Nº semillas kg ⁻¹	Referencia
75	30-45 rango mínimo admisible	425.000-475.000	
	87,5-92,5 ⁽¹⁾ 45 ⁽²⁾ 77,5-97,5 ⁽³⁾		Maya (1989)
	35-47 ⁽⁴⁾		Almeida (1994)
	31 ⁽⁵⁾ 47 ⁽⁶⁾		Reyes (2010)

⁽¹⁾ Maceración 15 °C

⁽²⁾ Escarificación mecánica 15 °C

⁽³⁾ Escarificación química 15 °C

⁽⁴⁾ Maceración

⁽⁵⁾ Escarificación mecánica y germinación en invernadero

⁽⁶⁾ Escarificación mecánica y germinación bajo sombreado

En condiciones de vivero, sin control de los parámetros de temperatura y humedad como ocurre en laboratorio, el período de latencia en otoño puede variar entre quince días y un mes y medio si se dan las condiciones adecuadas de temperatura. En el semillero, no

obstante, se ha comprobado, como en el caso de otras especies de monteverde, que queda un banco de semillas sin germinar hasta el siguiente año.

2.2.2. Vegetativa

Las dificultades que entrañaba la germinación de semillas de madroño, en los primeros años en que se abordó su producción, es la razón por la que diferentes autores proponían la propagación por esquejes (Kunkel, 1974) o acodos aéreos (Delgado, 1986). El madroño canario se puede propagar vegetativamente mediante estaquillas leñosas y acodo aéreo. Los resultados de enraizamiento obtenidos en La Gomera (Parque Nacional de Garajonay) del 20% para estaquilla en invernadero y del 40% para acodo aéreo, son relativamente bajos (Bañares, 1992). En la actualidad, se desecha la reproducción vegetativa debido a la obtención de suficientes plantas a través de semilla y a la temprana edad de fructificación de la especie, que permite prescindir de injertos.

3. Producción de plantas

Desde los inicios de la producción de planta de especies de laurisilva se propuso el cambio de la bolsa de polietileno por el contenedor forestal (Velázquez *et al.*, 1987), con el fin de producir planta de calidad con el desarrollo de un buen sistema radical y ahorrar costes de sustrato y riego en vivero, así como en la plantación. Hoy en día, el madroño es una de las especies procedentes de semilla que, como otras típicas de la laurisilva canaria, se produce con regularidad en contenedor (Naranjo, 2004), si bien, su producción en vivero no debería ser nunca en grandes cantidades, al tratarse de una especie marginal del ecosistema.

El cultivo de planta a raíz desnuda debe evitarse por la fragilidad de la especie a la falta de agua en el suelo. Es recomendable el cultivo en aquellos envases que permitan un buen manejo del cepellón y el desarrollo de un buen sistema radical. 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.



Figura 4. Planta de una savia de *Arbutus canariensis* (Foto: J. Naranjo).

Si se utiliza contenedor, la siembra se suele llevar a cabo sobre bandejas. Al cabo de unos 15 días de germinación, se trasplanta la plántula a su contenedor forestal definitivo. El sustrato empleado puede variar dependiendo del vivero pero se aconseja la mezcla de fibra de coco o turba rubia de *Sphagnum* (85%) con perlita (15%). 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. Durante el periodo de la siembra la existencia de ratones en el vivero puede convertirse en un problema, al devorar las semillas.

Las plantas trasplantadas pasan la fase de crecimiento en zona de sombreado durante unos 6 meses hasta que adquieren una altura suficiente entre 25 y 35 cm (Tabla 3). Una vez transcurrido dicho periodo, las plantas se exponen al sol para su fase de endurecimiento antes de su salida al campo.

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

Atributos morfológicos	Valores mínimos	Valores recomendados	Valores máximos
Altura (cm)	20	25-35	40
Diámetro del cuello de la raíz (mm)	3	4-6	7

En la producción de planta con fines ornamentales, la plántula se trasplanta con 5-10 cm de altura a maceta de 14 cm de diámetro. El sustrato suele ser una mezcla de tierra vegetal (70%) con estiércol de caballo (30%). Cuando alcanza la altura de 20-30 cm se vuelve a trasplantar a una maceta de 25 cm, donde puede alcanzar en un año el metro de altura. Sobre todo en verano, se puede dar alguna pérdida por problemas de podredumbre a causa de hongos de raíz.

4. Uso en repoblaciones y restauraciones

El Ingeniero de Montes Francisco Ortuño Medina mandó plantar, a principios de los años 50 del pasado siglo, madroños en la localidad de Aguamansa en Tenerife, realizando un bosque que pervive hasta hoy en día. Sin embargo, las repoblaciones forestales con madroño son recientes, comenzando en la década de los años 90, motivadas por la puesta en producción de la especie y las órdenes de forestación de tierras agrarias. En Gran Canaria, a raíz de la plantación efectuada en el marco del Proyecto Laurisilva XXI, se ha elaborado licor y mermelada de madroño debido a la cantidad de fruto que se produce anualmente.

Al tratarse de una especie decorativa, su uso en jardinería y en fincas particulares se ha potenciado con fines ornamentales. Para prevenir el ataque de hongos de raíz se debe evitar terrenos pesados y procurar airearlo antes de la plantación. Asimismo, es de destacar la importancia que los madroños han tenido, por ejemplo, en la sociedad herreña (isla de El Hierro), ya que su vinculación a la especie ha permanecido hasta hace poco (Molina, 1994). Se ha tratado de un fruto tradicional de recolección para dar a los animales y, en épocas de penurias, también ha sido consumido por los herreños. En todo

caso, la salvaguarda de la diversidad genética de esta especie es importante en las islas de Tenerife y Gran Canaria, donde existe madroño peninsular plantado.

El madroño se utiliza preferentemente con fines de conservación o restauración del ecosistema si bien, en los terrenos particulares, se usa con fines ornamentales en jardinería.

5. Planificación de la repoblación

La labor de desbroce del matorral, previo 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 de una savia con cepellón. En el caso de una plantación para la producción de fruto, puede plantarse una planta de mayor tamaño en envase de gran volumen. Las plantaciones deberán llevarse a cabo en otoño, con las primeras lluvias o con el simple cambio de tempero. En relación con el riego, éstos deben ser de establecimiento y de mantenimiento. El riego de establecimiento se efectúa para mejorar la disponibilidad hídrica de la planta después de la plantación y facilitar así su arraigo. Los riegos de mantenimiento tienen la finalidad 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 marco de plantación usado ha sido el de 3x3 m al tresbolillo, con densidades finales de 1.000 pies ha⁻¹, ya que se adecua a la formación de copa de esta especie. En el caso de producción de fruto, el marco puede ampliarse a 5x5 ó 6x6 m. 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 *Arbutus canariensis* de tres años con protector individual (Foto: J. Naranjo).

Se debe plantar por pequeños grupos o bosquetes atendiendo a su autoecología y para evitar competencias interespecíficas innecesarias; por el temperamento de la especie mejor a media luz-media sombra. 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 resulta bastante apropiado. La ventaja de la plantación en superficies desarboladas que no requieren aclarado se ve descompensada por los mayores gastos de riego hasta que la planta logra consolidarse.

Dada la alta incidencia de herbívoros en las islas, se hace imprescindible la utilización de protectores. Se utilizan mallas plásticas negras de 0,6 m de 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 de caña. Una vez las plantas han superado con creces al protector, a partir del tercer año, se pueden retirar los protectores, pues ya no son objetivo de los herbívoros.

El mantenimiento adecuado de la plantación requiere una serie de cuidados culturales que, serán más intensos, si se le da un carácter más productivo a la forestación. A diferencia de otras muchas especies de monteverde no resulta necesaria la poda de guiado. La poda de formación se dará en jardinería, pinzando a menos de 2 m de altura, mientras que la poda para la producción de fruto se basará en reducción de copa en altura, aclarado interior y eliminación de ramas secas. Las podas pueden realizarse en invierno, una vez terminado el periodo de recolección.

Tabla 4. Valores de atributos morfológicos y reproductivos (media \pm desviación típica, en su caso) de plantas de *Arbutus canariensis* tras 4 años en campo en dos escenarios de plantación (zona de plantación: medianías del norte de Gran Canaria a 650 m de altitud; tamaño muestral: 50 individuos).

	Altura (m)	Crecimiento medio anual (cm)	Árboles fructificados (%)
Detrás de franja arbolada al N-NE, con riego	2,52 \pm 0,36	63	14
Bajo copa, sin riego	1,84 \pm 0,33	46	14

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. 81-84.
- ALMEIDA R.S., 1994. Apuntes sobre germinación y producción de diferentes especies de laurisilva. Inédito.
- 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., BARQUÍN E., 1982. Árboles y arbustos de la laurisilva gomera: Parque Nacional Garajonay, Santa Cruz de Tenerife.

- BAÑARES A., 1992. Contribución al conocimiento de la propagación vegetativa y sexual de las especies vegetales de la laurisilva canaria I. Bot. Macaronesica 19-20, 53-64.
- DELGADO J.C., 1986. Propagación de árboles canarios. Excmo. Cabildo Insular de Gran Canaria, Las Palmas de Gran Canaria.
- DOMÍNGUEZ S., 2005. El Madroño del Barranco Ruiz. En: Árboles, Leyendas Vivas (Domínguez S., Martínez E., eds.). SDL Ediciones. Madrid. pp. 120-121 y 269.
- 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.
- GUZMÁN J., CABRERA F., MELIÁN A., 2007. Árboles de Canarias: Guía de campo. Alejandro Melián Educación Ambiental, Las Palmas de Gran Canaria.
- 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.
- 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.
- MAYA P., 1989. Notas sobre la germinación de *Arbutus canariensis* Veill. Bot. Macaronésica 17, 27-36.
- MAYA P., MONZÓN A., PONCE M., 1988. Datos sobre la germinación de especies endémicas canarias. Bot. Macaronesica 16, 67-80.
- MOLINA J.J., 1994. Estudio corológico ecológico de los principales madroñales canarios. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid. Inédito.
- NARANJO J., 2004. La laurisilva en Canarias y en Madeira. Forestalia 9, El coleccionable 1-8.
- SALAS M., 2009. 150 aniversario de El Origen de las Especies. La evolución y las especies invasoras. [online]. Disponible en <http://invasionesbiologicas.blogspot.com/2009> [22 Feb, 2010].
- SALAS M., ACEBES J.R., DEL ARCO M., 1993. *Arbutus xandrosterilis*, a new interspecific hybrid between *A. canariensis* and *A. unedo* from the Canary Islands. Taxon 42, 789-792.
- SÁNCHEZ A. (coord.), 1999. Nuestros Árboles: El Madroño. La Madroña. Edición especial para el Ministerio de Medio Ambiente. Organismo Autónomo Parques Nacionales, Madrid.
- VELÁZQUEZ C., NARANJO J., GONZÁLEZ J.M., CASTRO S., 1987. La laurisilva y su selvicultura: Estudio sobre conservación forestal. Instituto para la Conservación de la Naturaleza, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid.

Arbutus unedo L.

Madroño, madroñera, borto (Burgos, Logroño), madrollos (Navarra), alborocera, albornio, borrachín (Aragón); *cat.*: arbós, arbosser

Rafael M^a NAVARRO CERRILLO, Laura PLAZA ARREGUI, Antonio SÁNCHEZ LANCHA, Manuel ARROYO SAUCES, Francisco MARCHAL GALLARDO, Miguel Ángel LARA GÓMEZ

1. Descripción

1.1. Morfología

El madroño es una especie del género *Arbutus*, familia *Ericaceae*, subfamilia *Arbutoideae*. Arbusto o pequeño árbol de 4-5 m de altura, aunque puede superar los 7 m, con ramas abundantes, amplias y grisáceas. Muchas veces está ramificado desde la base, formando matas muy densas. Tronco con la corteza pardo-rojiza o pardo-grisácea, escamosa. Ramillas jóvenes pelosas, de color rojizo. Raíces potentes, capaces de colonizar terrenos pedregosos y suelos de escasa profundidad. Es una especie perenne, inerme y de madera muy olorosa (Villar, 1996; Ruiz de la Torre, 2006).

Hojas simples, en disposición alterna, coriáceas, persistentes, lanceoladas, lauroides, finamente dentadas, lampiñas y de color verde brillante oscuro, lustrosas por el haz, mates por el envés. Las hojas son de 8 (10,5) x 3 (4) cm y con peciolo corto, de 7-8 (15) mm (Villar, 1996). La fenología de la hoja y su composición química han sido descritos para poblaciones mediterráneas (Bellot y Escarre, 1991; Gratani y Ghia, 2002 a; Mekhfi *et al.*, 2006).

El madroño es una especie bien adaptada a condiciones de sequía y capaz de sobrevivir a largos periodos sin lluvia, además de tolerar altas radiaciones (Gratani y Ghia, 2002 a y b). Desde el punto de vista anatómico, las hojas presentan adaptaciones a la xericidad por su carácter laureoide y por estar cubiertas por una cutícula gruesa (Gratani y Bombelli, 2001; Gratani y Ghia, 2002 a y b). Desde el punto de vista fisiológico, el madroño tiene un buen ajuste estomático (Tenhunen *et al.*, 1982; Harley *et al.*, 1986; Castell *et al.*, 1994; Ogaya *et al.*, 2003) aunque produce procesos de estrés oxidativo en la hoja (Demmig-Admas *et al.*, 1989; Munné y Peñuelas, 2004) como respuesta a la reducción de la disponibilidad de agua.

1.2. Biología reproductiva

Flores en panículas terminales, colgantes, multifloras, con raquis rojizo. Los pétalos están soldados formando una sola pieza, corola urceolada, de 7-8 (11) mm, de color blanco, tornándose amarillentos en la desecación, con 5 dientes revolutos, finamente ciliados. Las anteras se parten en dos cuando están maduras, el ovario es desigual y presenta cinco cámaras (Hickman, 1993; Villar, 1996; Ruiz de la Torre, 2006).

Florece en otoño, entre octubre y noviembre. Presenta flores hermafroditas. La polinización es entomófila y recibe abundantes visitas de polinizadores (*Hymenoptera: Apidae; Diptera: Calliphoridae, Syrphidae*), lo que origina unos altos porcentajes de fructificación.

Los frutos alcanzan la madurez un año después de la floración, de noviembre a febrero (Arianoutsou y Diamantopoulos, 1985; Arroyo, 1988 y 1990; Chiarucci *et al.*, 1993; Aronne y Wilcock, 1997), de forma escalonada, muy influenciada por el tamaño de la planta, el genotipo y las condiciones climáticas (Chiarucci *et al.*, 1993). El fruto es una baya globosa de color rojo o anaranjado en la madurez, de 7-10 (20) mm, verrugosa, tuberculada (Fig. 1). Existe una gran variación en el número de semillas por fruto, encontrándose entre 5 y 60 semillas. La producción de frutos de madroño presenta una gran fluctuación interanual, condicionada por la variación estacional y los procesos de sequía (Arianoutsou y Diamantopoulos, 1985; Chiarucci *et al.*, 1993).

Las semillas son pequeñas, de 2-3 mm, alargadas, angulosas, con cubierta seminal agrietada de color pardo (Fig. 2). El eje hipocótilo-radícula presenta una posición central en la semilla, con la radícula orientada hacia la parte más gruesa (McDonald, 2008). La dispersión de las semillas es zoócora, principalmente por frugívoros (*Vulpes vulpes, Meles meles* y *Martes foina*) y en menor medida por aves (*Turdus merula, Turdus viscivorus, Sylvia atricapilla* y *Phoenichurus ochruros*) (Herrera, 1989 a y b; Herrera *et al.*, 1994). Por otro lado, la mayor parte de las semillas de esta especie son dispersadas a microhábitats con cobertura de otras especies leñosas, como arbustos (acebuche, lentisco o cornicabra) o bajo pinos (pino piñonero y marítimo, principalmente).



Figura 1. Frutos maduros e inmaduros de *Arbutus unedo* (Foto: C. Cardo).

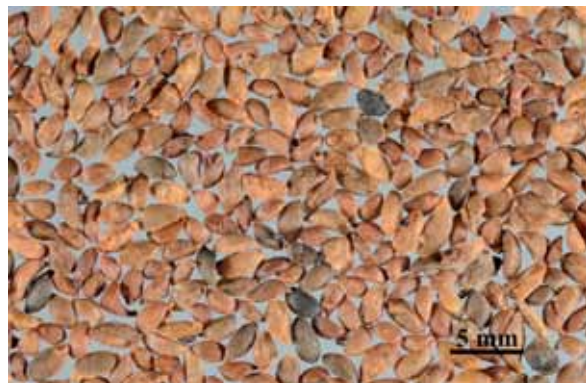


Figura 2. Semillas de *Arbutus unedo*.

Narbona *et al.* (2003) han estudiado algunos factores ecológicos que pueden afectar a la germinación de las semillas, realizando los siguientes tratamientos 1) estratificación a 4 °C; 2) choque térmico simulando el efecto del fuego; 3) escarificación en ácido sulfúrico simulando el paso por el tracto digestivo de los dispersantes y 4) efecto de la pulpa del fruto. El tratamiento con ácido sulfúrico no afectó ni a la capacidad ni a la velocidad de germinación de las semillas. Los restantes tratamientos afectaron negativamente a la germinación, siendo este efecto especialmente drástico en el tratamiento con pulpa de fruto donde no germinó ninguna semilla. Los resultados sugieren que la pulpa del

fruto inhibe la germinación, que las semillas pueden ser efectivamente dispersadas por endozoocoria y que no resisten el paso de un incendio.

1.3 Distribución y ecología

Distribución general en todos los países de la cuenca del Mediterráneo y aparece también en Irlanda. En la Península Ibérica aparece en prácticamente todas las provincias, siendo particularmente abundante en la Sierra de Aracena, Sierra Morena, en las zonas montañosas de Cádiz y en el macizo Cazorlano-Segureño (Fig. 3).

El madroño aparece en un amplio abanico de ambientes en los que puede vegetar, tanto atlánticos como mediterráneos, aunque prefiere los enclaves húmedos o subhúmedos, con 600 mm anuales de precipitación mínima, en aquellos pisos basales o montanos libres de heladas tempranas y de contrastes térmicos extremos, sobre suelos preferentemente ácidos. Es una especie de temperamento robusto, se adapta bien a condiciones de plena insolación, incluso en climas de montaña mediterránea, aunque prefiere situaciones frescas y umbrosas. Se reproduce fácilmente por semilla y brota de forma vigorosa de cepa y raíz, soportando bien el recorte. Resiste sequías bastante acusadas y estíos largos y duros, siempre que el clima sea suave, en altitudes entre 0-800-(1.200) m (Ruiz de la Torre, 2006). Es una especie que mejora las condiciones del suelo, por su frondosidad y calidad del desfronde, lo que hace que su presencia sea un indicador de suelos que no han perdido la fertilidad (Ruiz de la Torre, 2006). Los rangos óptimos para la especie son: temperatura media anual entre 12,9 y 17,3 °C; temperatura media de las mínimas del mes más frío entre 0,2-5,5 °C; temperatura media de las máximas del mes más cálido entre 30 y 36,9 °C; precipitación anual media entre 540 y 1.130 mm; precipitación estival media entre 15 y 90 mm (Anexo I). Es una especie de crecimiento relativamente lento y longeva, existiendo ejemplares de considerable diámetro.

Normalmente se corresponden con las etapas de sucesión de encinares, alcornoques, quejigales, etc., ocupando suelos fértiles y profundos, tanto silíceos (madroñales mesofíticos) como calizos (madroñales mesótrofos) (Blanco *et al.*, 1997; Torres *et al.*, 2002). Las agrupaciones más frecuentes incluyen durillo (*Viburnum tinus*), mirto (*Myrtus communis*), coscoja (*Quercus coccifera*), brezo (*Erica arborea*, *E. scoparia*), majuelo (*Crataegus monogyna* subsp. *brevispina*), labiérnago (*Phillyrea angustifolia*), rascavieja (*Adenocarpus telonensis*), cornicabra (*Pistacia terebinthus*), lentisco (*Pistacia lentiscus*) y aladierno (*Rhamnus alaternus*), constituyendo la típica mancha densa (maquia). En zonas algo alteradas o biotopos abruptos con orientación meridional, este tipo de madroñal se ve sustituido por matorral de menor talla donde el madroño interviene en menor grado en la composición del estrato principal siendo, sin embargo, abundantes el labiérnago, el brezo y, en menor proporción, la jara pringosa (*Cistus ladanifer*), el cantueso (*Lavandula stoechas* subsp. *luisieri*), el majuelo (*Crataegus monogyna* subsp. *brevispina*) y la rosa albardera (*Paeonia broteri*). En barrancos más o menos profundos de la costa mediterránea, se puede ver al madroño junto al laurel (*Laurus nobilis*), generalmente en situación ripícola, con presencia de hiedra (*Hedera helix*) y durillo (*Viburnum tinus*). En ocasiones el madroño domina totalmente la agrupación, constituyendo una formación subarbustiva alta (de 2 m o más), densa, con un grado de cobertura superior al 80%, casi impenetrable, y con algún quejigo o alcornoque arbóreo salpicado.

La interacción del madroño con otros organismos del componente biológico del suelo ha sido estudiada por varios autores, en particular su relación con micorrizas y hongos del suelo (Giovannetti *et al.*, 1990). Los frutos de la especie son muy consumidos por la fauna silvestre.

Se han mencionado formas híbridas con *Arbutus andrachne* (*A. x andrachnoides* Lint.) y con *A. canariensis* (*A x androsterilis* Salas, Acebes & Arco) (Salas *et al.*, 1993; Prada y Arizpe, 2008). Existen numerosas variedades obtenidas de poblaciones naturales (Mulas *et al.*, 1998; Mulas y Deidda, 1998) y que se utilizan con frecuencia en jardinería en zonas mediterráneas y atlánticas como, por ejemplo, la variedad “Rubra”, de porte compacto, abundante floración y color rosa, o la variedad “Compacta”, una variedad enana, de crecimiento lento que no supera un metro de altura.

2. Materiales forestales de reproducción

2.1. Marco normativo. Identificación de los materiales de reproducción

Es una de las especies que España incorpora de forma voluntaria al sistema de certificación de la UE (Directiva 1999/107/CE). No existen trabajos sobre la identidad del material forestal de reproducción del madroño. A nivel nacional en el trabajo de Alía *et al.* (2009) se hace referencia a 47 Regiones de procedencia para la especie (Fig. 3; Tabla 1). En el ámbito geográfico de Andalucía, Rosúa *et al.* (2001) proponen cinco procedencias para la especie: Sierra Morena, Sierras de Algeciras-Serranía de Ronda, Litoral Onubense-Bajo Guadalquivir, Sierras de Cazorla-Segura y el área restringida Sierra de Lújar.

En la actualidad hay declaradas 136 fuentes semilleras, correspondientes a 23 de las 47 regiones establecidas, destacando la ausencia de materiales de base en la Cornisa Cantábrica, en la Cordillera Costero-Catalana y zonas limítrofes del Sistema Ibérico. Resulta conveniente la ampliación del Catálogo a fin de posibilitar una mejor adecuación del material de reproducción susceptible de ser comercializado y utilizado.

Las formaciones de madroño no están catalogadas con ninguna figura de protección, aunque cuando entran a formar parte de otras agrupaciones, como los bosques esclerófilos, quejigares y dehesas, pueden quedar incluidas en hábitats protegidos (L. 8/2003 de Flora y la Fauna Silvestres, Red Natura 2000).

Respecto a la especie propiamente dicha, en las Comunidades Autónomas de Castilla-La Mancha (provincias de Cuenca y Guadalajara), Madrid y Murcia, el madroño está considerado como especie “De interés especial”.

Se han propuesto criterios de selección de materiales procedentes de poblaciones naturales (Mulas y Deidda, 1998; Mulas *et al.*, 1998; Celikel *et al.*, 2008). Los estudios moleculares para la especie son escasos, aunque se han propuesto técnicas de extracción de ARN (Zamboni *et al.*, 2008). El género *Arbutus* no está incluido en la actual normativa sobre pasaporte fitosanitario.

Tabla 1. Descripción de las áreas con presencia de *Arbutus unedo* 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	1,8	263	791	16	1314	110	1,6	13,5	27,5	3,1	12,7	0	RK(54) CMu(44)
2	2,3	499	1043	117	1011	102	1,9	12,7	28,3	1,5	14,9	0,1	RK(65) CMu(35)
3	3	285	951	11	1354	192	0	12,6	23,1	3,8	10,8	0	RK(35) CMu(32) CMc(22)
4	1,7	609	1351	114	1203	143	0,7	11,7	25,7	0,9	13,7	0,3	RK(49) CMu(33) CMc(10)
5	0,2	763	1070	430	919	95	2	11,2	27,5	-0,2	15,7	1,4	CMu(50) RK(36)
6	1,3	288	677	11	1379	208	0	12,8	24,3	3,6	11,7	0	CMc(47) CMu(36) LVx(17)
7	3,1	648	1046	213	872	135	0,9	11,3	26,2	0,9	14,7	0,2	CMc(79) CMu(17)
8	0	825	825	825	1010	230	0	11,5	28,2	-1,9	17,9	3	CMc(100)
9	8	530	1064	117	908	206	0,1	12,8	27,9	0	16,2	0,7	CMc(58) CMu(32)
10	16,3	260	924	2	797	155	0,9	14,5	28,7	2,2	15,8	0	CMd(26) CMc(22) CMu(22) FLe(18)
11	7,7	527	1526	162	616	126	1,5	13,3	29,7	0,4	18,1	0,7	CMc(89)
12	2,6	329	627	77	413	68	3,4	14,8	31,7	1,5	19	0	CMc(78) FLe(14)
13	0,4	483	673	339	465	80	3	14,7	30,8	2,1	18,1	0	CMc(65) XEc(35)
14	0,5	725	994	441	694	123	1,7	11,9	28,2	0,6	16,7	0,1	CMc(92)
15	0	1604	1776	1510	1082	170	0	7,1	22,5	-2,5	14,5	4,8	CMu(67) CMc(33)

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			
17	0,1	713	1164	328	661	70	2,9	12,2	29,7	0,3	15,6	0,9	CMd(70) CMtu(20) CMe(10)
18	5,2	663	1187	348	1072	75	2,5	13,7	31,7	1,1	17,5	0,1	LPd(74) CMtu(21)
19	0,8	549	1405	300	1109	63	2,9	14,7	33,7	1,6	18,7	0,2	CMd(53) CMtu(41)
20	0,1	1070	1594	650	737	79	2,6	11,4	29,3	-1,2	18,1	2,2	CMtu(57) CMd(43)
21	0,1	939	1121	698	562	83	2,8	12,1	32,2	-1,5	19,3	2,8	CMc(83) CMe(17)
22	0,1	1026	1182	937	780	104	2	11,1	31,5	-2,6	18,8	4,1	CMc(100)
23	1,1	511	1072	155	572	88	2,5	14,4	29,9	2,1	17,5	0	CMc(98)
24	2,7	323	794	17	594	90	2,4	15,1	29,2	3,5	16	0	CMc(85)
25	2	616	1097	51	534	70	3,1	14,6	30,5	2,7	16,3	0	CMc(96)
26	0,3	955	1317	737	582	91	2,5	12,4	31,7	-0,8	18,7	1,8	CMc(100)
28	0,1	386	594	278	868	52	3,3	15,9	35	2,4	19,2	0	CMd(43) PLc(29) LVx(14) LVv(14)
29	9,7	684	1234	219	719	55	3,4	14,7	33,7	1,6	19,4	0,1	CMe(62) LPd(14) LVx(11)
30	1,9	431	680	161	630	40	3,8	16	34,5	3,2	18,4	0	CMe(66) LPd(17)
31	0,8	506	792	282	577	41	4	15,9	34,2	3,1	18,3	0	CMe(64) PLd(29)
32	6,2	770	1166	439	651	52	3,5	14,5	34	1	19,5	0	CMe(77) LVx(17)
33	0,6	728	1164	441	480	67	3,4	14	33	0,7	19	0,2	CMc(72) CMe(19)
34	0,2	856	1027	744	492	54	3,6	14	33,8	0	20,2	0,5	CMe(87) CMc(13)
35	0,7	887	1428	538	892	59	3,1	14	32,7	0,9	19	0,1	CMc(94)
36	0,3	754	1249	470	419	55	3,8	14,7	31,3	2,1	17,3	0	CMc(82) XEc(18)
37	0,1	332	605	4	411	38	4,9	16,3	30,6	4,9	15,5	0	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	MaxMC	MinMF			
38	0	837	837	837	652	24	4	14	28,5	2,4	16,2	0	CMc(100)
39	0	1501	1860	1185	729	38	3,4	11,9	29,8	0,2	16,8	0,1	CMc(100)
40	0,2	846	1385	488	587	35	4,2	14,7	32,3	2,3	17,5	0	CMc(75) LVk(17)
41	3,1	651	1094	261	671	42	3,8	15,3	35	1,8	19	0	CMe(65) CMd(27)
42	0,8	580	1098	142	1122	35	3,5	15,7	30,6	5,1	15,4	0	CMu(45) CMe(44)
43	3,4	323	1002	9	1000	31	3,8	16,8	31,6	6,3	14,7	0	CMu(57) CMe(17) VRx(11)
44	0,9	273	629	87	733	32	4	17	35	4,2	17	0	CMe(83) CMd(17)
45	5,5	400	859	69	787	38	3,8	16,6	34,5	4	17	0	CMe(80) CMd(16)
46	1,5	602	987	210	787	44	3,6	15,6	33,9	2,9	17,6	0	CMe(61) LVk(13) CMd(12)
47	0,1	98	236	30	479	43	3,9	16,9	28,6	6,3	-	0	CMc(100)
49	1,5	284	769	9	618	58	3	15,2	27,1	5,4	-	0	CMc(100)
50	1	89	211	8	616	48	3,5	16,3	27,8	7	-	0	CMc(100)

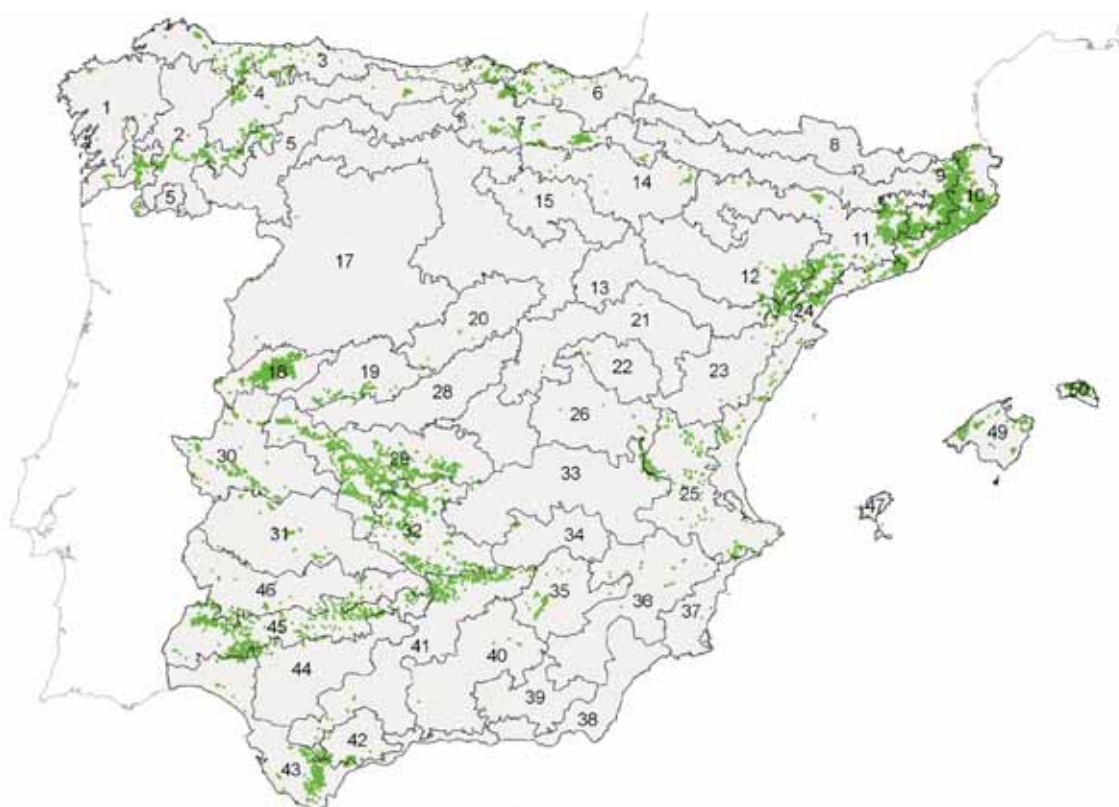


Figura 3. Distribución de *Arbutus unedo* y Regiones de Procedencia de sus materiales de reproducción (Alía *et al.*, 2009).

3.2. Técnicas de manejo y propagación

3.2.1. Semillas

La colecta de los frutos se realiza entre las últimas semanas de septiembre y la primera quincena de octubre, en función del estado de maduración, que puede variar mucho, incluso dentro del mismo árbol. El momento más adecuado es cuando el fruto adquiere un color rojo intenso y conserva una cierta consistencia. En ese instante el desarrollo del embrión está lo suficientemente avanzado como para asegurarnos su posterior germinación. Se consigue así, por un lado, limitar los efectos inhibitorios de la germinación que posee la pulpa madura sobre la semilla y por otro, minimizar la depredación de frutos por parte de aves frugívoras, que en fases posteriores suele ser un factor muy a tener en cuenta (Herrera, 1988). Se recomienda recolectar las semillas de un gran número de individuos, de distintas poblaciones, para obtener la mayor diversidad genética del lote de semillas. El procedimiento de cosecha es desde el suelo, cortando directamente los ramillos con tijera, evitando la fermentación durante el transporte, que debe ser rápido y sin solear o calentar los envases.

Una vez recolectados los frutos, hay que extraer la semilla de forma inmediata, ya que la pulpa tiende a fermentar y degradarse, lo que puede condicionar la viabilidad de la simiente. La extracción de la semilla es complicada, tanto por la eliminación de la pulpa,

como por el pequeño tamaño de la semilla y se realiza mediante despulpado, lavado, secado, cribado, aventado o densimetría. Con los métodos de limpieza empleados la pureza del lote suele ser media (40-80%), pues resulta bastante complicado separar los numerosos gránulos de pulpa subsistentes que acompañan a la semilla (Tabla 2).

Las semillas presentan un comportamiento ortodoxo y son tolerantes a la desecación. Una vez limpias, las semillas se almacenan a 4-5 °C en seco, contenido de humedad del 4-8%, en envases herméticos hasta el momento de la siembra.

Las semillas de madroño presentan letargo fisiológico que inhibe la germinación, si bien germinan, aunque lentamente, sin necesidad de tratamiento previo alguno. Se consiguen germinaciones mejores y más rápidas sí, previamente, se estratifica la semilla en arena húmeda a 2-4 °C durante 60 días. Tilki (2004) propone la estratificación de semillas entre 9 y 12 semanas o un tratamiento con 300 mg l⁻¹ de ácido giberélico (AG₃), para favorecer la rotura de la dormición. En contra a lo anterior, se ha ensayado la estratificación fría durante tres meses, obteniendo una germinación del 50%, siempre menor a la obtenida en ensayos sin tratamiento que se encuentra alrededor del 60%. Por su parte, la luz no parece tener ningún efecto en el proceso de germinación (Tilki, 2004). Otros autores, por el contrario, consideran que las semillas de *A. unedo* no tienen letargo, siendo fácil la germinación de la semilla sin tratamientos pregerminativos (García-Fayos, 2001; Pavios *et al.*, 2006). Se recomienda que las semillas sin tratar se pongan a ablandar en agua templada durante 5-6 días antes de su siembra (Catalán, 1991; Mesléard y Lepart, 1991; Herranz *et al.*, 2001).

Tabla 2. Datos característicos de lotes de semillas de *Arbutus unedo*.

Rendimiento semilla/fruto (% en peso)	Pureza (%)	Facultad germinativa (%)	Nº semillas kg ⁻¹	Referencia
1-2	35-45		(374.000-570.000)	Catalán (1991)
			415.282-582.411	García-Fayos (2001)
2-3	30-48	48-96	158.400-368.640	Navarro-Cerrillo y Gálvez (2001 a)
		60-90	330.000-700.000	Piotto y Di Noi (2001)
		50		Mamán <i>et al.</i> (2003)
0,2-1,5		36-65-89	365.408-444.676-717.073	Louro y Pinto (2011)
0,3-1,4	55-97	77-98	297.200-567.700	Banc de Llavors Forestals (Anexo II)
0,6-1,9	35-75	45-70	350.000-650.000	CNRGF <i>El Serranillo</i> (Anexo III)
1-2	38-79		310.000-610.000	Vivero Central JCyL (Anexo IV)

Las normas ISTA no hacen referencia a esta especie en sus pautas relativas a los métodos de evaluación de la germinación. Dada la dificultad y el coste de obtener una muestra de semilla pura y ante el riesgo de una distribución sesgada de semillas vanas entre réplicas,

resulta oportuno, siguiendo el criterio establecido por la ISTA para otras especies con igual problemática, el que los análisis de germinación se realicen sobre repeticiones iguales en peso, expresando el resultado como el número de semillas viables por kilogramo. Cada una de tales réplicas de semilla impura debe contener aproximadamente unas 100 semillas, lo que podría equivaler a 0,5 g.

Germinación epigea. Plántula de 4-5 cm con dos cotiledones largos y oblongos, con dos hojas primordiales parecidas a las juveniles, lanceoladas y los bordes aserrados de color verde brillante (Navarro-Cerrillo y Gálvez, 2001).

3.2.2. Vegetativa

El conocimiento actual sobre la propagación vegetativa del madroño es muy abundante, al ser una especie que se cultiva muy frecuentemente con fines ornamentales y terapéuticos (Pabuccuoglu *et al.*, 2003; Ozcan y Haciseferogullari, 2007). El madroño se puede propagar vegetativamente tanto mediante estaquillas, como en cultivo *in vitro*. El material vegetal adecuado son estaquillas leñosas, obtenidas durante el invierno, de plantas madre jóvenes, previamente sometidas a repetidas podas para estimular la brotación vigorosa (Pignatti y Crobeddu, 2005; Cervelli, 2005; Prada y Arizpe, 2008). Los porcentajes de enraizamiento medio son inferiores al 50% (Crobeddu y Pignatti, 2005; Pignatti y Crobeddu, 2005; Prada y Arizpe, 2008). Se han utilizado, también, estaquillas semileñosas recolectadas entre agosto y septiembre.

Las estaquillas leñosas, preferentemente apicales, deben tener entre 0,5 y 1 cm de diámetro y 10-15 cm de longitud. Una vez preparadas, se colocan sobre un sustrato suelto, preferiblemente una mezcla de turba:perlita (2:1 volumen), en mesas de enraizado con calefacción basal (18-23 °C). Se han ensayado diferentes tratamientos con hormonas (sal potásica de ácido indolbutírico-KIBA a concentraciones de 8.000 mg l⁻¹ o ácido indolbutírico a concentraciones de 1.500-2.000 mg l⁻¹), que parecen mejorar el enraizamiento (Metaxas *et al.*, 2004).

Las técnicas de micropropagación se han desarrollado mucho en los últimos años, tanto en aplicaciones en investigación, conservación de material vegetal seleccionado y producción de metabolitos con aplicaciones clínicas (Ozcan y Haciseferogullar, 2007). Se han obtenido buenos resultados en la propagación *in vitro* (Mereti *et al.*, 2002), siendo el material más recomendable ápices de ramillos procedentes de brotes epicórmicos, en medio de cultivo de benciladenina, sacarosa y Murashige y Skoog (Morini y Fiachi, 2000; Rodrigues *et al.*, 2001; Mereti *et al.*, 2002 y 2003; Giordani *et al.*, 2005; Gomes y Canhoto, 2009; Gomes *et al.*, 2009 y 2010). Mereti *et al.* (2002 y 2003) hacen una descripción muy detallada de las técnicas de cultivo *in vitro* para la especie.

3. Producción de plantas

La producción de plantas de madroño se hace mediante siembra, aunque, como se ha visto, cabe recurrir a la propagación vegetativa. Dado la desigual germinación de la semilla y su pequeño tamaño, se suele realizar la pregerminación en siembras de otoño (octubre-noviembre) o a principios de primavera, una vez aplicado si procede el tratamiento

pregerminativo, en bandejas semilleros con un sustrato de turba:perlita (1:1 volumen), situadas en semitúnel o invernadero. Dichas bandejas se mantendrán en unas condiciones suaves de temperatura, a plena luz y evitando temperaturas elevadas o radiación directa. Posteriormente, dichas plantitas serán trasplantadas a su lugar de cultivo. Dado que son frecuentes los fallos en tal operación de repicado, se hace preciso un repaso periódico para reponerlos de inmediato y conseguir cultivos completos y homogéneos.

El madroño se cultiva principalmente en contenedor, siendo poco frecuente el cultivo de planta a raíz desnuda. La planta tipo para trabajos de restauración forestal se cultiva en envases forestales de 200-300 cm³, a una savia, obteniéndose un tamaño final de 15-20 cm de altura, con un sistema radical bien conformado (Fig. 4), aunque también pueden utilizarse para planta destinada a restauración de infraestructuras y paisajismo. Al ser una especie que puede utilizarse en trabajos especiales de restauración, en particular plantaciones de ribera o de enriquecimiento, también puede recomendarse la producción de planta de mayor tamaño en envases de gran volumen tipo maceta, 3.500 cm³, o a raíz desnuda, para planta de tipo 1-1.



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

En la producción de esta especie se deben realizar tratamientos preventivos periódicos con fungicidas de amplio espectro, en particular para controlar los daños por *damping-off*, tanto antes como después de la germinación. No es una especie exigente en cuanto a sustratos, por lo que se cultiva normalmente con formulaciones convencionales a partir de componentes orgánicos, como turba rubia, turba de humus o preferiblemente fibra de coco (más del 75% en volumen), y algún componente inorgánico tipo perlita, vermiculita o arena de río (menos del 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 la planta, realizando enmiendas si es preciso.

Como ocurre con otras muchas especies, no se dispone de formulaciones y dosis de fertilizantes propios 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. En la mayor parte de los viveros que producen madroño, se tiende a la incorporación de un fertilizante de liberación lenta como agregado en la formulación del sustrato, siendo muy frecuente el uso de un fertilizante tipo 10-11-18 (8-9 meses) en dosis de 2 g l^{-1} de sustrato (cultivo en alveolo 2.500 cm^3 , biomasa seca total $11,58 \text{ g}$, N: $6,8 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$) (Navarro García *et al.*, 2011). En general, con estas dosis de fertilización no se han observado problemas de crecimiento ni deficiencias nutricionales en cultivos a una savia. En el caso de prolongar el cultivo debería mantenerse un cierto control para asegurar los requerimientos nutricionales durante todo el periodo. Una alternativa a este tipo de fertilizantes, 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 m^3 de dolomita, 5% Mg), y fertilización de mantenimiento de acuerdo con la duración del cultivo y con la planta tipo. Domínguez *et al.* (2001 b) han realizado el cultivo con turba fertilizada y dos fertilizaciones de mantenimiento, aportando a lo largo del cultivo $55,3 \text{ mg}$ de nitrógeno, $26,2 \text{ mg}$ de fósforo y $59,3 \text{ mg}$ de potasio (cultivo en ForestPot 300, altura final de $16,9 \text{ cm}$; diámetro $2,98 \text{ mm}$; biomasa seca total $4,28 \text{ g}$, N: $\sim 6 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$).

Existen trabajos en donde se han definido valores orientativos para los atributos morfológicos, fisiológicos y de respuesta de brinzales de madroño de una savia (Domínguez *et al.*, 2001 b) (Tabla 3). En general, se considera que es una especie de crecimiento lento en vivero, por lo que debe procurarse favorecer al máximo su crecimiento para obtener plantas compactas de alto valor comercial. Las plantas con una altura inferior a 15 cm deberían rechazarse para su uso en repoblación forestal. La distribución de la biomasa entre la parte aérea y la raíz no es muy equilibrada, con valores de relaciones parte aérea-parte radical superiores a 2 (Domínguez *et al.*, 2001 a y b).

Se ha propuesto el uso de retardantes del crecimiento, Paclobutrazol, para mejorar la respuesta de la planta a condiciones de estrés (Navarro García *et al.*, 2007 y 2009) y como inhibidor del desarrollo vegetal. Además, existen referencias de que actúa como un agente protector frente al estrés abiótico.

Existen algunos trabajos relacionados con la micorrización de la especie, tanto en el medio natural (Giovannetti *et al.*, 1989), como en vivero (Navarro García *et al.*, 2009 y 2011). La planta micorrizada presentó una mejor respuesta en un ensayo de sequía, tanto en condiciones controladas como en condiciones de campo, utilizando inóculo de *Pisolithus tinctorius* (10^7 esporas planta⁻¹ de suspensión miceliar) (Navarro García *et al.*, 2011). Es difícil, no obstante, incorporar de forma operativa la inoculación en vivero, aunque se pueden utilizar técnicas sencillas (Pulido, 1994; John, 1996).

Se ha observado la presencia de manchas foliares en planta de vivero y en plantas en campo. Recientemente se ha identificado el agente causal de esos daños, asociados a un hongo (*Septoria unedonis* Rob. *et* Desm. var. *vellanensis* Briosi *et* Cavara) (Pennisi y Agosteo, 1995; Muñoz, 1999; Romero y Trapero, 2003). Los daños, al menos en Andalucía, son importantes.

Tabla 3. Valores de atributos morfológicos y fisiológicos para brinzales de *Arbutus unedo* de una savia.

Atributo	Valores medios de referencia Domínguez <i>et al.</i> (2001)	Valores recomendados	Valores mínimos recomendados
Atributos morfológicos			
Altura (cm)	16,9	15-25	15
Diámetro del cuello de la raíz (mm)	2,98	3-5	2,5
Peso seco aéreo - PA (g)	3,07	3-6	3
Peso seco radical - PR (g)	1,21	1,5-2,5	1
Peso seco total (g)	4,28	4,5-8,5	4
PA/PR	2,54	2-2-5	2
Esbeltez (cm mm ⁻¹)	5,63	3-5	3
Atributos fisiológicos			
N foliar (mg g ⁻¹)	6,1	6-8	6
P foliar (mg g ⁻¹)	0,8	0,7-0,9	0,7
K foliar (mg g ⁻¹)	4	3,5-4,5	3
Ca foliar (mg g ⁻¹)	7,1	7-9	7
Mg foliar (mg g ⁻¹)	1,9	1,5-2,5	1,5

4. Uso en repoblaciones y restauraciones

Al igual que con otras especies de matorral mediterráneo, el madroño se ha utilizado poco en trabajos de repoblación forestal, aunque es una especie frecuente en jardinería. El establecimiento suele estar asociado a programas de restauración (Ruiz de la Torre *et al.*, 1990; Navarro-Cerrillo, 2003; Prada y Arizpe, 2008), existiendo algunos ejemplos de su uso en programas de recuperación de especies singulares, en particular en Espacios Naturales Protegidos, como por ejemplo el Parque Natural del Entorno de Doñana.

En los últimos años ha habido un creciente interés por el uso de nuevas especies en trabajos de restauración. Las especies ensayadas han sido principalmente aquéllas propias de arbustados y matorrales seriales y subseriales, con una mayor capacidad de cubrir el terreno, con sistema radical bien desarrollado, mejoradoras del suelo y con facilidad de regeneración y propagación natural.

En el caso del madroño, el establecimiento suele estar asociado a programas de restauración ecológica. Las zonas de umbría y con suelos profundos, gracias a su mayor disponibilidad de agua, suelen ser las que mejor reaccionan al tratamiento de revegetación con esta especie (Fig. 5). En estas zonas, 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. Las plantaciones de madroño pueden mezclarse, formando pequeños rodales, con especies arbóreas, como el pino marítimo (*Pinus pinaster*) y pino piñonero (*P. pinea*), alcornoque (*Quercus suber*) y, en menor medida, encina (*Q. ilex*). Las

actuaciones de restauración tendrán lugar, preferentemente, en suelos de buena calidad, evitando los suelos inmaduros en ladera. En el caso del madroño se considera que puede ser una especie 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 pinaster*, *P. pinea*, *Viburnum tinus*, *Myrtus communis* o *Pistacia terebinthus* y como refugio y alimento de fauna. En conjunto, los madroñales contribuyen al aumento de nichos ecológicos, contribuyendo a una mayor diversidad de flora y fauna como, por ejemplo, las dehesas de madroño del Parque Nacional de Cabañeros.
- Restauración de áreas afectadas por incendios, por su carácter de rebrotadora facultativa. Contribuye a formar mosaicos más productivos y estables como las manchas mediterráneas.
- Diversificación de vegetación en masas forestales con baja madurez, favoreciendo los procesos de restauración de vegetación y la densificación de cubiertas, como en repoblaciones de *Pinus pinaster* y *P. pinea*. Lo anterior es particularmente importante en las repoblaciones en zonas de media montaña mediterránea, donde contribuye a formar mosaicos de vegetación que tienen una función crucial en la recuperación de su flora y fauna (Barrientos, 2010).

El temperamento de la especie y su rusticidad la hacen también apta para trabajos de jardinería, como plantaciones o setos. Es frecuente verla en jardines de la zona atlántica, y mediterránea húmeda. Los frutos y las hojas de madroño tienen numerosas aplicaciones en farmacopea, por sus propiedades astringentes, hemostáticas y contra la hemorragia (Gratani y Ghia, 2002; Pabuçcuoglu *et al.*, 2003; Mekhfi *et al.*, 2006; Carcache-Blanco *et al.*, 2006).

5. Planificación de la repoblación

El método de establecimiento del madroño en trabajos de restauración, tanto en medios forestales como en trabajos de jardinería, ha sido la plantación. En el caso de plantaciones en el medio natural, donde las posibilidades de cuidados culturales son muy limitadas, la plantación debe hacerse en otoño aunque puede ampliarse el periodo de establecimiento, siempre que las condiciones lo aconsejen, como corresponde a las 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 de la repoblación vendrán determinada por el objetivo y las condiciones de establecimiento, pudiendo utilizarse plantas de una savia en contenedor forestal o plantas de dos o tres savias en envase de gran volumen. Es importante adecuar la calidad de la planta de vivero al objetivo de la repoblación 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 del madroño ha mostrado algunas dificultades, en particular, debidas a las limitaciones en las condiciones de los terrenos objeto de restauración y a la propia ecología de la especie. Los valores de supervivencia obtenidos en distintas condiciones de repoblación han variado entre el 6-61% (Tabla 4), y el 100% (Domínguez *et al.*, 2001 b).

Tabla 4. Valores de supervivencia de plantas de *Arbutus unedo* en diferentes trabajos de restauración en clima termomediterráneo.

	Navarro Cerrillo (2003)	Navarro Cerrillo <i>et al.</i> (2001 b)	Navarro Cerrillo <i>et al.</i> (2001 c)
Localización	Cantera Valdeazores (Córdoba)	Guadimar (Sevilla)	Aznalcóllar (Sevilla)
Precipitación media anual o del año de ensayo (mm)	$P_a = 651$	$P_a = 540$	$P_{1997} = 529$
Procedimiento de preparación	Ahoyado con retro	Subsolado	Subsolado
Fecha de plantación	Nov-Dic 1999	Nov 1999	Nov 1996-Nov 1998
Supervivencia			
	56%	6%	61%

Las labores más frecuentes para la eliminación de la vegetación en plantaciones de esta especie consisten en el desbroce puntual, aunque se debe ser muy cuidadoso para no afectar a especies que actúen como facilitadoras. Entre los tratamientos de desbroce que pueden realizarse cabe citar el desbroce mecanizado y el manual con motodesbrozadora.

Los procedimientos de preparación utilizados en el establecimiento del madroño vienen condicionados por los tipos de trabajos de restauración mencionados previamente. Lo más frecuente en suelos forestales en plantaciones mixtas es el ahoyado, preferiblemente mecanizado, para la realización de hoyos de gran tamaño (Fig. 5). Los subsolados se justifican en el caso de terrenos agrícolas y cuando el objetivo de la repoblación es productivo; en particular, se recomiendan los dobles subsolados siempre que sea posible. La intensidad de estas actuaciones será muy diferente según las características del medio a repoblar, pero siempre es recomendable que sean de una cierta intensidad. Así, en repoblaciones de esta especie debe tenerse presente:

- Procurar la apertura de hoyos de un tamaño mínimo de 40 x 40 x 60 cm, por lo que siempre que sea posible se recurrirá a preparaciones mecanizadas en baja densidad.
- 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.; elegir los microhábitats mejores para la especie.

La densidad de plantación de esta especie no ha sido estudiada, aunque por sus características ecológicas parece recomendable que sean bajas, con el objetivo de conseguir formaciones

constituidas por un mínimo de pies, buscando el máximo de vitalidad, de protección y de sombra con el mínimo de competencia intraespecífica. No obstante, el madroño suele beneficiarse de una cierta protección, por lo que parece más conveniente la repoblación por golpes, agrupada en las localizaciones más favorables, dejando sin repoblar las zonas con más 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, hasta 100 pies ha⁻¹, hacia las partes altas y zonas convexas, que se dejarían para otras especies menos exigentes. La estructura creada conseguirá proporcionar una matriz de vegetación más compleja donde las plantas se mantienen con un elevado vigor vegetativo y una buena ramificación, al ser moderada la competencia.

El establecimiento del madroño no requiere cuidados culturales especiales, si bien es cierto que se beneficia de los riesgos de establecimiento y mantenimiento durante los 1-3 primeros años, aunque su aplicación es poco factible. Respetando estas restricciones, el madroño es una especie que permite un establecimiento adecuado y un crecimiento muy vigoroso, por lo que es muy recomendable en numerosos trabajos de restauración.

Puede ser recomendable el uso de tubos protectores dado el temperamento de la especie y su alta palatabilidad, que la hacen muy atractiva para los herbívoros. En el caso del madroño se han realizado ensayos para mejorar su establecimiento mediante el uso de tubos invernadero (Navarro Cerrillo *et al.*, 2001 a y b; Oliet *et al.*, 2003), siendo recomendable el uso de tubos ventilados (Tabla 5), tanto en términos de supervivencia como de crecimiento. En zonas de montaña puede ser 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 la planta.

Tabla 5. Valores de supervivencia y crecimiento de plantas de *Arbutus unedo* en Aznalcóllar (Sevilla) según diferentes tipos de tubos invernadero (condiciones de ensayo: subsolado; 534 mm de precipitación anual en 1997; plantación en noviembre de 1997 y de 1998) (Navarro Cerrillo *et al.*, 2001 b).

Modelo de tubo	Agrotubo	Cartón Plástico	Ecotubo	Fortetub	Silvitub	Tubex	Control
Supervivencia (%)	49	86	17	67	63	88	61
Crecimiento en altura (cm)	53,3	46,7	37,2	56	59	43,6	34,8
Crecimiento en diámetro del cuello de la raíz (mm)	4,5	4,5	1,6	5,0	5,5	4,0	6,1

La regeneración natural del madroño ha sido estudiada por varios autores, en particular su respuesta al fuego (Mesleard y Lepard, 1989; Canadell *et al.*, 1991; Savé *et al.*, 1993; Castell *et al.*, 1994; Ojeda *et al.*, 1996; Canadell y López Soria, 1998; Ganatsas *et al.*, 2004; Konstantinidis *et al.*, 2006), mostrando una gran capacidad rebrotadora a partir de lignotubérculos, aunque parece limitar su propagación por semilla (Mesleard y Lepard, 1991). En otros muchos casos, la regeneración natural se produce como parte de los

procesos de sucesión secundaria (Konstantinidis *et al.*, 2006) o bajo otro tipo de masas, principalmente pinares de repoblación, formaciones de matorral o terrenos descubiertos. Los procesos de facilitación también pueden desempeñar un papel importante en el establecimiento del madroño.



Figura 5. Enriquecimiento con *Arbutus unedo* en una masa de *Pinus pinea* (Foto: M.A. Lara).

En los últimos años la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía está promoviendo el uso de acotados estrictos para favorecer los procesos de regeneración en montes de alcornoque que suponen, también, procesos de restauración de madroñales. En este sentido, se han realizado recientemente algunos trabajos sobre la dinámica de la regeneración del alcornocal-madroñal (Maltez-Mouro *et al.*, 2007) en montes ordenados (Navarro-Cerrillo *et al.*, 2009), siendo menos frecuentes los estudios sobre la regeneración bajo cubiertas de pinar. El regenerado del madroño muestra una significativa predilección por las zonas de umbría, aunque en muchos casos la regeneración presenta un patrón desigual.

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. 85-88.

- ARIANOUTSOU M., DIAMANTOPOU J., 1985. Comparative phenology of five dominant plant species in maquis and phrygana ecosystems in Greece. *Phyton* 25(1), 77-85.
- ARONNE G., WILCOCK C., 1997. Reproductive phenology in Mediterranean macchia vegetation. *Lagascalia* 19(1-2), 445-454.
- ARROYO J., 1988. Atributos florales y fenología de la floración en matorrales del Sur de España. *Lagascalia* 15, 43-78.
- ARROYO J., 1990. Ritmos climáticos y de floración en matorrales del SW de España. *Lagascalia* 16(1), 25-50.
- BARRIENTOS R., 2010. Retention of native vegetation within the plantation matrix improves its conservation value for a generalist woodpecker. *For. Ecol. Manage.* 260(5), 595-602.
- BELLOT J., ESCARRE A., 1991. Chemical characteristics and temporal variations of nutrients in throughfall and stemflow of three species in Mediterranean holm oak forest. *For. Ecol. Manage.* 41, 125-135.
- 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. 423-430.
- CANADELL J., LÓPEZ-SORIA L., 1998. Lignotuber reserves support regrowth following clipping of two Mediterranean shrubs. *Funct. Ecol.* 12, 31-38.
- CANADELL J., LLORET F., LÓPEZ-SORIA L., 1991. Resprouting vigour of two mediterranean shrub species after experimental fire treatments. *Vegetatio* 95, 119-126.
- CARCACHE-BLANCO E.J., CUENDET M., PARK E.J., SU B.N., RIVERO-CRUZ J.F., FARNSWORTH N.R., PEZZUTO J.M., DOUGLAS KINGHORN A., 2006. Potential cancer chemopreventive agents from *Arbutus unedo*. *Nat. Prod. Res.* 20(4), 327-340.
- CASTELL C., TERRADAS J., TENHUNEN J., 1994. Water relations, gas exchange, and growth of resprouts and mature plant shoots of *Arbutus unedo* L. and *Quercus ilex* L. *Oecologia* 98, 201-211.
- 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. 138-139.
- CELIKEL G., DEMIRSOY L., DEMIRSOY H., 2008. The strawberry tree (*Arbutus unedo* L.) selection in Turkey. *Sci. Hort.* 118(2), 115-119.
- CERVELLI C., 2005. Le specie arbustive della macchia mediterranea. Un patrimonio a valorizzare. *Collana Sicilia Foreste* 26, 39-154.
- CHIARUCCIA A., PACINI E., LOPPI S., 1993. Influence of temperature and rainfall on fruit and seed production of *Arbutus unedo* L. *Bot. J. Linn. Soc.* 111(1), 71-82.
- CROBEDDU S., PIGANTTI S., 2005. Propagazione per talla di specie mediterranee. Prove di sustrato. *Sherwood - Foreste ed Alberi Oggi* 114, 37-31.
- DEMMIG-ADAMS B., ADAMS III W., WINTER K., MEYER A., SCHREIBER U., PEREIRA J., KRIEGER A., CZYGAN F., OTTO L., 1989. Photochemical efficiency of photosystem II, photon yield of O₂ evolution, photosynthetic capacity, and carotenoid composition during the midday depression of net CO₂ uptake in *Arbutus unedo* growing in Portugal. *Planta* 177, 377-387.
- DOMÍNGUEZ S., MURIAS G., HERRERO N., PEÑUELAS J.L., 2001 a. Cultivo de once especies mediterráneas en vivero. Implicaciones prácticas. *Ecología* 15, 213-223.
- DOMÍNGUEZ S., MURIAS 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. Mesa 3.* (Junta de Andalucía, ed.). Granada. pp. 75-81. Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- GANATSAS P., ZAGAS T., TSAKALDIMI M., TSITSONI T., 2004. Postfire regeneration dynamics in a Mediterranean type ecosystem in Sithonia, northern Greece: ten years after the fire. En: *Proceedings 10th MEDECOS Conference* (Arianotsou, Papanastasis, eds.). Milpress, Rotterdam.

- 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. 7.
- GIORDANI E., BENELLI C., PERRIA R., BELLINI E., 2005. In vitro germination of strawberry tree (*Arbutus unedo* L.) genotypes: establishment, proliferation, rooting and callus induction. *Adv. Hort. Sci.* 19, 216-20.
- GIOVANNETTI M., LIOI L., 1990. The mycorrhizal status of *Arbutus unedo* in relation to compatible and incompatible fungi. *Can. J. Bot.* 68(6), 1239-1244.
- GIOVANNETTI M., LIOI L., PICCI G., 1990. Host and non-host relationships between *Arbutus unedo* L. and mycorrhizal fungi. *Agric. Ecosyst. Environ.* 29(1-4), 169-172.
- GOMES F., CANHOTO J., 2009. Micropropagation of strawberry tree (*Arbutus unedo* L.) from adult plants. *In Vitro Cell. Dev. Biol.-Plant* 45(1), 72-82.
- GOMES F., LOPES M., SANTOS T., CANHOTO J., 2009. Micropropagation of selected trees of *Arbutus unedo* L. through axillary shoot proliferation and somatic embryogenesis. *Acta Hort.* 839, 111-116.
- GOMES F., SIMOES M., LOPES M., CANHOTO J., 2010. Effect of plant growth regulators and genotype on the micropropagation of adult trees of *Arbutus unedo* L. (strawberry tree). *New Biotechnol.* 27(2), 882-892.
- GRATANI L., GHIA E., 2002 a. Changes in morphological and physiological traits during leaf expansion of *Arbutus unedo*. *Environ. Exp. Bot.* 48, 51-60.
- GRATANI L., GHIA E., 2002 b. Adaptive strategy at the leaf level of *Arbutus unedo* L. to cope with Mediterranean climate. *Flora* 197, 275-284.
- HARLEY P., TENHUNEN J., LANGE O., 1986. Use of an analytical model to study limitations on net photosynthesis in *Arbutus unedo* under field conditions. *Oecologia* 70, 393-401.
- HERRANZ J., JORDÁN E., GARCÍA F., OROZCO E., LÓPEZ J., MARTÍNEZ J., 2001. Germinación de semillas de especies de matorral en condiciones controladas de aireación, humedad, luz y temperatura. En: *Actas del III Congreso Forestal Español. Mesa 3.* (Junta de Andalucía, ed.). Granada. pp. 480-486. Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- HERRERA C., 1989 a. Frugivory and seed dispersal by carnivorous mammals, and associated fruit characteristics, in undisturbed Mediterranean habitats. *Oikos* 55, 250-262.
- HERRERA C., 1989 b. Papel de los carnívoros en el bosque mediterráneo. *Quercus* 37, 20-28.
- HERRERA C., JORDANO P., LÓPEZ-SORIA L., AMAT J., 1994. Recruitment of a masfruiting, bird-dispersed tree: bridging frugivore activity and seedling establishment. *Ecol. Monogr.* 64, 315-344.
- HICKMAN J.C., 1993. *The Jepson manual of higher plants of California.* University of California Press, Berkeley.
- ISTA (Internacional Seed Testing Association), 1999. International rules for seed testing. *Seed Sci. Technol.* 27, (Supplement) Rules 1999.
- JOHN T., 1996. Mycorrhizal inoculation: advice for growers and restorationists. *Hortus West* 7(2), 10-15.
- KONSTANTINIDIS P., TSIURLIS G., XOFIS P., 2006. Effect of fire season, aspect and pre-fire plant size on the growth of *Arbutus unedo* L. (strawberry tree) resprouts. *For. Ecol. Manage.* 225(1-3), 359-367.
- 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.
- MALTEZ-MOURO S., GARCÍA L., MARAÑÓN T., FREITAS H., 2007. Recruitment patterns in a Mediterranean oak forest: a case study showing the importance of the spatial component. *For. Sci.* 53(6), 645-652.

- McDONALD P., 2008. *Arbutus menziessi* Pursh. 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. 263-265.
- MERETI M., GRIGORIADOU K., NANOS G., 2002. Micropropagation of the strawberry tree, *Arbutus unedo* L. *Sci. Hort.* 93(2), 143-148.
- MERETI M., GRIGORIADOU K., LEVENTAKIS N., NANOS G., 2003. *In vitro* rooting of strawberry tree (*Arbutus unedo* L.) in medium solidified by peat-perlite mixture in combination with agar. *Acta Hort.* 616, 207-210.
- MESLEARD F., LEPARD J., 1989. Continuous basal sprouting from a lignotuber: *Arbutus unedo* L. and *Erica arborea* L. as woody Mediterranean examples. *Oecologia* 80, 127-131.
- MESLÉARD F., LEPART J., 1991. Germination and seedling dynamics of *Arbutus unedo* and *Erica arborea* on Corsica. *J. Veg. Sci.* 2(1), 155-164.
- METAXAS D., SYROS T., YUPSANIS T., ECONOMOU A., 2004. Peroxidases during adventitious rooting in cuttings of *Arbutus unedo* and *Taxus baccata* as affected by plant genotype and growth regulator treatment. *Plant Growth Regul.* 44 (3), 257-266.
- MORINI S., FIACHI G., 2000. *In vitro* propagation of strawberry tree. *Agricultura Mediterranea* 130, 240-246.
- MULAS M., DEIDDA P., 1998. Domestication of woody plants from mediterranean maquis to promote new crops for mountain lands. *Acta Hort.* 457, 295-302.
- MULAS M., CANI M., BRIGAGLIA N., DEIDDA P., 1998. Varietal selection in wild populations for the cultivation of myrtle and strawberry tree in Sardinia. *Rivista di Frutticoltura e di Ortofloricoltura* 60 (3), 45-50.
- MUNNÉ S., PEÑUELAS J., 2004. Drought-induced oxidative stress in strawberry tree (*Arbutus unedo* L.) growing in Mediterranean field conditions. *Plant Sci.* 166(4), 1105-1110.
- MUÑOZ C., 1999. *Phomopsis vaccinii* Shear in Shear, Stevens & Bain asociado con daños en las copas de los madroños (*Arbutus unedo* L.). En: XVI Reunión del Grupo de Trabajo Fitosanitario de Forestales, Parques y Jardines. Junta de Andalucía, Córdoba. pp. 291-295.
- NARBONA E., ARISTA M., ORTIZ P., 2003. Germinación de las semillas del madroño (*Arbutus unedo* L., *Ericaceae*). *Acta Bot. Malacitana* 28, 73-78.
- NAVARRO CERRILLO R.M., 2003. Evaluación de los trabajos de restauración de las Canteras de Valdeazores. Universidad de Córdoba-COSMOS. Informe Técnico. Inédito.
- NAVARRO CERRILLO R.M., GÁLVEZ C., 2001. Manual para la identificación y reproducción de semillas de especies vegetales autóctonas de Andalucía. Tomo I. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, Córdoba. pp. 81-83.
- NAVARRO CERRILLO R.M., CEACERO C., SAIZ J.L., 2001 a. Sistema de control de calidad de repoblaciones forestales: la obra de restauración del río Guadiamar. En: Actas del III Congreso Forestal Español. Mesa 3. (Junta de Andalucía, ed.). Granada. pp. 817-823. 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: 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., MONTES CARRETERO M., SÁNCHEZ VELA R., 2009. Patrón espacial de la regeneración de especies arbóreas en el Grupo de Montes de Alcalá de los Gazules (Cádiz). 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 GARCÍA A., SÁNCHEZ-BLANCO M.J., BAÑÓN S., 2007. Influence of paclobutrazol on water consumption and plant performance of *Arbutus unedo* seedlings. *Sci. Hort.* 111(2), 133-139.
- NAVARRO GARCÍA A., SÁNCHEZ BLANCO M., MORTE A., BAÑÓN S., 2009. The influence of mycorrhizal inoculation and paclobutrazol on water and nutritional status of *Arbutus unedo* L. *Environ. Exp. Bot.* 66(3), 362-371.

- NAVARRO GARCÍA A., BAÑÓN S., MORTE A., 2011. Effects of nursery preconditioning through mycorrhizal inoculation and drought in *Arbutus unedo* L. plants. *Mycorrhiza* 21, 53-64
- OGAYA R., PEÑUELAS J., MARTÍNEZ-VILALTA J., MANGIRÓN M., 2003. Effect of drought on diameter increment of *Quercus ilex*, *Phillyrea latifolia*, and *Arbutus unedo* in a holm oak forest of NE Spain. *For. Ecol. Manage.* 180(1-3), 175-184.
- OJEDA F., MARANON T., ARROYO J., 1996. Postfire regeneration of a mediterranean heathland in southern Spain. *Int. J. Wildland Fire* 6(4), 191-198.
- OLIET J., NAVARRO CERRILLO R.M., CONTRERAS O., 2003. Evaluación de la aplicación de tubos y mejoradores en repoblaciones forestales. Junta de Andalucía, Córdoba.
- OZCAN M., HACISEFEROGULLARI H., 2007. The strawberry (*Arbutus unedo* L.) fruits: Chemical composition, physical properties and mineral contents. *J. Food Eng.* 78(3), 1022-1028.
- PABUÇCUOĞLU A., KIVÇAK B., BAŞ M., MERT T., 2003. Antioxidant activity of *Arbutus unedo* leaves. *Fitoterapia* 74(6), 597-599.
- PAVLOS SMIRIS E., ASLANIDOU P., AVROKORDOPOULOU O., MILIOS E., KOURIDAKIS A., 2006. Germination study on *Arbutus unedo* L. (*Ericaceae*) and *Podocytisus caramanicus* Boiss. & Heldr. (*Fabaceae*). *J. Biol. Res.* 5, 85-91.
- PENNISI A.M., AGOSTEO G.E., 1995. *Septoria unedonis* var. *vellanensis* agente di manchie fogliari su corbezzolo. *Informatore Fitopatologico* 2, 58-60.
- PIGNATTI G., CROBEDDU S., 2005. Effects of rejuvenation on cutting propagation of Mediterranean shrub species. *Foresta* 2, 290-295.
- PIOTTO B., DI NOI A. (eds.), 2001. Propagazione per seme di alberi e arbusti della flora mediterranea. ANPA, Roma.
- PRADA A., ARIZPE D. (coords.), 2008. Manual de propagación de árboles y arbustos de ribera. Generalitat Valenciana, Valencia.
- PULIDO A., 1994. Micorrización sencilla para viveros elementales. *Quercus* 105, 34-36.
- RODRIGUES A., SERGIO P., TEIXEIRA M., PAIS M., 2001. *In vitro* break of dormancy of axillary buds from woody species (*Persea indica* and *Arbutus unedo*) by sectioning with a laser beam. *Plant Sci.* 161, 173-178.
- ROMERO MARTÍN M., TRAPERO CASAS A., 2003. La mancha foliar del madroño (*Arbutus unedo*) causada por *Septoria unedonis* var. *vellanensis*. *Bol. San. Veg. Plagas* 29 (3), 375-392.
- 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.
- RUIZ DE LA TORRE J., 2006. Flora Mayor. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Dirección General para la Biodiversidad, Madrid. pp. 1259-1262.
- RUIZ DE LA TORRE J., GIL P., GARCÍA VIÑAS J.I., GONZÁLEZ J.R., GIL F., 1990 Catálogo de especies vegetales a utilizar en plantaciones de carreteras. Ministerio de Obras Públicas, Madrid.
- SALAS M., ACEBES J., del ARCO M., 1993. *Arbutus x androsterilis*, a new interspecific hybrid between *A. canariensis* and *A. unedo* from Canary Islands. *Taxon* 42, 789-792.
- SÁNCHEZ-GÓMEZ D., VALLADARES F., ZAVALA M., 2006. Performance of seedlings of Mediterranean woody species under experimental gradients of irradiance and water availability: trade-offs and evidence for niche differentiation. *New Phytol.* 170, 795-806.
- SAVÉ R., ALEGRE L., PERY M., TERRADAS J., 1993. Ecophysiology of after-fire resprouts of *Arbutus unedo* L. *Orsis* 8, 107-119.
- TENHUNEN J., LANGE O., JAHNER D., 1982. The control by atmospheric factors and water stress of midday stomatal closure in *Arbutus unedo* growing in a natural macchia. *Oecologia* 55, 165-169.

- TILKI F., 2004. Improvement in seed germination of *Arbutus unedo*. Pakistan J. Biol. Sci. 7(10), 1640-1642.
- TORRES J., VALLE F., PINTO C., GARCÍA-FUENTES P., SALAZAR C., CANO E., 2002. *Arbutus unedo* L. communities in southern Iberian Peninsula mountains. Plant Ecol. 160, 207-223.
- VILLAR L., 1996. *Arbutus* L. En: Flora iberica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares. Vol IV. *Cruciferae-Monotropaceae*. (Castroviejo S., Aedo C., Gómez Campo C., Lainz M., Montserrat P., Morales R., Muñoz Garmendia F., Nieto Feliner G., Rico E., Talavera S., Villar L., eds.). Real Jardín Botánico, Madrid. pp. 515-516.
- ZAMBONI A., PIERANTONI L., DE FRANCESCHI P., 2008. Total RNA extraction from strawberry tree (*Arbutus unedo*) and several other woody-plants. IForest 1, 122-125.

Arctostaphylos uva-ursi (L.) Spreng.

Gayuba, aguarilla, aguavilla, bujarola, gayuvera, gayuvilla, gallúa, galluva, manzanicas de pastor, uva de oso; buchareta, buixilina, buxetas, grisirola, hembra de boj, modrollo rastrero, gorrincha, uvaduz; *cat.*: barriuxes, boixereta, boixerina, boixerol, boixerola, farinell, faringoles, farinola, farnola, gallufa, gallufera, garallufa, muixes, raïm d'ossa; *eusk.*: otso-mats.

Luis Fernando BENITO MATÍAS

1. Descripción

1.1. Morfología

Es un arbusto de corteza pardo rojiza, rugosa, fácil de desprender. Tallos de más de 2 m, tendidos, radicales, de los que brotan ramas de hasta 35 cm, las vegetativas postradas, con entrenudos más cortos, ramillas pubescente-glandulosas.

Hojas amontonadas en el extremo de las ramillas, de 17-25 × 7-12 mm, erecto-patentes o patentes, obovadas u oblongo-lanceoladas, rara vez ovales, estrechas en cuña hacia la base, enteras, obtusas o emarginadas, atenuadas de peciolo de 3-5 mm, con el nervio medio bien marcado y los secundarios reticulados, verde, pubescente, coriáceas en su juventud, persistentes (Fig. 1). Poseen dos estípulas pequeñas y fugaces (López González, 1996; Villar, 2003; Ruiz de la Torre, 2006).

1.2. Biología reproductiva

Racimos de 5-10 flores, axilares, distales, con pedicelos más o menos péndulos, provistos de brácteas. Cáliz de 2 mm, pestañoso, con las piezas aovadas, blanquecinas, persistentes, con cilios muy cortos. Corola de 6 × 5 mm, blanquecina o rosada. Estambres con filamentos pilosos. Ovario glabro; estilo incluso.

El fruto es carnoso de (5)7-10(14) mm, subgloboso, esférico o algo aplastado, rojo de interior blanco o de color crema, carnosos y comestibles (Fig. 1). Produce cinco o seis semillas de 4-5 × 2 mm, con dos caras planas y una convexa, exterior (Fig. 2) (López González 1996; Villar, 2003; Ruiz de la Torre, 2006).

Florece de marzo a junio, madurando los frutos al final del verano o a comienzos del otoño. Para su polinización depende de la presencia de trips (*Thrips* spp.), que se alimentan casi exclusivamente del polen producido por la gayuba, ya que no abundan otras especies cuya floración coincida en el tiempo. Al menos el 20% de los frutos son producidos cuando las flores de la gayuba son accesibles a los trips o a otros insectos, como abejas o mariposas. La polinización anemógama no se considera probable (García-Fayos y Goldarazena, 2008). La diseminación de las semillas se produce por depredación de los frutos por aves, pequeños mamíferos, cérvidos o úrsidos (Stiles, 1980; MacHutchon, 1988).



Figura 1. Frutos de *Arctostaphylos uva-ursi*
(Foto: C. Cardo).



Figura 2. Semillas de *Arctostaphylos uva-ursi*.

1.3. Distribución y ecología

Habita en matorrales, bosques subesclerófilos y pinares xerófilos claros, desmontes, taludes y derrubios de diferentes materiales, suelos pedregosos, incluso pobres en nutrientes y crioturbados, entre los (200)800 y 2.500(2.750) m de altitud. Es indiferente a la naturaleza química del sustrato. Se localiza preferentemente en la mitad oriental de la Península Ibérica, faltando en las Islas Baleares, Galicia y Portugal. Importante por su papel tapizante, se encuentra siempre en suelos bien drenados o lugares de húmedos a ligeramente secos. Aparece frecuentemente como especie dominante (López Nieto 1996; Costa *et al.*, 1998; Ruiz de la Torre, 2006). Parece recuperarse mejor del fuego que del ramoneo o recolección, aunque siempre los crecimientos son muy rápidos y circunscritos a un período de crecimiento (Calvo *et al.*, 2002). Las condiciones ambientales en los que suele vivir indican que prefiere lugares más bien fríos y con cierta precipitación estival. La mayor parte de las poblaciones de *A. uva-ursi* se hallan en zonas con una precipitación anual y estival que varía entre 570 y 1.070 y 75 y 175 mm, respectivamente, mientras que la temperatura anual varía entre 3,9 y 11,6 °C (Anexo I).

2. Materiales forestales de reproducción

2.1. Marco normativo. Identificación de los materiales de reproducción

La gayuba no es una especie sometida a normas sobre regulación de material forestal de reproducción. No obstante, debe garantizarse en su uso la concordancia de las zonas de utilización con las de identificación. Para facilitar tal labor, a los materiales de reproducción provenientes de recogida en poblaciones naturales cabe asignarles de forma oficiosa, para su mejor identificación y uso, las regiones de procedencia establecidas por el método divisivo (Fig. 3) (García del Barrio *et al.*, 2001).

Con algún grado de protección sólo figura en el Catálogo Regional de Flora Silvestre Protegida de la Región de Murcia (D. 50/2003), donde aparece *A. uva-ursi* subsp. *crassifolia* como especie “De interés especial”. La gayuba no está incluida en la normativa correspondiente al pasaporte fitosanitario.



Figura 3. Distribución de *Arctostaphylos uva-ursi* 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

Los frutos se recolectan de la planta madre cuando adquieren el color rojo, no dejando que maduren demasiado, siendo la época para su recogida los meses de septiembre y octubre. La recolección se hace por ordeñado manual, no esperando a que caigan, ya que pueden ser depredados. El procedimiento de extracción y limpieza de las semillas comienza por la separación de los frutos de restos de ramillas con una aventadora. Posteriormente se criban y se maceran en agua y se baten ligeramente, eliminándose las semillas que flotan, ya que posiblemente serán vanas. Por último se secan a temperatura ambiente, y de nuevo con una criba se separan las semillas de los restos secos del fruto. Dada la dificultad de eliminar las semillas vacías, es frecuente que los lotes de semillas presenten un alto porcentaje de vanas. Una posibilidad para reducirlo podría ser la flotación en soluciones más densas que el agua. Las semillas son ortodoxas y su almacenamiento se realiza en frío (0-4 °C) y ambiente seco. Las características medias de los lotes de semillas de gayuba se recogen en la Tabla 1.

La gayuba es una planta muy difícil de producir a partir de semilla, siendo una de las razones principales la frecuente baja viabilidad de los lotes, que rozaría el 20%. Pero además presenta un letargo morfofisiológico difícil de vencer. Las semillas tienen

cubiertas duras y embriones con letargo. En situaciones naturales, en el suelo, cerca de la superficie, germinan al quedar sometidas a las condiciones ambientales, aunque la germinación es baja (McClaran y Bartolome, 1989). Las semillas deben pasar por períodos de bajas temperaturas y necesitan luz para que la germinación ocurra. La hidratación de las semillas en agua ayuda a que se desarrolle la germinación, que es lenta y errática en el campo, pudiendo alargarse durante 2-3 años, con porcentajes de un 43% en condiciones idóneas (Gawłowska, 1969). Existen varios pretratamientos citados en la bibliografía para favorecer la germinación de esta especie:

- Tratar las semillas a 2-5 h en ácido sulfúrico concentrado y estratificarlas a 25 °C durante 60-90 días (Belcher, 1985).
- Tratar las semillas con ácido sulfúrico concentrado durante 7 h y luego estratificarlas a 20 °C durante 90 días, para posteriormente pasar a temperaturas de 1 °C durante otros 90 días, ocurriendo la germinación a 21 °C (McClean, 1967; Vories, 1981; Baskin y Baskin, 1998).
- Tratar las semillas con ácido sulfúrico concentrado y posterior estratificación caliente para que la germinación se produzca a 10 °C (Giersbach, 1934; Baskin y Baskin, 1998).
- Estratificar las semillas a 20 °C durante 60 días, seguido de 60 días a 5 °C, con una temperatura idónea de germinación de 25 °C (Belcher, 1985).

Se trata de una especie no incluida en las reglas de la ISTA. Es posible realizar un análisis de viabilidad con el test del tetrazolio actuando como se indica a continuación: se elimina la cubierta y el pericarpo de la semilla, posteriormente, el endospermo y el embrión completo se mantiene en agua destilada durante 24 h, sumergiéndolos finalmente en una solución al 1% de 2,3,5-trifenil-tetrazolio (Matías *et al.*, 2010).

La germinación es epigea. Las plántulas miden 4-5 cm y presentan dos cotiledones largos y lanceolados, con un verticilo formado por varias hojas primordiales con el limbo lanceolado y los bordes finamente serrados.

Tabla 1. Datos característicos de lotes de semillas de *Arctostaphylos uva-ursi*.

Rendimiento semilla/fruto (% en peso)	Pureza (%)	Facultad germinativa (%)	Nº semillas kg ⁻¹	Referencia
10-15	95-98	60-75	80.000	Catalán (1991)
			59.535-90.405	Meyer (2008)
12-17	95-98	25-60	60.000-100.000	CNRGF <i>El Serranillo</i> (Anexo III)
(14-18)	(100)		(52.000-100.000)	Vivero Central JCyL (Anexo IV)

2.2.2. Vegetativa

Ante la dificultad para reproducir la gayuba mediante semilla, se han desarrollado protocolos para la producción de planta a partir de estaquillas. Éstas, que pueden ser de origen herbáceo o lignificado, se sitúan en invernaderos cerrados o en camas calientes,

con temperaturas del sustrato de 10-15 °C y con un tratamiento hormonal de ácido indolbutírico de 100 mg l⁻¹, que acelera el crecimiento anual (Gawłowska, 1969). El material vegetal debe ser recogido en parada vegetativa, es decir, durante los meses de invierno, e inmediatamente se introducen en el medio de cultivo, normalmente turba, necesiéndose unas condiciones ambientales con temperaturas cercanas a los 20 °C con humedad relativa alta y riegos a saturación (Serrada, 2003).

Serrada (2003), en uno de los trabajos más completos sobre reproducción vegetativa de la gayuba, evaluó la presencia de hojas y el grosor de las estaquillas en el enraizamiento y la utilidad de mezclar suelo procedente de poblaciones naturales con el sustrato de cultivo, con el fin de mejorar la micorrización arbuscular. Las estaquillas usadas tenían una longitud de unos 15 cm. Las estaquillas con hojas presentaron mayor enraizamiento que aquellas sin hojas y, dentro de estas últimas, las más gruesas tuvieron más supervivencia que las de menor calibre, debido a una mayor cantidad de reservas. La presencia de tierra natural en el sustrato de cultivo no mejoró el arraigo.

En otros estudios sí se ha priorizado el uso de fuentes de inóculo durante el enraizamiento (Salemaa y Monni, 2003; Scagel, 2004). El tratamiento con hormonas de enraizamiento combinado con inóculo a partir de hifas de hongos micorrícicos arbutoides o de trozos de raíz colonizada por hongos micorrícicos permite desarrollar mayores raíces y mayor biomasa de las mismas. La aplicación de hormonas de enraizamiento durante el estaquillado parece permitir una mayor colonización micorrícica aunque no se puede concluir que la fuente de inóculo a partir de fragmentos de raíz micorrizada sea mejor que el uso de hifas de hongos arbutoides (Scagel, 2004).

3. Producción de plantas

En el caso de planta obtenida por reproducción vegetativa se recomienda, como condiciones de cultivo, una temperatura entre 20 y 30 °C, una humedad ambiental del 60-90% y buenas dosis de riego. Los contenedores recomendados son de 300 cm³ y el sustrato turba o turbas mezcladas con perlita, que permiten una mayor facilidad para el enraizamiento de las estaquillas (Alegre *et al.*, 2003; Serrada, 2003). Se han usado contenedores de mayor capacidad (650 cm³) en ensayos realizados con cultivares producidos en sustratos variados, como la mezcla de corteza de pino y turba (80:20) o corteza de pino y coco (80:20), siempre con pH variables entre 5,6, para los que llevaban turba en la mezcla, y 6. En los ensayos con sustrato de corteza de pino y fibra de coco, la gayuba incrementó el número de hojas y la relación biomasa parte radical/biomasa parte aérea. Además, se encontró una mayor producción y acumulación de proteínas totales y aminoácidos en tallos y un mayor contenido y producción de proteínas en la hoja. Esta acumulación de proteínas y aminoácidos estaría ligada a una mayor capacidad para enraizar y para realizar la fotosíntesis (Scagel, 2003).

A partir de estudios de campo podemos inferir que las densidades de cultivo pueden ser elevadas, ya que el crecimiento de las plantas en campo durante los tres primeros años es lento, priorizando el desarrollo radical frente al del tallo durante el primer año (Remphrey *et al.*, 1983). La ramificación del tallo viene determinada por la presencia de luz y nutrientes en el sustrato. Así, en condiciones de abundante luz y nutrientes, el

control apical del crecimiento es débil, pero bajo condiciones limitantes el control apical es grande y una gran proporción de meristemos pueden estar inactivos, no permitiendo el desarrollo de ramas laterales (Salema y Sievänen, 2002). En ensayos de fertilización realizados en cultivos hidropónicos, se ha averiguado que la gayuba es muy sensible a pequeñas variaciones de N en la solución nutritiva, con una mayor producción de biomasa al añadir 73 mg l⁻¹ de N, siendo más eficiente el uso del mismo cuando la fuente era el amonio. Es sensible además a altas concentraciones de K en la solución, posiblemente por antagonismos con el Ca o el Mg, lo que, además, termina afectando a la asimilación de P (Alegre, 2003). En base a estudios con fertilizantes de liberación lenta, se recomienda una proporción de N-P-K de 15-9-12. Con esta relación de nutrientes y fibra de coco como sustrato se aseguran las mejores concentraciones de N en dicho sustrato, llegando incluso a concentraciones consideradas de lujo para los macronutrientes K y P (Scagel, 2003). En la Tabla 2 se resumen las características morfológicas y la concentración de los principales macronutrientes en los tejidos en plantas de gayuba obtenidas por propagación vegetativa.



Figura 4. Brinjal de *Arctostaphylos uva-ursi* de una savia (Foto: CNRGF *El Serranillo*).

Tabla 2. Valores de atributos morfológicos y fisiológicos (media \pm desviación típica, en su caso) de plantas de *Arctostaphylos uva-ursi* obtenidas a partir de estaquillas con cultivo de 16 semanas (Scagel, 2003).

Atributo	Rangos o valores medios de referencia
Peso seco aéreo - PA (g)	8,06-12,00
Peso seco radical - PR (g)	0,203-0,237
Peso total (g)	8,3-12,2
PA/PR	0,03-0,05
N foliar (%)	1.1 \pm 0.16
P foliar (%)	0.12 \pm 0.02
K foliar (%)	0.71 \pm 0.07

4. Uso en repoblaciones y restauraciones

Dada su capacidad tapizante, la gayuba es una especie muy interesante para proyectos de restauración ecológica donde la prioridad sea frenar la erosión, como la protección de taludes de carreteras. Tras procesos destructivos como la corta o incendios, la gayuba es capaz de recuperar el 30% de la superficie degradada en 4 meses, y el 70% de la biomasa inicial en 30 meses (Del Barrio *et al.*, 1999). Además, puede mejorar las propiedades químicas del suelo, especialmente el pH, el ratio C_{org}/N y la capacidad de intercambio catiónico (Turrión *et al.*, 2007). Además tiene un gran valor ornamental, pues constituye un tapiz natural perenne de color verde oscuro brillante, sobre el que destacan el rosado de sus flores y, especialmente el rojo vivo de sus frutos, con el añadido de tratarse de una especie autóctona. Como especie apícola tiene un valor medio.

5. Planificación de la repoblación

Como método de repoblación se recomienda la plantación de plantas de una savia sobre la de dos savias, basándonos en los resultados obtenidos a partir de estaquillas de esta especie (Serrada, 2003). Las referencias a las técnicas de establecimiento indican realizar zanjas en curvas de nivel donde se produzca una labor y nivelación suficiente, separadas a una distancia inversamente proporcional a la pendiente, con una separación mínima entre filas de 0,35 m, en pendiente, y de 1 m, en llanos o pendientes suaves, y una distancia entre plantas de 0,25 m (Serrada, 2003). La plantación debería ser, preferiblemente, durante la



Figura 5. Repoblación de 20 años con *Arctostaphylos uva-ursi* en Retiendas, Guadalajara (Foto: R. Serrada).

primavera temprana, dada las condiciones de temperaturas extremas que se pueden dar en las áreas donde potencialmente se utiliza.

La gayuba forma parte del sotobosque de las especies con las que comparte terrenos como son: *Fagus sylvatica*, *Quercus petraea*, *Q. pubescens*, *Q. faginea*, *Q. pyrenaica*, *Q. ilex*, *Pinus sylvestris* y pinares de repoblación de *P. nigra* y *P. pinaster*. Otras especies acompañantes son *Amelanchier ovalis*, *Cistus* spp., *Buxus sempervirens*, *Juniperus* spp., *Erica* spp. Las densidades de plantación deberían situarse entre 2.000 y 10.000 plantas ha⁻¹, aunque existen propuestas en actuaciones de restauración monoespecíficas de gayuba que proponen hasta 40.000-120.000 plantones ha⁻¹ (Serrada, 2003).

El uso de tubos protectores no se recomienda, dado el temperamento heliófilo y el porte rastrero de la especie. Los riegos de mantenimiento serían precisos siempre que las condiciones de humedad edáfica sean bajas.

6. Bibliografía

- ALEGRE J., LÓPEZ-VELA D., EYMAR E., ALONSO-BLÁZQUEZ N., YÉBENES L., 2003. Evaluating Bearberry nitrogen nutrition using hydroponic cultures: establishing preliminary DRIS norms. *J. Plant Nut.* 26, 525-542.
- BASKIN C., BASKIN A., 1998. *Seeds: Ecology, biogeography and evolution of dormancy and germination.* Academic Press, USA.
- BELCHER E. (ed.), 1985. *Handbook on seeds of browse shrubs and forbs.* Tech. Publ. R8-TP8. Atlanta: USDA Forest Service, Southern Region.
- 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., SAÍNZ-OLLERO H., 1997. *Los bosques ibéricos. Una interpretación geobotánica.* Ed. Planeta, Barcelona.
- CALVO L., TÁRREGA R., DE LUIS E., 2002. The dynamics of mediterranean shrubs species over 12 years following perturbations. *Plant Ecol.* 160, 25-42.
- DEL BARRIO J., LUIS-CALABUIG E., TÁRREGA R., 1999. Vegetative response of *Arctostaphylos uva-ursi* to experimental cutting and burning. *Plant Ecol.* 145, 191-195.
- 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., GOLDARAZENA A., 2008. The role of thrips in pollination of *Arctostaphylos uva-ursi*. *Int. J. Plant Sci.* 169, 776-781.
- GAWLOWSKA J., 1969. Seminatural cultivation of economically important plant species growing in the wild state. *Biol. Conserv.* 1, 151-155.
- GIERSBACH J., 1934. Germination and seedling production of *Arctostaphylos uva-ursi*. *Contribution Boyce Thompson Institute* 9, 71-78.
- LÓPEZ GONZÁLEZ G., 1982. *La guía INCAFO de los árboles y arbustos de la Península Ibérica e Islas Baleares.* INCAFO, Madrid.
- MACHUTCHON A.G., 1989. Spring and summer food habits of black bears in the Pelly River Valley, Yukon. *Northwest Sci.* 63, 116-118.
- MATÍAS L., ZAMORA R., MENDOZA I., 2010. Seed dispersal patterns by large frugivorous mammals in a degraded mosaic landscape. *Restor. Ecol.* 18, 619-627.

- MCCLARAN M.P., BARTOLOME J.W., 1989. Fire-related recruitment in stagnant *Quercus douglasii* populations. Can. J. For. Res. 19, 580-585.
- MCLEAN A., 1967. Germination of forest range species from southern British Columbia. J. Range Manage. 20, 321-322.
- MEYER, S.E., 2008. *Arctostaphylos* Adans. 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. 266-270.
- REMPHREY W.R., STEEVES T.A., NEAL B.R., 1983. The morphology and growth of *Arctostaphylos uva-ursi* (bearberry): an architectural analysis. Can. J. Bot. 61, 2430-2450.
- RUIZ DE LA TORRE J., 2006. Flora Mayor. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Dirección General para la Biodiversidad, Madrid. pp.1262.
- SALEMAA M., MONNI S., 2003. Copper resistance of the evergreen dwarf shrub *Arctostaphylos uva-ursi*: an experimental exposure. Environ. Pollut. 126, 435-443.
- SALEMAA M., SIEVÄNEN R., 2002. The effect of apical dominance on the branching architecture of *Arctostaphylos uva-ursi* in four contrasting environments. Flora 197, 429-442.
- SCAGEL C.F., 2003. Growth and nutrient use of ericaceous plants grown in media amended with sphagnum peat moss or coir dust. Hort. Sci. 38, 46-54.
- SCAGEL C.F., 2004. Enhanced rooting of kinnikinnick cuttings using mycorrhizal fungi in rooting substrate. Hort. Technol. 14, 355-363.
- SERRADA R., 2003. Producción de planta de gayuba (*Arctostaphylos uva-ursi*) por estaquillado. Foresta 23, 48-51.
- STILES E.W., 1980. Patterns of fruit presentation and seed dispersal in bird-disseminated woody plants in the Eastern deciduous forest. Am. Nat. 116, 670-688.
- TURRIÓN M.B., LÓPEZ O., LAFUENTE F., MULAS R., RUIPÉREZ C., PUYO A., 2007. Soil phosphorus forms as quality indicators of soils under different vegetation covers. Sci Total Environ. 378, 195-198.
- VILLAR L., 2003. *Arctostaphylos*. En: Flora iberica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares. Vol IV *Cruciferae-Monotropaceae*. (Castroviejo S., Aedo C., Gómez Campo C., Lániz M., Montserrat P., Morales R., Muñoz Garmendia F., Nieto Feliner G., Rico E., Talavera S., Villar L., eds.). Real Jardín Botánico, Madrid. pp. 516-517.
- VORIES K.C., 1981. Growing Colorado plants from seed: a state of the art, volume 1: Shrubs. 80 Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station.

Atriplex halimus L.

Orzaga, osagra, ozayra, salobre blanco, armuella, salgada, sarga, salobre, salada blanca, marismo, sosa, soserá; *cat.*: salat blanc, salgada vera, cenicell

Juan Antonio OLIET PALÁ, María Aránzazu PRADA SÁEZ

1. Descripción

1.1. Morfología

La orzaga, de la familia *Quenopodiaceae*, es un arbusto perenne hasta de 2,5 m de altura, con ramificación desde la base y con un característico color grisáceo-blanquecino. Este arbusto desarrolla un potente sistema radical, muy ramificado, que puede llegar a prospectar en profundidades de 2 a 3 m (Cornelini *et al.*, 2008) e incluso hasta 10 m (Le Houérou, 1992), según las características del terreno.

Las hojas tienen un pecíolo corto, son muy polimorfas, desde deltoideo-orbiculares hasta lanceoladas (Castroviejo, 1990) y pueden llegar a medir hasta 4-5 cm (López González, 2001). Son de color blanco-plateado, presentan numerosos tricomas en ambas caras y se disponen de manera alterna en los tallos. Esta disposición, que favorece el sombreado de unas hojas a otras, y su capacidad de reflejar parte de la luz hacen que pueda tolerar altas radiaciones (Streb *et al.*, 1997).

En la orzaga adquiere particular relevancia la presencia de tricomas, por su adaptación a terrenos con altas concentraciones de sal. La mayoría de estos elementos están formados por una célula basal, pequeña y densa, que actúa como pie de una célula de mayor tamaño, muy vacuolizada (Mozafar y Goodin, 1970; Smaoui, 1971).

1.2. Biología reproductiva

Atriplex halimus es una especie monoica, con flores generalmente unisexuales, aunque también se ha observado la existencia de flores hermafroditas (Talamati *et al.*, 2006). La diferenciación de un tipo u otro de flor parece depender de factores endógenos y ambientales (Talamati *et al.*, 2003).

Las flores masculinas están formadas por un periantio inconspicuo, constituido por cinco tépalos amarillentos y un verticilo de estambres. Las flores femeninas rara vez presentan periantio, pero sí dos bracteolas opuestas que rodean al carpelo y que posteriormente se desarrollan encerrando al fruto, facilitando su dispersión. Estas bracteolas resultan imprescindibles para la determinación taxonómica a nivel específico. Así, *A. halimus* tiene las bracteolas reniformes a suborbiculares, con margen entero o dentado, ápice obtuso a ligeramente agudo, dorso liso y con un tamaño hasta de 6 x 8 mm (Castroviejo, 1990). Las flores se reúnen en panículas densas, terminales.

La madurez sexual es muy precoz, ya que las primeras flores aparecen en el primer o segundo año de desarrollo de la planta. La dispersión tiene lugar a partir del tercer o cuarto año (González Aldama y Allué Andrade, 1972; Ruiz de la Torre, 1996).

La floración puede ocurrir en un período muy amplio a lo largo del año, normalmente entre los meses de julio y octubre e, incluso, hasta noviembre. La polinización es anemófila. La fructificación suele ser abundante, produciéndose entre los meses de noviembre y abril. Las bracteolas mantienen su actividad fotosintética durante el proceso de maduración, por lo que probablemente aporten recursos para el desarrollo de las semillas (Meyer, 2008).

El fruto es un aquenio, con pericarpo membranoso muy delgado, rodeado por las ya mencionadas bracteolas (Fig. 1). Los frutos pueden permanecer en la planta en la primavera durante un cierto tiempo. Su caída está facilitada por el viento, la lluvia o el paso de animales (Ruiz de la Torre, 1996).

Cada fruto contiene una sola semilla orbicular, comprimida lateralmente, aproximadamente de 1 mm de diámetro, que se sitúa de manera invertida, de tal forma que la radícula apunta normalmente hacia arriba y, así, se facilita su emergencia entre las bracteolas (Meyer, 2008) (Fig. 2). Están compuestas por un embrión con forma circular, situado en la parte más externa de la semilla y un perisperma farináceo, en disposición central (Castroviejo, 1990).



Figura 1. Frutos de *Atriplex halimus*
(Foto: A. Prada).



Figura 2. Semillas de *Atriplex halimus*.

1.3 Distribución y ecología

La orzaga presenta una amplia distribución natural, habitando en África (norte, este y sur tropical, Sudáfrica, islas occidentales del Océano Índico), en el oeste asiático y en el sur de Europa (Bulgaria, Grecia, Italia, Francia, España, incluyendo las islas del Mediterráneo). En nuestro territorio, *A. halimus* aparece en terrenos costeros, desde Huelva hasta Valencia y Barcelona, Islas Baleares y zonas áridas y esteparias del interior (sur de Madrid, La Mancha, Hoya de Baza, valle del Ebro, etc.) (Fig. 3).

Algunos autores reconocen la existencia de dos subespecies: *A. halimus* subsp. *halimus*, con distribución en zonas litorales y sublitorales semiáridas, a la que pertenecerían

las poblaciones españolas, y *A. halimus* subsp. *schweinfurthii*, que se encontraría estrictamente en zonas áridas, presentando menor densidad de hojas y ramillos floríferos más largos que el taxón típico (Le Houérou, 1992; Ben Ahmed *et al.*, 1996). Esta división del género parece estar respaldada por las diferencias genéticas observadas entre poblaciones mediterráneas. El análisis filogenético realizado por Ortiz-Dorda *et al.* (2005), empleando técnicas moleculares, establece dos grupos diferenciados: por un lado se encuentran las poblaciones orientales y norteafricanas y, por otro, las poblaciones del oeste (España y Francia). Esta diferenciación coincide con la establecida por el estudio citológico de Walker *et al.* (2005), que determina el carácter tetraploide de los individuos del primer grupo de poblaciones, mientras que el segundo grupo, en el que se incluyen las poblaciones españolas, es diploide.

En el sudeste árido de España, *A. halimus* puede aparecer también junto a *A. glauca*, arbusto de hábito prostrado, que presenta bracteolas fructíferas con numerosos tubérculos o protuberancias en su parte dorsal y soporta aún mejor las condiciones de sequía. No obstante, a pesar de compartir territorio, Ortiz-Dorda *et al.* (2005) estiman una mayor separación filogenética entre estas dos especies, mostrándose *A. halimus* más próxima a los taxones norteamericanos *A. breweri* y *A. canescens*.

Atriplex halimus crece en zonas litorales y sublitorales, llegando hasta los 1.000 m de altitud. Prospera sin problemas en ambientes salinos, encontrándose sobre sustratos margosos, limosos y yesosos, en ramblas y márgenes de humedales salinos. También se desarrolla sobre suelos arenosos o con alto contenido en arcillas, aunque en estos casos muestra crecimientos menores. Se mezcla con otras especies de matorral propias de estos sustratos (por ejemplo, otras quenopodiáceas) y puede aparecer también como dominante, formando pequeños rodales.

Es capaz de soportar el viento salino, sequías severas e intensas insolaciones. Es una planta con mecanismo de fijación de carbono C4, hecho que representa una gran ventaja en condiciones de aridez y alta luminosidad, ya que, además de reducir la tasa de fotorrespiración, experimenta menor pérdida de agua por transpiración que las plantas C3. En su ambiente natural, la capacidad de prospectar agua del suelo se refleja en un sistema radical muy desarrollado, que supera de 2 a 8 veces la longitud de su estructura epigea (Cornelini *et al.*, 2008). Le Houérou (1992) considera a *A. halimus* como especie freatófita facultativa, con capacidad para profundizar en el suelo buscando agua en enclaves particularmente áridos en los que no recibe suficiente agua de lluvia o de escorrentía.

La adaptación a suelos con altas concentraciones de sal y su tolerancia a la sequía se debe al ajuste osmótico que logra mediante la acumulación de sodio y potasio en las vacuolas y de solutos en el citoplasma, como prolina, betaina o azúcares solubles, que en altas concentraciones no afectan a los procesos metabólicos (Martínez *et al.*, 2005; Nadjimi y Daoud, 2006; Walker *et al.*, 2008). Según la clasificación de Le Houérou (1992), *A. halimus* es una especie moderadamente resistente a la salinidad dentro del género, tolerando valores de 25 a 50 dS m⁻¹, valores altísimos en comparación con los soportados por especies sensibles. Sin embargo, este rasgo diferencia a las dos subespecies antes mencionadas, ya que *A. halimus* subsp. *schweinfurthii* es aún más tolerante, admitiendo

valores próximos al extremo superior de este rango, como se ha podido demostrar en cultivos con riego de agua marina (Le Houérou, 2000). Debe advertirse, a este respecto, que los valores de resistencia a la salinidad sobre los que informa la literatura corresponden a ensayos en condiciones controladas, óptimas para el crecimiento (con la excepción de la salinidad) y generalmente sobre sustratos con baja capacidad de intercambio catiónico. En condiciones de campo y sobre suelos auténticos los valores de tolerancia deben ser, con toda probabilidad, más bajos. La sal absorbida por las raíces es transportada hacia las hojas, acumulándose en los tricomas, concretamente en las vacuolas de las células apicales (Mozafar y Goodin, 1970); cuando éstas se rompen, la sal se secreta al exterior, depositándose sobre las hojas.

La alta concentración de cationes en los tejidos también juega un papel importante en la tolerancia al frío (Walker *et al.*, 2008; Aouissat *et al.*, 2009), observándose variación según el nivel de ploidía, ya que las poblaciones diploides son más tolerantes al frío que las tetraploides (Walker *et al.*, 2008). Dentro de su género, *A. halimus* se encuentra entre las especies relativamente tolerantes, soportando temperaturas hasta de -12 a -15 °C (Le Houérou, 1992). En el norte de África y Próximo Oriente, esta especie está presente en lugares donde la media de las mínimas del mes más frío (enero) es de 0 °C. En España también aparece en zonas donde se registran valores promedio de las mínimas en los meses de invierno similares, como ocurre en los semidesiertos continentales interiores de la Península (valle del Ebro) y en el mediterráneo semiárido interior del sur y sudeste de la submeseta sur (González Aldama y Allué Andrade, 1972).

La orzaga establece relaciones con otros organismos, aspecto de especial importancia en los ambientes limitantes en los que prospera. Así, muestra efectos positivos en la densidad de esporas y la colonización de micorrizas arbusculares (He *et al.*, 2002), condiciona la distribución de la comunidad microbiana del suelo (Barness *et al.*, 2009), sus hojas proporcionan un ambiente propicio para el desarrollo de ciertas bacterias, promoviendo posiblemente su tolerancia a la sequía (Simon *et al.*, 1994), y forma parte importante de la dieta de la fauna silvestre (Kam *et al.*, 1997).

Otras especies del género han mostrado diferencias significativas entre procedencias para rasgos de importancia adaptativa (tolerancia al frío y a la sequía, germinación, etc.) o económica (palatabilidad, biomasa, etc.) (Van Epps, 1975; Welch y Monsen, 1981; McArthur *et al.*, 1983). Esta variación intraespecífica también existe en *A. halimus*, máxime teniendo en cuenta su amplio rango de distribución, con el consecuente aislamiento genético de sus poblaciones y las diferentes presiones de selección a las que han podido ser sometidas. Así, Abbad *et al.* (2003 a y b, 2004) observan diferencias en la fenología, la producción de flores y frutos y el desarrollo vegetativo de genotipos procedentes de distintas poblaciones con ambientes contrastados.

Asimismo, se ha constatado la existencia de variación intrapoblacional en la adaptación a altos niveles de concentración de sales y a la sequía (Ben Hassine *et al.*, 2008). Walker *et al.* (2008) han encontrado diferencias significativas en la tolerancia al frío, mostrándose mejor adaptadas las poblaciones españolas que las poblaciones del norte de África y Medio Oriente.

2. Materiales forestales de reproducción

2.1. Marco normativo. Identificación de los materiales de reproducción

Hasta la fecha, la recolección, la comercialización y el uso de sus materiales de reproducción sólo están regulados en la Comunidad Valenciana por el Decreto 15/2006. Esta normativa autonómica permite, previa autorización, la recolección de materiales de esta especie en poblaciones naturales y fomenta el uso de los materiales de procedencia local con el fin de promover la conservación de los recursos genéticos de las poblaciones valencianas.

Tal como se señala en el apartado de ecología, la existencia de diferencias entre poblaciones y procedencias en rasgos de importancia adaptativa sugiere que es conveniente el uso de las procedencias locales para asegurar la adaptación de los materiales de reproducción. La asignación de la procedencia de los materiales puede apoyarse en las regiones de identificación de materiales forestales de reproducción (García del Barrio *et al.*, 2001).

A. halimus es una especie de amplia distribución y, en consecuencia, no está sometida a ningún régimen de protección especial. Sus materiales de reproducción no están afectados por la normativa fitosanitaria.



Figura 3. Distribución de *Atriplex halimus* 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 producción de frutos en la orzaga suele ser muy abundante y, por ello, en general, no hay limitaciones para su recolección. Ésta se efectúa mediante ordeño o agitando las ramas, entre los meses de octubre y marzo. Las especies de *Atriplex* suelen producir gran cantidad de semillas vanas, por lo que se recomienda hacer una prueba de corte antes de iniciar la cosecha para estimar su calidad. No es conveniente recolectar cuando los rendimientos son bajos, ya que resulta difícil separar las semillas llenas de las vanas, debido a su pequeño tamaño. En la Tabla 1 se ofrecen algunos valores de parámetros de referencia de lotes de semillas de esta especie.

No es necesario extraer las semillas de los frutos, pero se aconseja eliminar las brácteas que rodean al aquenio practicando un ligero escarificado, por frotado manual o empleando una máquina escarificadora; de esta manera, se reduce el tamaño del lote y resulta más fácil eliminar otras impurezas mediante cribado y aventado. Osman y Ghassali (1997) sugieren que la eliminación de las brácteas mejora los resultados en la germinación debido a la presencia de sustancias inhibitorias en las mismas. Sin embargo, otros autores consideran que estas sustancias pueden ser eliminadas por el agua de riego (González Aldama y Allué Andrade, 1972). Por ello, Ayoub y Malcolm (1993) y Bouzid y Papanastasis (1996) recomiendan lavar los frutos en agua corriente durante 2 a 4 horas y 24 horas, respectivamente, antes de su siembra, para eliminar sales y otras sustancias. De hecho, las semillas tienen dificultad para germinar en un medio con concentraciones de sal, que, sin embargo, sí son capaces de tolerar como plantas (Gallagher, 1985), probablemente debido al componente osmótico (Bajji *et al.*, 2002). En cualquier caso, conviene mantener las semillas sumergidas en agua unas 48 horas antes de su siembra, para favorecer una nascencia más homogénea (Domínguez-Lerena *et al.*, 2001).

Las semillas de la orzaga son ortodoxas y conservan su viabilidad durante mucho tiempo si, previamente, se reduce su contenido de humedad a un 5-7% y se envasan en recipientes herméticos. Se pueden mantener a temperatura ambiente durante varios meses sin pérdidas sensibles de viabilidad (Osman y Ghassali, 1997), pero se recomienda su conservación en fresco, preferiblemente a 4 °C. La germinación de las semillas de orzaga es epigea. Las plántulas presentan dos cotiledones oblongo-lanceolados y hojas juveniles semejantes a las adultas (Ruiz de la Torre, 1996).

Tabla 1. Datos característicos de lotes de semillas de *Atriplex halimus*.

Pureza (%)	Facultad germinativa (%)	Nº semillas kg ⁻¹	Referencia
	83	1.111.000 ⁽¹⁾	González Aldama y Allué Andrade (1972)
	50	2.000.000	Ruiz de la Torre (1996)
	50-90	650.000-2.000.000	Piotto y Di Noi (2001)
92-100 ⁽¹⁾	94-100	1.558.000-3.429.000 ⁽¹⁾	Banc de Llavors Forestals (Anexo II)
85-90 ⁽¹⁾	45-55	900.000 ⁽¹⁾	CNRGF <i>El Serranillo</i> (Anexo III)

⁽¹⁾ Datos referidos a semillas con brácteas; el resto de autores no especifica

2.2.2. Vegetativa

La producción de plantas de *A. halimus* se efectúa normalmente mediante semillas, pero se puede propagar utilizando estaquillas y esquejes. Para este caso, Ellern (1972) sugiere que los materiales más adecuados son las estaquillas terminales de 8 a 10 cm de longitud y de 1 a 5 mm de diámetro, recolectadas en primavera en el momento de crecimiento vigoroso o a mediados del otoño. Accardo-Palumbo *et al.* (2004) han obtenido buenos resultados con materiales recolectados de la parte basal de los ramillos. Su enraizamiento debe llevarse a cabo en ambiente controlado, con alto contenido de humedad. Souayah *et al.* (2004) y Ouarda (2005) han efectuado ensayos con el fin de poner a punto un método de micropropagación adecuado para esta especie.

3. Producción de plantas

Por las condiciones difíciles del medio en el que suele implantarse la especie, no se recomienda el método de cultivo a raíz desnuda, siendo el uso del contenedor el único sistema empleado. El crecimiento en altura de esta especie es muy rápido, pudiendo alcanzar los 50 cm en menos de un año (García Camarero *et al.*, 1991; Domínguez-Lerena *et al.*, 2001), aunque puede sufrir una leve parada como consecuencia del calor estival, incluso en condiciones de hidratación suficientes (González Aldama y Allué Andrade, 1972). La rapidez de su crecimiento en altura hace que las plantitas alcancen elevados valores de esbeltez, pudiendo vencerse por la base del tallo (Domínguez-Lerena *et al.*, 2001). Por ello, se recomienda su cultivo en densidades no muy altas o, al menos, procurar sembrar en época tardía para reducir la duración del cultivo y, por lo tanto, su ahilamiento.

La producción de plantas de *A. halimus* se efectúa normalmente sembrando directamente los frutos, aunque también puede emplearse las semillas. Suele sembrarse 2 ó 3 semillas por envase, que se cubren con una ligera capa de sustrato de unos pocos mm. En condiciones de temperatura controlada la emergencia tiene lugar a los dos o tres días. Se sugiere sembrar a finales de primavera o principios de verano, produciéndose plantas de no más de 4 ó 6 meses de crecimiento (Le Houérou, 2000). Este lapso permite la óptima colonización radical del cepellón (especialmente si se emplean contenedores grandes) y una talla suficientemente elevada como para garantizar su capacidad competitiva frente a la vegetación y a la herbivoría pero, al tiempo, evita el ahilamiento excesivo. Además, las temperaturas suaves de la época recomendada de siembra (mayo-junio) permiten una germinación rápida y simultánea (González Aldama y Allué Andrade, 1972), sin necesidad de proteger el cultivo en invernadero, pues los brinzales son sensibles a las bajas temperaturas.

Su crecimiento en biomasa no es tan rápido como en altura, pero es superior al de otras especies arbóreas y arbustivas de zonas semiáridas (Padilla *et al.*, 2009) y mediterráneas (Domínguez-Lerena *et al.*, 2001) cultivadas en vivero. La biomasa se concentra más en la parte aérea, dando lugar a relaciones parte aérea-parte radical superiores a 1,5 (García Camarero *et al.*, 1991; Domínguez-Lerena *et al.*, 2001). La raíz coloniza muy bien el cepellón, por lo que se deben emplear contenedores de más de 200 cm³ para evitar que se produzcan deformaciones derivadas de un excesivo confinamiento, así como para

mejorar el éxito del establecimiento en condiciones exigentes (Fig. 4). Como sucede en zonas difíciles es preferible, en general, utilizar contenedores relativamente grandes. Por ejemplo, Bean *et al.* (2004) obtuvieron mejores resultados empleando plantas grandes, en contenedores de 3,8 l, aunque la rentabilidad de este método es dudosa.

El cultivo puede realizarse en los sustratos comúnmente empleados en la producción en contenedor, como los que incluyen turba rubia, turba de humus, corteza de pino compostada o fibra de coco como componentes orgánicos mayoritarios en la mezcla. A éste puede añadirse algún componente inorgánico tipo perlita, vermiculita o arena de río que corrija algunas de las posibles deficiencias de los componentes orgánicos: mejora de la estabilidad estructural, mayor porosidad y capacidad de retención de agua. En general, dada la corta duración del cultivo recomendado para *A. halimus*, no se prevén problemas de compactación del sustrato. El empleo de suelos naturales se manifiesta una y otra vez como una práctica inadecuada para la calidad de las plantas en contenedor y, también, se corrobora en esta especie (García-Camarero *et al.*, 1991). Dada la preferencia de la orzaga por pH alcalinos, conviene tener la precaución, al emplear turba rubia con valores de pH del orden de 4-5, de aplicar algún corrector de acidez del tipo dolomita cálcica, especialmente si el agua de riego del vivero es blanda. En cualquier caso, la necesidad de corregir el pH es específica para cada circunstancia productiva; pero se estima conveniente hacer hincapié en la posible aparición de desequilibrios nutricionales durante el cultivo, derivados de un pH de partida muy bajo. Cada viverista debe observar si este problema es un verdadero inconveniente para la producción de orzaga en sus instalaciones y tomar las medidas oportunas.

No existen indicaciones específicas sobre formulaciones y dosis de fertilizantes, por lo que las recomendaciones deben ser muy parecidas a las que se realizan en un cultivo genérico. Puede añadirse que, como la orzaga es una especie cuyo crecimiento es continuo, sin ciclos intermitentes de reposo-crecimiento, es posible que la aplicación de fertilizantes en régimen de tipo exponencial creciente promueva la sobrecarga nutricional que se prevé fundamental para el enraizamiento en condiciones difíciles. En cualquier caso, y dada su elevada velocidad de crecimiento en fase de vivero, parece que la eficiencia en la absorción de nutrientes es superior a la de muchas especies forestales arbóreas y arbustivas, así como también sus requerimientos nutricionales en términos cuantitativos (Domínguez-Lerena *et al.*, 2001). Debido a la tendencia de la orzaga a concentrar mayores cantidades de N y, sobre todo, de K, debe prestarse atención para incorporar cantidades suficientes de estos elementos al preparar la formulación.



Figura 4. Plantas de *Atriplex halimus* de una savia cultivadas en envase de 225 cm³ en las que se puede observar el potente sistema radical que desarrolla la especie ya en el primer año (Foto: J. Oliet).

Por otra parte, la información del único trabajo que aporta datos sobre el potencial de crecimiento radical de la orzaga en un experimento, comparándola con otras especies comúnmente empleadas en forestaciones, indica que éste es muy superior en la orzaga (con valores de casi 250 nuevas raíces mayores de 1 cm en una prueba de 28 días) respecto al del resto (Domínguez-Lerena *et al.*, 2001). Por lo tanto, se trata de una especie que presenta una alta capacidad productora de nuevas raíces y, en consecuencia, con un buen potencial de establecimiento en campo.

4. Uso en repoblaciones y restauraciones

La orzaga es una especie propuesta en numerosas ocasiones para restauraciones ecológicas en ambientes áridos y semiáridos (Cortina *et al.*, 2004). Por su sistema radical potente y cundidor (aunque sin raíz pivotante patente), así como por poseer una parte aérea densa y de talla grande dentro de su género (1,5-2,5 m), tiene un alto valor protector frente a la erosión hídrica y eólica (Ruiz de la Torre, 1996; Le Houérou, 2000; Papini *et al.*, 2002; Marqués *et al.*, 2005; De Baets *et al.*, 2008). Ha mostrado ser un arbusto muy eficaz en plantaciones auxiliares para proteger obras hidrológicas en zonas semiáridas de Albacete (Orozco *et al.*, 1995). Asimismo, la caída de hojas y ramillas enriquece el suelo y acelera su maduración (Le Houérou, 1992). Algunos estudios realizados sobre suelos arcillosos muestran que *A. halimus* contribuye a mejorar su estructura (Chisci *et al.*, 2001) y, por lo tanto, su capacidad de infiltración. Además del efecto de protección física, su valor restaurador puede incrementarse porque esta especie es capaz de crear microhábitats que permiten el establecimiento de otras plantas, actuando como facilitadora. La presencia de *A. halimus* en ambientes muy degradados está asociada a un incremento de la actividad de la fauna (Le Houérou, 1992), ya que proporciona refugio, sombra y alimento. Una vez instalada, su maduración sexual temprana y la producción de frutos abundantes suelen asegurar su regeneración natural (Le Houérou, 1986; Zulueta *et al.*, 1993).

En combinación con estas funciones ecológicas en ambientes extremos, otro uso destacable de las especies de *Atriplex* es su empleo como plantas forrajeras; con frecuencia se proponen para la puesta en valor de terrenos agrícolas marginales, frenando su degradación. Si bien el valor energético para el ganado de estos arbustos forrajeros es bajo en comparación con el de las especies herbáceas (Le Houérou, 1992), pueden constituir una reserva de alimento más estable que estas especies de ciclo anual, que atraviesan momentos estacionales e interanuales de producción nula. Así, *A. halimus*, además de ser muy tolerante a las presiones de pastoreo elevadas (Valderrábano *et al.*, 1996), tiene un alto valor nutricional, incluso en épocas secas (Ayoub y Malcolm, 1993; Papanastasis *et al.*, 2008). Por lo tanto, su valor forrajero es doble, pudiendo constituir una reserva estratégica en la gestión pastoral. Además, esta reserva puede llegar a serlo de carácter interanual, en períodos de sequías intensas de duración larga, para lo cual debe ir acotándose al pastoreo parte de la plantación (Correal, 1982). Asimismo, los arbustos de talla media-grande, como *A. halimus*, suministran sombra y refugio para el ganado en verano, así como al pasto, logrando prolongar algo más el tiempo de su período verde (Correal, 1982).

Por ello, la orzaga, al igual que muchos congéneres, es una especie muy interesante en explotaciones ganaderas para el complemento de raciones alimenticias en la estación seca,

al tiempo que se aprovechan terrenos que de otra manera carecerían de utilidad, como por ejemplo terrenos agrícolas que han sido salinizados por una gestión inadecuada (Le Houérou, 2000). Estas plantaciones se establecen en forma de monocultivo, eliminando previamente la vegetación competidora o en combinación con explotaciones cerealistas, en las que los arbustos se intercalan en líneas separadas entre 10 y 20 m. Con ello se pretende producir forraje para el ganado cuando éste ha terminado de aprovechar los residuos de cosecha (verano y comienzos de otoño), mientras que el resto del año el matorral no es aprovechado, pues la siembra está acotada al pastoreo. Esto permite el descanso necesario al arbusto para emitir nuevas hojas. En plantaciones con vocación netamente ganadera, el empleo de materiales seleccionados por atributos como palatabilidad y resistencia al ramoneo es un aspecto muy importante para garantizar la rentabilidad de la explotación, habida cuenta de la elevada heterogeneidad de las poblaciones naturales (Le Houérou, 1986).

En cuanto a producción, las especies del género *Atriplex* poseen, en general, una elevada eficiencia en el uso del agua, mayor que la de otros cultivos. En particular, *A. halimus* produce, bajo condiciones naturales de precipitación, entre 10 y 20 kg ha⁻¹ año⁻¹ y mm de lluvia de materia aérea seca, de los cuales aproximadamente la mitad es aprovechable por el ganado (Correal, 1982; Le Houérou, 1992). Esto implica una producción forrajera de 1.000 a 4.000 kg ha⁻¹ año⁻¹ de materia aérea seca, pudiendo llegar hasta los 5.000 kg ha⁻¹ en plantaciones de alta densidad (Correal, 1982; Le Houérou, 1992) y hasta 12.000 kg ha⁻¹ cuando se emplea riego (González Aldama y Allué Andrade, 1972; Le Houérou, 1992). En cualquier caso, el aprovechamiento a diente por el ganado debe limitarse a épocas concretas, coincidentes con carencias de otras fuentes alimenticias, fundamentalmente a finales de verano y principios de otoño, manteniéndose así la capacidad de rebrote primaveral. Debe tenerse en cuenta que el pastoreo abusivo de *Atriplex* reduce notablemente su producción e, incluso, puede amenazar la persistencia de la plantación, mientras que una presión ganadera moderada mantiene al arbusto en una adecuada proporción leño/forraje palatable (Le Houérou, 1986).

De las aproximadamente 400 especies que componen el género *Atriplex*, sólo unas 50 son empleadas por el hombre, fundamentalmente como forrajeras. A su vez, de éstas sólo unas 13 especies son de uso frecuente por sus cualidades de rusticidad, resistencia al pastoreo, etc. Se calcula que pueden existir unas 250.000 ha plantadas con algunas de estas especies en el Norte de África y en Asia occidental.

Atriplex halimus es una de las especies más empleadas en la cuenca mediterránea (Le Houérou, 2000), en especial en el norte de África (sobre todo en Túnez) desde finales del siglo XIX, intensificándose su empleo en esa zona a partir de la década de los setenta del pasado siglo (Le Houérou, 2000). En la actualidad sus plantaciones se extienden por Siria, Jordania, Egipto y Arabia Saudí. En España la orzaga se ha plantado como arbusto forrajero a partir de la década de 1980, principalmente en las provincias de Murcia, Almería y Granada, aunque también existen experiencias en las zonas áridas de la meseta sur (Zulueta *et al.*, 1993).

Su frugalidad, su resistencia a condiciones adversas y las características del desarrollo de su sistema radical han hecho que también se emplee en rehabilitaciones de obras

civiles y en protección de taludes. Pero es, además, un arbusto ornamental por el aspecto harinoso-plateado de sus hojas y por su porte, que favorecen su empleo en jardinería y en la revegetación de medianas y taludes de carreteras (Fig. 5). En España se ha utilizado con este último fin en las autopistas del Mediterráneo desde los años setenta del pasado siglo (Correal, 1982) y su uso se ha extendido en las nuevas autovías abiertas durante las décadas de los noventa y dos mil, no sólo en zonas costeras, sino también en zonas semiáridas más continentales.

También destaca su posibilidad de uso como fitorremediante, debido a su capacidad de absorber y acumular metales pesados en suelos contaminados. Así, los ensayos realizados hasta el momento revelan una elevada tolerancia a concentraciones altas en condiciones de hidroponía de, por ejemplo, cadmio y zinc, acumulando respectivamente hasta 830 y 440 mg de estos metales por kg de materia seca, principalmente en los tallos (Lutts *et al.*, 2004). Estudios algo más recientes (Nedjimi y Daoud, 2006; Manousaki y Kalogerakis, 2009) confirman el carácter hiperacumulador de cadmio de la especie.

Al igual que metales pesados, *A. halimus* puede acumular grandes cantidades de sal en sus órganos aéreos, lo que permite su empleo en la desalinización de terrenos afectados por malas prácticas agrícolas. Ello requiere el manejo de las plantaciones mediante siegas periódicas y aprovechamiento ganadero, para retirar la sal acumulada en las hojas y otros órganos. Esta práctica debe extenderse cuando se instala el arbusto sobre una capa freática salina a la que tiene acceso, ya que existe un riesgo potencial de salinización de los horizontes superficiales del suelo debido al desfronde rico en sales. En este caso, se debe efectuar un seguimiento de la evolución de los suelos, aunque los estudios en las plantaciones evaluadas no han revelado, hasta el momento, procesos de salinización del perfil (Le Houérou, 1992).

Ayoub y Malcolm (1993) proponen el empleo de especies halófitas, como las del género *Atriplex*, para la captura de carbono, dado que estas especies suelen habitar en zonas áridas, con tasas de descomposición de la materia orgánica muy bajas, que pueden compensar la escasa productividad del terreno.

Para obtener rendimientos productivos o garantizar una rápida cobertura del suelo en restauraciones, la orzaga debe plantarse en zonas con precipitación mínima de 250 mm (Quinton *et al.*, 2002). Se puede utilizar, por lo tanto, en casi todas las zonas del semiárido español, incluyendo también las zonas continentales interiores (Zulueta *et al.*, 1993). Cuando la precipitación baja de 250 mm debe haber aporte de agua, bien mediante riego o bien mediante la recogida de la escorrentía generada en la ladera o, también, en zonas con garantía de nivel freático al alcance de las raíces (Le Houérou, 1992). Por debajo de 250 mm y sin aporte extra, *A. halimus* puede sobrevivir y prosperar, aunque no con buenos rendimientos. Por ejemplo, en plantaciones en zonas áridas de Siria con una precipitación de 127 mm, la especie mostró valores de supervivencia del 80%, pero los crecimientos fueron muy lentos (Ali y Yazar, 2007). Esto nos da una idea de la resistencia de la orzaga a la aridez durante la fase crítica del establecimiento. Algunos autores, como Le Houérou (2000), citan el umbral de supervivencia precisamente en los 125 mm anuales, siempre y cuando los escasos eventos de lluvia se infiltren en el área plantada y no se produzcan escorrentías. Ha de tenerse en cuenta que los límites pluviométricos de una especie son

siempre altamente dependientes de la topografía: los terrenos llanos y las depresiones tienen, por lo general, mayor capacidad de retención y acumulación de la lluvia y de la escorrentía; en las zonas áridas o semiáridas, la escasa lluvia suele concentrarse en eventos frecuentemente violentos, generadores de escorrentía cuya acumulación permite dar vida a las zonas de recepción, donde habitan muchas especies cuyos requerimientos pluviométricos pueden ser muy superiores en otras condiciones.



Figura 5. Ejemplares de *Atriplex halimus* para la protección de taludes en Alcázar de San Juan, Ciudad Real (Foto: J. Oliet).

5. Planificación de la repoblación

La instalación de la orzaga en el terreno puede hacerse por siembra, hidrosiembra o plantación. A pesar de los costes mayores, se obtienen mejores resultados en su establecimiento mediante plantación que con siembra, siendo aquél el método más empleado (Ali y Yazar, 2007).

Si la repoblación se realiza por plantación, ésta debe efectuarse en otoño, no debiendo retrasar mucho los trabajos al final del invierno, ya que la precipitación primaveral es muy escasa o nula en zonas semiáridas mediterráneas. Debe emplearse plantas de una savia, tal y como se indicó en el apartado de producción en vivero.

En zonas continentales de Toledo se ha obtenido supervivencias próximas al 90% en un año de plantación con 295 mm de precipitación y un verano excepcionalmente seco, en terrenos en los que no se había eliminado previamente la vegetación espontánea (Zulueta *et al.*, 1993). Dadas la aridez y la baja productividad de los terrenos donde se asienta

la especie, las labores de introducción mediante plantación suponen una inversión muy elevada para el propietario si no se obtienen retornos compensatorios derivados de la producción ganadera (Abu-Zanat *et al.*, 2004). Sin embargo, los estudios muestran que las probabilidades de éxito de las siembras, especialmente en zonas con precipitaciones bajas, son mínimas (Bean *et al.*, 2004; Alí y Yazar, 2007). Esto lleva a un debate de difícil solución, que no es sólo propio de esta especie, pero que plantea retos técnicos de interés, como la utilización de semillas pregerminadas llevadas al terreno tras un evento de lluvias (Le Houérou, 2000) o el empleo de riegos de apoyo, allá donde exista tal posibilidad (Abu-Zanat *et al.*, 2004).

Debido al ámbito adverso en el que suele asentarse la especie, la preparación del terreno es una tarea clave. El mullido del máximo volumen de suelo posible es fundamental para permitir el progreso de las raíces hacia donde obtener agua y nutrientes, especialmente en profundidad. Asimismo, si la plantación se produce en áreas con precipitaciones menores de 200 mm y en pendiente, se requiere una preparación lineal siguiendo curvas de nivel y, si es posible, con microcuencas; el agua suministrada por la zona de impluvio en eventos de precipitación abundante incrementa la humedad del perfil alrededor de la planta y esto es, precisamente, lo que permite la supervivencia en condiciones de aridez elevada (Abu-Zanat *et al.*, 2004; Ali y Yazar, 2007).

Cuando la plantación se realiza en terrenos salinos con drenaje defectuoso, se recomienda practicar un doble caballón con sección en forma de “M”, colocando la planta en el centro del caballón, entre ambas crestas. Esta preparación proporciona a la planta la posibilidad de liberar sus raíces del contacto con el nivel freático salino, al tiempo que el agua de lluvia que se acumula y percola por el centro del doble caballón realiza un lavado de sales y reduce su concentración alrededor de la planta (Ritson y Pettit 1992).

La siembra directa sobre el terreno puede efectuarse a voleo con rastrillado o, preferiblemente, en surquillos, en especial en las laderas con apreciable pendiente. Las semillas necesitan un tratamiento previo para eliminar las sustancias inhibitoras de la germinación (ver apartado de manejo de semillas) y un recubrimiento de aproximadamente vez y media su tamaño (no deben recubrirse mucho, al tratarse de semillas pequeñas). La mejor época para la siembra es el otoño en cuanto el suelo adquiere tempero, ya que las bajas temperaturas invernales inhiben la germinación de las especies del género (Watson *et al.*, 1995).

Las densidades de plantación deben calcularse en función de la vocación del monte y de la calidad de la estación. En zonas con precipitaciones inferiores a 200 mm, el espaciamiento no debe ser menor a 5 x 5 m (400 plantas ha⁻¹), pudiendo reducirse hasta 1,5 x 1,5 m (4.444 plantas ha⁻¹) en zonas de mayor precipitación (Ayoub y Malcolm, 1993; Ruiz de la Torre, 1996). Le Houérou (1992), en un contexto de uso ganadero, recomienda densidades de 1.000 a 3.000 pies ha⁻¹ para esta especie (de tamaño medio-grande en comparación con otras de su género), distribuidas en filas separadas 4-6 m y con una distancia entre plantas dentro de una fila de 1-3 m; la disposición en filas separadas permite el tránsito del ganado por la plantación. En este caso, es más importante asegurar la accesibilidad del ganado al arbusto que mantener densidades óptimas en términos de productividad. Por otra parte, no existe una densidad óptima de plantación para la orzaga con fines de restauración, sino

que depende de la vocación del terreno y de la presencia o no de vegetación preexistente que quiera respetarse. Si se desea alcanzar una densidad para la que se produzca tangencia de copas, se recomiendan valores de unas 1.000 a 2.500 plantas ha⁻¹ (Le Houérou, 2000).

En el caso de siembras directas, Ruiz de la Torre (1996) sugiere emplear dosis en torno a 15 g m⁻², dependiendo de la dificultad que imponga el medio y, en caso de hidrosiembras, de 8 g m⁻². Otros autores, como Bouzid y Papanastasis (1996), aconsejan una densidad de siembra del orden de 1 g m⁻², ya que incrementos en la misma no suponen una mejora en la cantidad de biomasa aérea al año de instalación. González Aldama y Allué Andrade (1972) emplearon densidades de siembra de 6 g m⁻², mientras que Le Houérou (1986) propone valores mucho menores (0,5 g m⁻²). Puede decirse, por lo tanto, que no hay un consenso claro en la literatura cuando se trata de elegir las dosis de siembra; la densidad debe ajustarse a las condiciones del lugar de repoblación, tendiendo a aumentarla si se prevén periodos secos y no puede aportarse riego de apoyo.

El empleo del riego en las plantaciones de arbustos forrajeros tiene una rentabilidad económica muy dudosa. Tan sólo es viable en condiciones de empleo de recursos hídricos de baja calidad o en terrenos salinos o salinizados para los que no existe un uso alternativo. Si se emplea riego de establecimiento con agua de muy baja calidad por su alta salinidad (incluso agua marina), se debe aplicar por goteo, con los goteros enterrados y manteniendo húmedo el suelo mediante riego casi ininterrumpido, con objeto de no incrementar la concentración de sales de la solución del suelo por encima de la del agua de riego. Según Ayoub y Malcolm (1993), en estas condiciones se han obtenido cosechas muy elevadas de *Atriplex* spp.

La fertilización de las plantaciones de orzaga no suele dar resultado, dado que el factor limitante suele ser el agua. El estudio de Abu-Zanat *et al.* (2004) no muestra ningún efecto de la fertilización con fosfato diamónico (hasta 30 g por planta) en condiciones naturales de aridez (127 mm de lluvia durante el año de ensayo), mientras que la supervivencia y la producción aumentaron cuando, junto con la fertilización, se aportaba también riego estival. En este mismo trabajo se demostró que la adición de lodos de depuradora o de zeolita (hasta 1,5 kg por planta) no mejoraba la supervivencia de *A. halimus*.

El empleo de tubos protectores no parece recomendable en esta especie de temperamento tan robusto ya que el sombreado que ejercen sobre las plantas puede perjudicar su enraizamiento. En caso de que la plantación necesite protección por la presencia de herbívoros o roedores, será más aconsejable el empleo de mallas individuales poco tupidas (de luz amplia) o el cerramiento de la plantación, en función de la relación coste-efectividad.

La competencia de la vegetación leñosa no suele ser un problema importante, dada la rapidez con que la orzaga coloniza el espacio. La vegetación herbácea puede competir con ella especialmente en plantaciones realizadas sobre terrenos agrícolas, que acumulan gran cantidad de semillas de especies que progresan enormemente tras la remoción del terreno. En ese caso se recomienda el empleo de herbicidas de preemergencia, como oxifluorfen, muy efectivo en dosis bajas en este tipo de terrenos (Ortega *et al.*, 1999).

6. Bibliografía

- ABBAD A., CHERKAOUI M., BENCHAAABANE A., 2003 a. Morphology and allozyme variability of three natural populations of *Atriplex halimus* L. Ecol. Medit. 29, 189-198.
- ABBAD A., EL HADRAMI A., BENCHAAABANE A., 2003 b. Phenotypic and phenological behaviour of clones of three natural populations of *Atriplex halimus* L. grown in a common garden. Ecol. Medit. 29, 179-188.
- ABBAD A., CHERKAOUI M., WAHID N., EL HADRAMI A., BENCHAAABANE A., 2004. Phenotypic and genetic variability of three natural populations of *Atriplex halimus*. Compt. Rend. Biol. 327, 371-380.
- ABU-ZANT M.W., RUYLRB G.B., ABDEL-HAMIDA N.F., 2004. Increasing range production from fodder shrubs in low rainfall areas. J. Arid Environ. 59, 205-216.
- ACCARDO-PALUMBO S., BERTOLINO M., CASTELLI M., CURATOLO G., 2004. *Atriplex halimus* L. rooting response to three different types of cutting (Sicily). Italus Hortus 11, 200-202.
- ALI A., YAZAR A., 2007. Effect of micro-catchment water harvesting on soil-water storage and shrub establishment in the arid environment. International J. Agric. Biol. 9, 302-306.
- AOUISSAT M., WALKER D.J., BELKHODJA M., FARES S., CORREAL E., 2009. Freezing tolerance in Algerian populations of *Atriplex halimus* and *Atriplex canescens*. Span. J. Agric. Res. 7, 672-679
- AYOUB A.T., MALCOM C.V., 1993. UNEP Environmental management guidelines for halophytes for livestock, rehabilitation of degraded land and sequestering atmospheric carbon. United Nations Environment Programme, Nairobi.
- BAJJI M., KINET J.M., LUTTS S., 2002. Osmotic and ionic effects of NaCl on germination, early seedling growth and ion content of *Atriplex halimus* (*Chenopodiaceae*). Can. J. Bot. 80, 297-304.
- BARNESS G., ZARAGOZA S., SHMUELI I., STEINBERGER Y., 2009. Vertical distribution of a soil microbial community as affected by plant acophysiological adaptation in a desert system. Microb. Ecol. 57, 36-49.
- BEAN T.M., SMITH S.E., KARPISCAK M.M., 2004. Intensive revegetation in Arizona's hot desert. Nativeplants 173-180.
- BEN AHMED H., ZID E., EL GAZZAH M., GRIGNON C., 1996. Croissance et accumulation ionique chez *Atriplex halimus* L. Cah. Agric. 5, 367-372.
- BEN HASSINE A., GANHEM M.E., BOUZID S., LUTTS S., 2008. An inland and a coastal population of the Mediterranean xero-halophyte species *Atriplex halimus* L. differ in their ability to accumulate proline and glycinebetaine in response to salinity and water stress. J. Expl. Bot. 59, 1315-1326.
- BOUZID S.M., PAPANASTASIS V.P., 1996. Effects of seeding rate and fertilizer on establishment and growth of *Atriplex halimus* and *Medicago arborea*. J. Arid Environ. 33, 109-115.
- CASTROVIEJO S., 1990. *Atriplex* L. En: Flora iberica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares. Vol II. *Platanaceae-Plumbaginaceae* (partim). (Castroviejo S., Laínz M., López González G., Montserrat P., Muñoz Garmendia F., Paiva J., Villar L., eds.). Real Jardín Botánico, Madrid. pp. 503-513.
- CHISCI G.C., BAZZOFFI P., PAGLIAI M., PAPINI R., PELLEGRINI S., VIGNOZZI N., 2001. Association of sulla and atriplex shrub for the physical improvement of clay soils and environmental protection in central Italy. Agric. Ecosyst. Environ. 84, 45-53.
- 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.
- CORREAL E., 1982. La introducción de especies pratenses y forrajeras en zonas áridas: los arbustos forrajeros. Actas del Seminario sobre zonas áridas. Almería. pp. 173-197.
- CORTINA J., BELLOT J., VILAGROSA A., CATURLA R.N., MAESTRE F., RUBIO E., ORTIZ DE URBINA J.M., BONET A., 2004. Restauración en semiárido. En: Avances en el estudio de la gestión del monte mediterráneo (Vallejo V.R. y Alloza J.A., eds.). Fundación Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo-CEAM, Valencia. pp. 313-344.

- DE BAETS S., REUBENS B., WEMANS K., DE BAERDEMAEKER J., MUYS B., 2008. Root tensile strength on root distribution of typical Mediterranean plant species and their contribution to soil shear strength. *Plant Soil* 305, 207-226.
- DOMÍNGUEZ-LERENA S., MURRIAS G., HERRERO N., PEÑUELAS J.L., 2001. Cultivo de once especies mediterráneas en vivero. Implicaciones prácticas. *Ecología* 15, 213-223.
- ELLERN S., 1972. Rooting cuttings of saltbush (*Atriplex halimus* L.). *J. Range Manage.* 25, 154-155.
- GALLAGHER J., 1985. Halophytic crops for cultivation at seawater salinity. *Plant Soil* 1, 323-336.
- GARCÍA CAMARERO J., SOTOMAYOR M., POMARES F., 1991. Efecto del tipo de envase y sustrato sobre la producción en vivero de plántulas de *Medicago arborea*, *Atriplex halimus* y *Atriplex nummularia*. *Actas de la XXXI Reunión Científica de la S.E.E.P. Murcia*. pp. 297-303.
- GARCÍA DEL BARRIO J.M., DE MIGUEL J., ALÍA R., IGLESIAS S., 2001. Regiones de identificación y utilización de material forestal de reproducción. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- GONZÁLEZ ALDAMA A., ALLUÉ ANDRADE J.L., 1972. Especies leñosas de interés pascícola. 2 Orzaga (*Atriplex halimus* L.). IFIE, Ministerio de Agricultura, Madrid.
- HE X.L., MOURATOV S., STEINBERGER Y., 2002. Spatial distribution and colonization of arbuscular mycorrhizal fungi under the canopies of desert halophytes. *Arid Land Res. Manage.* 16, 149-160.
- KAM M., KHOHKLOVA I.S., DEGEN A.A., 1997. Granivory and plant selection by desert gerbils of different body size. *Ecology* 78, 2218-2229.
- LE HOUÉROU H.N., 1986. Salt tolerant plants of economic value in the Mediterranean basin. *Reclam. Revegetat. Res.* 5, 319-341.
- LE HOUÉROU H.N., 1992. The role of saltbushes (*Atriplex* sp.) in arid land rehabilitation in the Mediterranean Basin: a review. *Agrofor. Syst.* 18, 107-148.
- LE HOUÉROU H.N., 2000. Utilization of fodder trees and shrubs in the arid and semiarid zones of West Asia and North Africa. *Arid Soil Res. Rehabil.* 14, 101-135.
- LÓPEZ GONZÁLEZ G.A., 2001. Los árboles y arbustos de la Península Ibérica e Islas Baleares. Tomo I. Ed. Mundi-Prensa, Madrid. pp. 387-389.
- LUTTS S., LEFÈVRE I., DELPEREE C., KIVITS S., DECHAMPS C., ROBLEDO A., CORREAL E., 2004. Heavy metal accumulation by the halophyte species Mediterranean saltbush. *J. Environ. Qual.* 33, 1271-1279.
- MANOUSAKI E., KALOGERAKIS N., 2009. Phytoextraction of Pb and Cd by the Mediterranean saltbush (*Atriplex halimus* L.): metal uptake in relation to salinity. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 16, 844-854.
- MARQUÉS M.J., JIMÉNEZ L., PÉREZ RODRÍGUEZ R., GARCÍA ORMAECHEA S., BIENES R., 2005. Reducing water erosion in a gypsum soil by combined use of organic amendment and shrub revegetation. *Land Degrad. Dev.* 16, 339-350.
- MARTÍNEZ J.P., KINET J.M., BAJJI M., LUTTS S., 2005. NaCl alleviates polyethylene glycol-induced water stress in the halophyte species *Atriplex halimus* L. *J. Exp. Bot.* 56, 2421-2431.
- MCARTHUR E.D., STEVENS R., BLAUER A.C., 1983. Growth performance comparisons among 18 accessions of fourwing saltbush (*Atriplex canescens*) at two sites in central Utah. *J. Range Manage.* 36, 78-81.
- MEYER S., 2008. *Atriplex* 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. 283-290.
- MOZAFAR A., GOODIN J.R., 1970. Vesiculated hairs - a mechanism for salt tolerance in *Atriplex halimus*. *Plant Physiol.* 45, 62-65.
- NEDJIMI B., DAOUD Y., 2006. Effect of Na₂SO₄ on the growth, water relations, proline, total soluble sugars and ion content of *Atriplex halimus* subsp. *schweinfurthii* through *in vitro* culture. *Anales Biol.* 28, 35-43.

- OROZCO E., DEL POZO E., SELVA M., 1995. Restauraciones forestales con matorrales en la sierra del Segura (Albacete). *Montes* 40, 17-40.
- ORTEGAM., PEÑUELAS J.L., MONTERO G., GARCÍA-BAUDIN J.M., 1999. Respuesta de *Pinus halepensis* Miller, *P. nigra* Arnold, *P. pinaster* Aiton y *P. pinea* L. a herbicidas: resultados preliminares. *Montes* 55, 83-87.
- ORTÍZ-DORDA J., MARTÍNEZ MORA C., CORREAL E., SIMÓN B., CENIS J.L., 2005. Genetic structure of *Atriplex halimus* populations in the Mediterranean Basin. *Ann. Bot.* 95, 827-834.
- OSMAN A.E., GHASSALI F., 1997. Effects of storage conditions and presence of fruiting bracts on the germination of *Atriplex halimus* and *Salsola vermiculata*. *Exp. Agric.* 33, 149-155.
- OUARDA H.E., 2005. Effect of mineral concentration of culture media without growth substances on the callogenesis of *Atriplex halimus* L. *Afr. J. Biotechnol.* 4, 960-962.
- PADILLA F.M., MIRANDA J.D., JORQUERA M.J., PUGNAIRE F.I., 2009. Variability in amount and frequency of water supply affects roots but not growth of arid shrubs. *Plant Ecol.* 204, 261-270.
- PAPANASTASIS V.P., YISKOULAKI M.D., DECANDIA M., DINI-PAPANASTASIS O., 2008. Integrating woody species into livestock feeding in the Mediterranean areas of Europe. *Anim. Feed Sci. Technol.* 140, 1-17.
- PAPINI R., BAZZOFFI P., PELLEGRINI S., 2002. Effect of land use systems on erosion and nutrient loss in the Mediterranean. En: *Sustainable Land Management - Environmental Protection* (Pagliai M., Jones R., eds.). *Adv. Geocol.* 35, 459-470.
- PIOTTO B., DI NOI A. (eds.), 2001. *Propagazione per seme di alberi e arbusti della flora mediterranea*. ANPA, Roma.
- QUINTON J.N., MORGAN R.P.C., ARCHER N.A., HALL G.M., GREEN A., 2002. Bioengineering principles and desertification mitigation. En: *Mediterranean desertification - A mosaic of processes and responses* (Geeson N.A., Brandt C.J., Thornes J.B., eds.). John Wiley & Sons Ltd, Chichester. pp. 93-106.
- RITSON P., PETTIT N., 1992. Double-ridge mounds improve tree establishment in saline seeps. *For. Ecol. Manage.* 48, 89-98.
- RUIZ DE LA TORRE J. (dir.), 1996. *Manual de la flora para la restauración de áreas críticas y diversificación en masas forestales*. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, Sevilla.
- SIMON R.D., ABELIOVICH A., BELKIN S., 1994. A novel terrestrial halophilic environment: The phylloplane of *Atriplex halimus*, a salt-excreting plant. *FEMS Microbiol. Ecol.* 14, 99-109.
- SMAOUI A., 1971. Differentiation des trichomes chez *Atriplex halimus* L. *Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences - Series D* 273, 1268-1271.
- SOUAYAH N., KHOUJA M.L., REJEB M.N., BOUZID S., 2004. Micropropagation d'un arbuste sylvo-pastoral, *Atriplex halimus* L. (Chénopodiacées). En: *Réhabilitation des pâturages et des parcours en milieux méditerranéens* (Ferchichi A., comp.). *Cah. Options Méditerranéennes* 62, 131-135.
- STREB P., TELOR E., FEIERABEND J., 1997. Light stress effects and antioxidative protection in two desert plants. *Funct. Ecol.* 11, 416-424.
- TALAMATI A., BAJJI M., LE THOMAS A., KINET J.N., DUTUIT P., 2003. Flower architecture and sex determination: how does *Atriplex halimus* play with floral morphogenesis and sex genes? *New Phytol.* 157, 105-113.
- TALAMATI A., GORENFLOT R., KINET J.M., DUTUIT P., 2006. Floral plasticity and flower evolution in *Atriplex halimus* L. *Acta Bot. Gallica* 153, 243-248.
- VALDERRÁBANO J., MUÑOZ F., DELGADO I., 1996. Browsing ability and utilization by sheep and goats of *Atriplex halimus* L. shrub. *Small Ruminant Res.* 19, 131-136.
- VAN EPPS G.A., 1975. Winter injury to fourwing saltbush. *J. Range Manage.* 28, 157-159.

WALKER D.J., MOÑINO I., GONZÁLEZ E., FRAYSSINET N., CORREAL E., 2005. Determination of ploidy and nuclear DNA content in populations of *Atriplex halimus* (*Chenopodiaceae*). Bot. J. Linn. Soc. 147, 441-448.

WALKER D.J., ROMERO P., DE HOYOS A., CORREAL E., 2008. Seasonal changes in cold tolerance, water relations and accumulation of cations and compatible solutes in *Atriplex halimus* L. Environ. Exp. Bot. 64, 217-224.

WATSON M.C., ROUNDY B.A., SMITH S.E., HEYDARI H., MUNDA B., 1995. Water requirements for establishing native *Atriplex* species during summer in South Arizona. Proceedings: wildland shrub and arid land restoration symposium. U.S.D.A. Forest Service. G.T.R.-INT-GTR-315, 119-125.

WELCH B.L., MONSEN S.B., 1981. Winter crude protein differences among accessions of fourwing saltbush grown in a uniform garden. West. N. Am. Naturalist 41, 343-346.

YOUNG J.A., YOUNG C.G., 1992. Seeds of woody plants in North America. Dioscorides Press, Portland.

ZULUETA J., GRAU J.M., MONTOTO J.L., 1993. Recuperación silvopascícola sobre un anterior cultivo cerealista excedentario, en Polan-Toledo. En: Actas del I Congreso Forestal Español. Tomo II (Silva-Pando F.J., ed.). Pontevedra. pp. 655-660. Disponible en: <http://congresoforestal.es>

Betula celtiberica Rothm. et Carvalho et Vasc.

Betula pendula Roth.

Betula pubescens Ehrh.

Abedul, bedul, biezo, bieso, aliso blanco, chopla blanca; *cat.*: abedoll, abedull, bedolla, vedota, bedut, beç; *eusk.*: urkia, burkia; *gall.*: bidueiro, bido, abeduzco, bedolo, bídalo, bidro, biduo, bidouro

María José FERNÁNDEZ LÓPEZ, Pedro ÁLVAREZ ÁLVAREZ, Marcos BARRIO ANTA, Asun CÁMARA OBREGÓN, Juan José VILLARINO URTIAGA

1. Descripción

La gran variabilidad morfológica detectada en los taxones peninsulares del género *Betula* ha provocado la aparición de una cierta controversia en cuanto al tratamiento que debe aplicárseles. En la revisión del género realizada en Flora iberica en la Península Ibérica (Moreno y Peinado, 1990) se reconocen dos especies, *Betula pendula*, con un número cromosómico $2n=28$ y *Betula alba* ($2n=56$), que englobaría a *Betula pubescens* Ehrh., *B. celtiberica* Rothm. et Carvalho et Vasc. o *B. pubescens* subsp. *celtiberica* (Rothm. et Vasc.). Esto contrasta con lo sostenido por otros autores como Ceballos y Ruiz de la Torre (2001), que distinguen dos especies de abedul peninsulares, *B. pendula* y *B. pubescens*, dentro de la cual se encontraría la subespecie *celtiberica*. Díaz y Vázquez (2004), por su parte, conceden a *Betula celtiberica* la categoría de especie diferente de *B. pubescens* y *B. pendula*. En este capítulo se seguirán los criterios de estos autores y de Rivas-Martínez *et al.* (2002), que citan la presencia en la Península Ibérica de tres especies: *B. pendula* (que incluye las subespecies *pendula* y *fontqueri*), *B. pubescens* y *B. celtiberica*, siendo ésta la mayoritaria y claramente definida en el territorio peninsular y, por tanto, a la que se dedica mayor atención. Actualmente *B. alba*, a pesar de ser admitido en Flora iberica, está en desuso al generar cierta confusión taxonómica.

1.1. Morfología

Betula celtibérica puede llegar a alcanzar los 20 m de altura, con un tronco esbelto y recto cuando crece en espesura y porte cónico-piramidal que se redondea a medida que el árbol madura. Las ramas y el tronco presentan una corteza lisa, anillada y blanco grisácea que, con la edad, se torna oscura y agrietada, desprendiéndose en tiras horizontales que dejan cicatrices negras. De acuerdo con Díaz y Vázquez (2004), *B. celtibérica* presenta ramitas jóvenes y retoños pubescentes y con glándulas resinosas con tonalidades amarillentas, a diferencia de *B. pubescens* que solamente presenta pelos careciendo de glándulas

resinosas amarillas. Este carácter es también uno de los utilizados por estos autores para establecer diferencias con *B. pendula*. Las ramitas jóvenes de *B. pubescens* sólo presentan pelos, careciendo de glándulas resinosas, mientras que por otro lado los ramillos de *B. pendula* presenta glándulas resinosas glabras. Las hojas del abedul en general son simples, pecioladas, con una lámina foliar entera con forma romboidal aovado-redondeada y borde irregular o doblemente dentado. Son verdes por ambas caras, con algún pelo en el envés o en el margen y tacto áspero. Las yemas son sentadas, con escamas imbricadas secas de color rojizo-marrón. El sistema radical varía de acuerdo con las condiciones edáficas. En sitios secos se desarrollarán raíces profundas, mientras que en suelos húmedos los sistemas radicales son más someros (Montero, 2003). El crecimiento del abedul es de tipo medio, relativamente rápido hasta los 30 años de edad, citándose rendimientos de entre 4 y 8 m³·ha⁻¹·año⁻¹ (Álvarez *et al.*, 2000).

1.2. Biología reproductiva

El abedul es una especie monoica, con flores femeninas y masculinas sobre el mismo árbol reunidas en amentos colgantes de morfología ovoideo-oblonga. Las flores masculinas tienen un periantio simple, muy reducido y escamoso y presentan dos estambres de filamentos bífidos. Las flores femeninas son desnudas y, al igual que las masculinas, están en número de tres en la axila de cada bráctea. Los amentos fructíferos son cilíndricos o ligeramente ovoideos y densos, formados por escamas trilobuladas, pardo-amarillentas, que se descomponen en la madurez. El fruto es un aquenio alado monospermo. El de *B. celtiberica* es una sámara bialada muy ligera (Fig. 1), con la forma de una nuececilla elíptica o redondeada, de dimensiones, longitud y anchura entre 1 y 1,5 mm. Las alas sobrepasan ligeramente al fruto en longitud (aproximadamente entre 1,8 y 2,2 mm), mientras que la anchura ronda 1 mm (Villarino, 1983). Las dos alas laterales rematan a la misma altura que el cuerpo del fruto, es decir, no tienen escotadura. Según Díaz y Vázquez (2004), este es otro de los caracteres clave en la distinción de las tres especies de abedul peninsulares (Fig. 2). De acuerdo con los autores, en el fruto de *B. pubescens* se observa una escotadura en la parte superior y los estilos no sobresalen tanto de las alas, que son tan anchas o más que el cuerpo central del fruto. Por su parte, los frutos de *B. pendula* son muy escotados en la parte superior, con alas iguales o mucho más anchas que el resto del cuerpo del fruto.

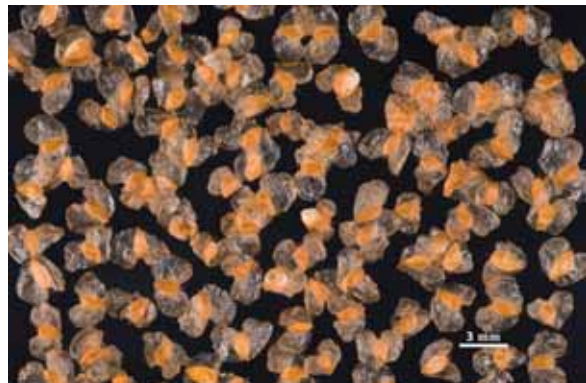
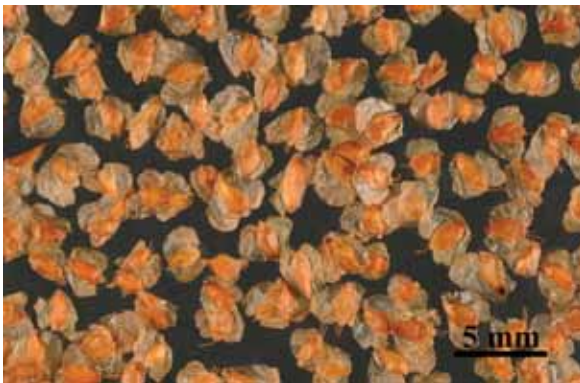
Florece entre abril y mayo y la maduración de los amentos fructíferos se produce a finales del verano o principios del otoño. La producción de polen es muy abundante, siendo transportado por el viento. La diseminación, anemócora, tiene lugar hasta entrado el otoño y el fruto, una sámara muy ligera, puede alcanzar grandes distancias. Sarvas (1948, en Reyes *et al.*, 1997) cifra el recorrido máximo en dos o tres veces la altura del árbol de procedencia, pero autores como Ford *et al.* (1983) o Perala y Alm (1990) citan distancias de cien metros o incluso superiores. La dispersión puede ser también hidrócora, favorecida por los tegumentos impermeables del fruto, que permiten que flote durante meses antes de germinar (Suszka *et al.*, 1994; en Cisneros *et al.*, 2008).

La fructificación comienza a partir de los 8-10 años (Villarino, 1983) si bien Vega-Alonso *et al.* (1993) afirman que las primeras cosechas pueden esperarse en un plazo de 5 años. Una vez que empieza a producir semilla, la tendencia es a una fructificación

anual estable, aunque en años de condiciones meteorológicas desfavorables, en la época de polinización, la producción puede perderse (Villarino *et al.*, 2004). En todo caso, la producción de semilla varía de año a año, generándose buenas producciones cada dos o tres años. La cantidad de semilla en años favorables es muy elevada, si bien la viabilidad de ésta tiende a ser baja, así como la supervivencia de los brinzales.



Figura 1. Amentos fructíferos de abedul (Foto: J. Pemán).



Figuras 2 a y b. Semillas de *Betula pubescens* (izquierda) y *B. pendula* (derecha).

Son muy diversos los factores que influyen en el número de semillas producidas, en la calidad de éstas o en el porcentaje de germinación. Entre ellos, pueden citarse los siguientes:

- Características de la población. Reyes *et al.* (1997) y Reyes y Casal (2003) observaron la existencia de una relación directa entre las dimensiones medias poblacionales (diámetro y altura media), la cantidad de semillas producida y su porcentaje de germinación. De este modo, aunque la fructificación puede comenzar a edades muy tempranas en el caso del abedul, es de esperar que ésta será más abundante y de mejor calidad a medida que los pies maduren.
- Altitud de las poblaciones. A medida que aumenta la altitud, factores como el número de semillas contenidas en cada amento, su calidad antes de la dispersión y, por tanto, la capacidad de germinación, disminuyen. Álvarez-Uría (2000) observó que en abedulares de *B. celtiberica* que habitaban en zonas de límite de bosque se presentaban valores más bajos de estas variables que en otros abedulares situados a menor altitud.

- Clima. La germinación en campo depende de la existencia de un periodo de frío en el invierno y del ascenso de la temperatura en primavera. En este sentido, Perala y Alm (1990) afirman que la calidad de la semilla es normalmente más alta en años en los que las primaveras son más cálidas.
- Período de dispersión. Reyes *et al.* (1997) observaron en poblaciones de *B. pendula* que, a medida que el período de fructificación y diseminación avanza, la cantidad de semillas y su viabilidad disminuyen.

La germinación de las semillas de abedul se verá favorecida en lugares soleados y desprovistos de vegetación que pueda ofrecerles competencia por luz y nutrientes, lo que la convierte en idónea para iniciar el proceso de recuperación de la cubierta arbórea en áreas donde ésta haya sufrido algún tipo de perturbación grave.

El abedul se reproduce por brotes de cepa pero no de raíz. Los brotes surgen a ras de tierra y se originan en yemas proventicias (Villarino, 1983). La capacidad de rebrote depende de factores como la estación de corta, el vigor del árbol en el momento de la corta, la edad del árbol, la altura del corte o el diámetro de la cepa. Johansson (2008) observó que se producía un rebrote más vigoroso en cepas de *B. pubescens* y *B. pendula* con diámetros de entre 3 y 5 cm. Observó, también, que el número de brotes por cepa era mayor en *B. pubescens*, si bien las dimensiones de los brotes eran superiores en el caso de *B. pendula*.

1.3. Distribución y ecología

Las especies del género *Betula* ocupan extensas regiones de la zona boreal y las partes más frescas de la zona templada del hemisferio norte. Se distribuye por toda Europa, centro y sur de Asia, norte del continente americano y norte de África, en Marruecos. En Europa, el género *Betula* se presenta fundamentalmente en los territorios septentrionales y medios, alcanzando el límite septentrional del bosque en los países escandinavos. A medida que se avanza hacia el sur su presencia disminuye, ocupando posiciones de montaña y situándose a altitudes mayores, de manera que es en las altas montañas sudoccidentales europeas y africanas (Atlas) donde alcanza su límite más meridional, siendo sus manifestaciones más esporádicas.

Las dos especies europeas con mayor presencia son *B. pubescens* y *B. pendula*. El abedul pubescente se extiende por el norte y el centro de Europa, alcanzando los 71° N en Escandinavia, donde llega a formar bosques por encima de las coníferas, constituyendo el límite forestal superior en el piso subalpino (Blanco *et al.*, 1998). En la Península Ibérica, se encuentra presente únicamente en los Pirineos. Por su parte, el área de *B. pendula* comprende casi toda Europa, aunque falta en Grecia y Portugal. Alcanza Inglaterra, Irlanda, Córcega y Sicilia, llegando hasta los 39° en el sur.

En la Península Ibérica, *B. pendula* subsp. *pendula* se encuentra únicamente en los Pirineos, pero *B. pendula* subsp. *fontqueri* llega hasta el centro y sudeste peninsular. Además, no es raro encontrar *B. pendula* a lo largo de carreteras, en parques e, incluso, en montes, introducido de manera artificial. El abedul celtibérico (*B. celtiberica*) es un taxón endémico de la Península Ibérica que aparece fundamentalmente en el centro y norte de España y norte de Portugal. Según Rivas *et al.* (2002), *B. celtiberica* se distribuye por

los territorios Cántabro-Atlánticos, Orocantábricos, Carpetano-Leoneses, Oroibéricos Sorianos y Nevadenses.

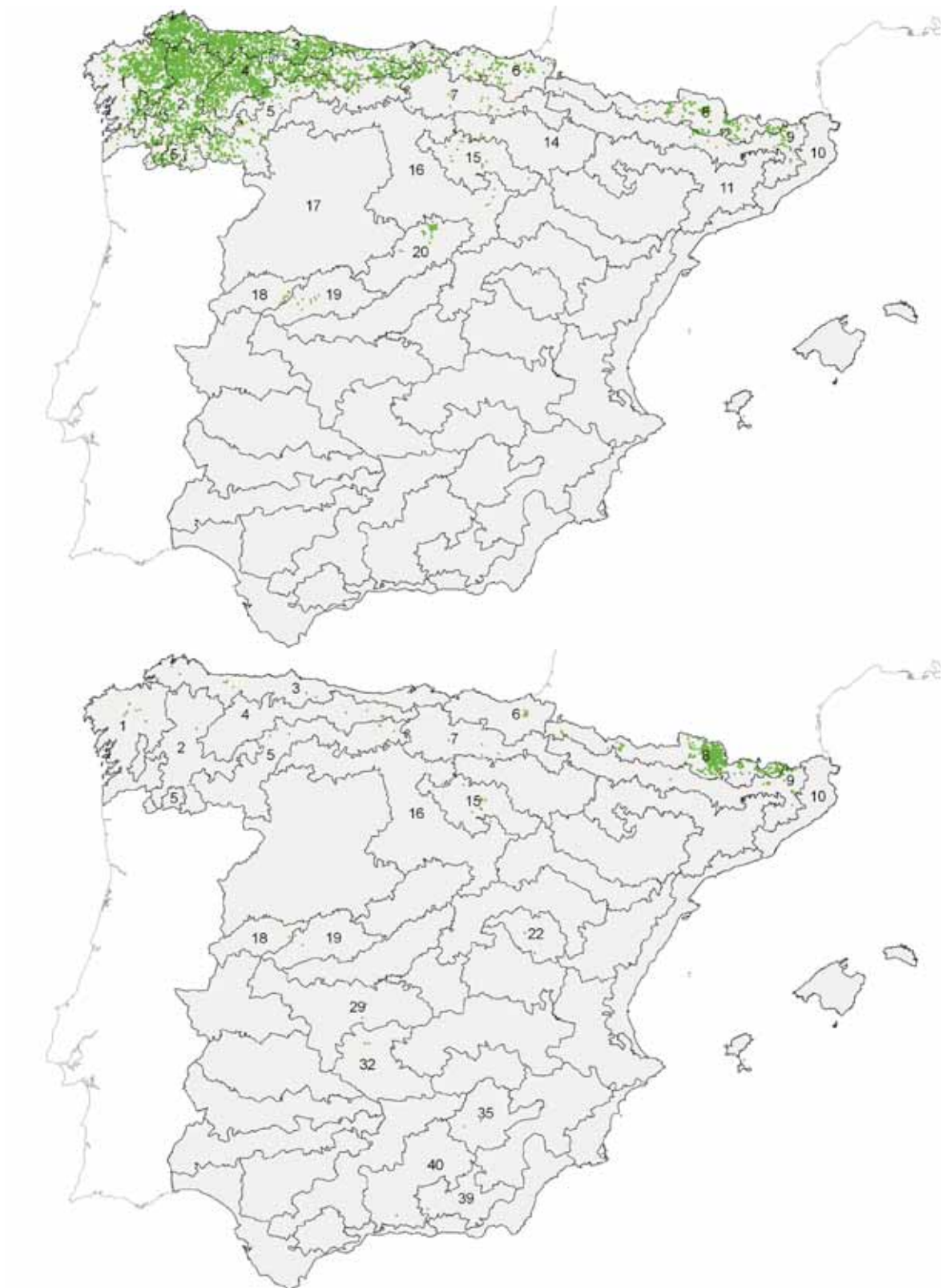
En general, el abedul es un árbol muy plástico y con un amplio espectro ecológico, que soporta bien condiciones climáticas duras, como fríos invernales intensos, nevadas o vientos fuertes. Puede resistir, también, temperaturas muy elevadas en verano, siempre que exista una compensación hídrica freática. El rango altitudinal va desde el nivel del mar a los 2.000 m constituyendo, en muchas ocasiones, el límite altitudinal del bosque. Rigueiro y Silva-Pando (1992) indican que por debajo de los 400 m, en zonas con influencia mediterránea, busca la compensación edáfica, situándose en las riberas de los ríos o en zonas encharcadas. En cuanto a los caracteres edáficos, el abedul es una especie frugal, poco exigente en nutrientes, que se encuentra sobre diversos tipos de textura, desde arenosa hasta areno-arcillosa. Tiene una marcada preferencia por pH ácidos aunque, es considerada como una especie calcífuga, se han citado puntos concretos en la Península donde aparece sobre sustratos calcáreos. Su carácter higrófilo les permite vivir sobre suelos con elevada humedad edáfica, incluso permanentemente encharcados, si bien, en este sentido, es distinto el comportamiento de *B. pendula* respecto a *B. celtiberica* o *B. pubescens*, puesto que mientras estas últimas pueden soportar condiciones de encharcamiento, *B. pendula* aparece en terrenos frescos y poco compactos (Montero, 2003).

Los abedules poseen un temperamento robusto que no les permite desarrollarse bajo cubierta y su comportamiento como especie pionera incluye una serie de estrategias que le permiten colonizar fácilmente áreas degradadas y abiertas en las que ha tenido lugar algún tipo de perturbación, jugando un papel fundamental, por ejemplo, en la recuperación de terrenos que han sufrido un incendio. Sin embargo, y a pesar de que en ocasiones ha sido definida como una especie pirófito, autores como Reyes *et al.* (1997) indican que no es una especie asociada al fuego en sentido estricto, sino que más bien se ve favorecida por éste, al crearse áreas descubiertas, con fuerte intensidad lumínica y, al menos durante los primeros años tras el incendio, con escaso nivel de vegetación y, por tanto, competencia por nutrientes.

2. Materiales forestales de reproducción

2.1. Marco normativo. Identificación de los materiales de reproducción

Las especies *Betula pendula* y *B. pubescens* están incluidas en la Directiva 1999/105/CE sobre comercialización de materiales forestales de reproducción, que fue traspuesta al ordenamiento español por el Real Decreto 289/2003. Dicha normativa estatal establece una serie de condicionantes en cuanto a características genéticas y de calidad exterior de los materiales de reproducción y establece un sistema de control oficial al respecto. Al realizar la trasposición citada se tomó la decisión de no incorporar al listado de especies objeto de regulación a *B. celtiberica* Rothm. *et* Carvalho *et* Vasc. La opción adoptada y las medidas subsiguientes (catalogación de regiones de procedencia y de materiales de base) implican que en todo lo relativo a la norma estatal, la especie citada se considera como una subespecie de *B. pubescens* Ehrh. Con ello, en los lotes identificados con esta taxonomía, cobra una relevancia añadida la región de procedencia asignada, por



Figuras 3 a y b. Distribución de *Betula pubescens* (superior) y *B. pendula* (inferior) y Regiones de Procedencia de sus materiales de reproducción (Alía *et al.*, 2009).

Tabla 1 a. Descripción de las áreas con presencia de *Betula pubescens* 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)			Hs	Tipo de suelo (FAO)
	(%)	Med	Max	Min	Max	Annual	Estival		MaxMC	MinMF	Osc		
1	14,4	386	888	6	1462	137	0,6	12,2	24,5	2,8	11,2	0	CMtu(67) RK(32)
2	22,5	597	1592	137	1258	131	0,7	11,4	25,2	1,3	12,9	0	CMtu(60) RK(37)
3	26,8	349	1294	7	1327	177	0	12	22,3	3,1	10,5	0	RK(45) CMtu(33)
4	18,5	1014	1992	166	1409	175	0,1	9,5	23,3	-1	13,5	2	RK(48) CMtu(35) CMc(11)
5	7,5	1252	1984	430	1244	135	0,6	8,4	24,3	-2,8	15	4	RK(46) CMtu(38)
6	2,3	427	1144	34	1616	245	0	12,1	24	2,6	12,4	0	CMtu(43) CMc(38) LVx(19)
7	1,6	900	1544	222	1314	188	0,2	9,8	23,2	0	13,5	1	CMc(58) CMtu(35)
8	3,5	1480	2220	644	1060	271	0	7,5	23,8	-5,2	16,9	5	CMtu(67) CMc(13) LPd(13)
9	1,3	974	1591	412	1049	276	0	10,2	26,3	-2,6	16,6	3	CMc(75) CMtu(16)
10	0	1043	1420	666	1176	268	0	9,8	24,3	-2,3	14,7	3	CMd(100)
11	0	659	659	659	840	221	0	11,6	28,4	-1,5	17,9	3	CMc(100)
14	0,1	1035	1212	837	678	148	0,5	9,9	25,7	-1,4	16	3	CMc(83) CMg(17)

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)	(%)
15	0,3	1275	1859	734	857	154	0,3	8,7	25,3	-2,5	16	4	CMtu(59) CMC(24) CMe(12)
16	0,1	1012	1258	930	656	110	2	10,4	28,5	-2	17,3	4	CMg(43) CMtu(29) CMC(14) FLe(14)
17	0,1	980	1165	811	728	87	2,2	10,2	27,9	-2	16,4	3	CMtu(57) CMe(29) CMg(14)
18	0,1	1121	1485	830	1155	89	2,1	11,1	28,9	-0,8	17,9	2	LPd(63) CMtu(37)
19	0,2	1564	2180	1075	1238	95	1,8	8,9	27,1	-2,5	17,3	4	CMtu(50) LPd(40) FLe(10)
20	0,6	1568	1945	1187	1008	129	1,1	8,7	26,6	-3,1	17,7	5	CMtu(84) CMg(10)

Tabla 1 b. Descripción de las áreas con presencia de *Betula pendula* 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	1,5	354	410	255	1541	141	0,4	12,3	24,4	2,9	10,8	0	CMu (100)	
2	0,3	725	962	487	1486	141	0,6	10,5	25,5	0,5	13,7	0,9	CMu(50) RK(50)	
3	2,1	290	503	6	1366	182	0	12,3	22,4	3,5	10,3	0	RK(54) CMc(15) CMu(15)	
4	1,6	602	1036	51	1206	181	0,1	11,1	23,7	0,8	12,1	0,6	CMu(100)	
5	1,5	1324	1655	719	1157	141	0,6	8	23,6	-3,3	15	4,1	RK(56) CMu(33) LVx(11)	
6	1,6	518	789	241	1957	306	0	12	24	2,6	12,5	0	CMu(100)	
7	1	850	1080	544	913	137	0,3	10,2	24,8	-0,3	14,8	0,9	CMc(100)	
8	78,9	1572	2551	658	1015	250	0	7,2	23,8	-5,3	16,7	5,7	CMu(79) RK(12)	
9	6,6	984	1737	450	1100	298	0	10,3	25,8	-2,3	16	3,2	CMc(71) LPc(10)	
10	0,2	515	515	515	1039	219	0	13,4	28,7	0	17,1	0	CMc(100)	
15	1,9	1365	1561	1137	911	167	0,1	8	24,5	-3,2	15,8	4,7	CMc(58) CMu(42)	
16	0,3	1187	1349	1024	762	132	1,2	9,5	26,6	-2,1	16,7	3,7	CMc(50) CMu(50)	

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			
18	0,2	1175	1175	1175	989	89	2	10,8	28,7	-1,6	17,5	2,5	CMtu(100)
19	0,6	1310	1611	1168	1106	100	1,9	10,2	28,1	-1,9	17,7	3,2	CMtu(50) FLe(25) LPd(25) FLe(14)
22	0,3	1384	1437	1331	956	124	1,5	9	27,7	-3,6	17,5	4,8	CMc(100)
29	0,5	975	1203	753	754	72	2,9	12,8	32	-0,1	18,6	0,5	CMe(100)
32	0,3	710	723	696	651	51	3,5	14,4	33,5	1,2	19,5	0	CMe(100)
35	0,3	1413	1435	1391	1037	67	2,7	11,1	30,3	-1,6	18,9	2,5	CMc(100)
39	0,2	1684	1684	1684	739	38	3,3	11,1	30,2	-1,7	18,4	2,2	CMc(100)
40	0,2	984	984	984	711	36	3,7	13,5	30,3	1,4	16,1	0	CMc(100)

poder llevar implícitamente aparejada una cierta identificación taxonómica. Tanto *B. pendula* como *B. pubescens* tienen establecidas sus regiones de procedencia según el método divisivo, de acuerdo con criterios principalmente de homogeneidad climática, es decir, carecen de regiones específicas (Alía *et al.*, 2009) (Fig. 3). Un resumen de las características abióticas de tales regiones se expone en la Tabla 1.

Actualmente, existe material de base catalogado de ambas especies, todo él correspondiente a la categoría identificada. Se trata de fuentes semilleras, que en el caso de *B. pendula* corresponden a sólo dos regiones de procedencia si bien una de ellas (Pirineo Axial) representa casi el 80% de su distribución territorial y, en el de *B. pubescens*, a la práctica totalidad de su distribución, tanto regional como geográfica.

Se trata de especies que aparecen incluidas en los Catálogos de especies amenazadas y protegidas de varias CC.AA.. En la Tabla 2 se reseña lo establecido actualmente al respecto. El género *Betula* está incluido en la normativa del pasaporte fitosanitario.

Tabla 2. Niveles de protección de *Betula pendula* y *B. pubescens*.

Ámbito	Marco normativo	Categoría
<i>Betula pendula</i>		
Andalucía	Decreto 23/2012, de 14 de febrero (BOJA 60/2012) ⁽¹⁾	Vulnerable
Castilla-La Mancha	Decreto 200/2001, de 6 de noviembre (DOCM 219/2001)	Vulnerable
Castilla y León	Decreto 63/2007, de 14 de junio (BOCyL 119/2007) ⁽¹⁾	Atención preferente
Madrid	Decreto 18/1992, de 26 de marzo (BOCM 85/1992)	Interés especial
<i>Betula pubescens</i>		
Castilla-La Mancha	Decreto 33/1998, de 5 de mayo (DOCM 22/1998) ⁽²⁾	Interés especial
Extremadura	Decreto 37/2001, de 6 de marzo (DOE 30/2001)	Vulnerable
Madrid	Decreto 18/1992, de 26 de marzo (BOCM 85/1992) ⁽²⁾	Interés especial

⁽¹⁾ *B. pendula* subsp. *fontqueri*

⁽²⁾ Figura *B. alba*

2.2. Técnicas de manejo y propagación

2.2.1. Semillas

La recolección de semilla debe llevarse a cabo a finales de verano (finales de agosto-septiembre), cogiendo los frutos directamente de las ramas cuando estos están todavía un poco verdes y no disociados. Puede realizarse sobre árboles en pie o aprovechando cortas. Dado que el contenido de agua de los amentos recolectados es alto, resulta preciso adoptar precauciones que eviten su recalentamiento. La extracción de la semilla se llevará a cabo mediante el secado de los frutos, extendidos en capas delgadas durante varias semanas a temperaturas inferiores a 30 °C y removidos periódicamente, a fin de provocar su desintegración. Los lotes de semilla suelen estar constituidos por una mezcla de semillas, brácteas y restos del estróbilo, siendo generalmente su pureza baja (25-60%). Ésta podrá

aumentarse si se procede a la separación del material inerte mediante aventado, zarandeo y cribado. Por su parte, la retirada de las semillas vanas resulta complicada.

La semilla de abedul es ortodoxa, por lo que puede desecarse hasta contenidos de humedad reducidos (en torno al 5%) y almacenarse a temperaturas bajas durante largos períodos de tiempo. García del Barrio *et al.* (2001) citan plazos de conservación de 1-2 años si la semilla se mantiene en recipientes herméticamente cerrados a temperaturas de 2-4 °C y con contenidos de humedad de entre el 6 y el 8%. Este plazo aumenta a 3-4 años si se almacenan en recipientes herméticamente cerrados a temperaturas de -4 a -10 °C, con contenidos de humedad inferiores al 4%.

Debido a un letargo interno, las semillas de abedul suelen presentar un retraso en la germinación. Para evitarlo, deben pretratarse, bien poniéndolas a remojo antes de su siembra, bien realizando una estratificación en arena húmeda a una temperatura de 2-4 °C durante un período de entre 30 y 60 días. La ISTA (2011) indica, como método para la evaluación de la germinación de las semillas de *B. pendula* y *B. pubescens*, una alternancia térmica de 20-30 °C, según un ciclo de 16-8 horas durante al menos 21 días,

Tabla 3. Datos característicos de lotes de semillas de *Betula pendula* y *B. pubescens*.

Rendimiento semilla/fruto (% en peso)	Pureza (%)	Facultad germinativa (%)	Nº semillas kg ⁻¹	Referencia
<i>Betula pendula</i>				
	30	40	2.400.000	Aldhous (1972)
	25-50	30-50	3.300.000-5.300.000-11.000.000	Catalán (1991)
		10-26-45	1.900.000	Forestry Commission (1992)
		20-30	1.200.000-2.900.000 (1.900.000-2.400.000)	Piotto (1992)
	20-50 ⁽¹⁾	10-50 ⁽¹⁾	6.700.000	Suszka <i>et al.</i> (1994)
<i>Betula pubescens</i>				
	30	40	2.700.000	Aldhous (1972)
	25-50	20-40	800.000-1.000.000-1.700.000 ⁽²⁾	Catalán (1991)
		30-40	1.600.000-9.900.000 (2.700.000-3.800.000)	Piotto (1992)
	20-50 ⁽¹⁾	10-50 ⁽¹⁾	8.300.000	Suszka <i>et al.</i> (1994)
	42 ⁽³⁾	4-28 ⁽³⁾	4.600.000 ⁽³⁾	Ribeiro <i>et al.</i> (2001)
10-40-60		0-32-54	3.542.134-5.386.186-7.845.977	Louro y Pinto (2011)
30-50	45-80	20-50	3.000.000-6.000.000	CNRGF <i>El Serranillo</i> (Anexo III)
23-41	61-94	(22)	3.800.000-6.400.000	Vivero Central JCyL (Anexo IV)

⁽¹⁾ Rangos de calidad admitidos por el Servicio Forestal de Polonia

⁽²⁾ *B. verrucosa* (*B. alba*)

⁽³⁾ *B. celtiberica*

consignando, para la primera de ellas, que se realice un doble test sobre una muestra de semilla sin estratificar y sobre otra estratificada en frío durante 21 días. Dada la dificultad y el coste de obtener una muestra de semilla pura y ante el riesgo de una distribución sesgada de semillas vanas entre réplicas, la citada organización contempla que los análisis de germinación se realicen sobre repeticiones iguales en peso (0,1 g), expresando el resultado como el número de semillas viables por kilogramo.

Germinación epigea. Las plántulas de *B. pendula* presentan dos cotiledones orbiculares y peciolados, con hojas primordiales romboidales, con tres a siete dientes bien marcados (Ruiz de la Torre, 1996).

2.2.2. Vegetativa

En Finlandia y Suecia, el injerto ha sido tradicionalmente utilizado en el establecimiento de huertos semilleros de *B. pendula* (Häggman *et al.*, 2007). También el estaquillado ha sido empleado con éxito en la propagación vegetativa de esta especie. La capacidad de enraizamiento de las estaquillas depende en gran medida de la edad de la planta madre, disminuyendo a medida que ésta aumenta (Chalupa, 1995). El tratamiento con auxinas, que promueve la formación de raíces adventicias, incrementa considerablemente el porcentaje de enraizamiento.

Además de las técnicas de propagación vegetativa *in vivo*, el abedul ha sido propagado *in vitro* mediante un amplio abanico de técnicas. La propagación *in vitro* de abedul comenzó en la década de los setenta, siendo llevada a cabo hasta el momento con un gran número de especies y variedades. En Finlandia, a principios de los 90, se produjeron más de un millón de abedules mediante técnicas de micropropagación para ser empleados en repoblaciones, si bien esta producción a gran escala se detuvo unos años más tarde por ser considerada poco rentable. No obstante, la micropropagación de abedul continúa siendo una herramienta fundamental en los programas de conservación y mejora genética. Han sido diversas las técnicas empleadas con éxito para propagar *in vitro* tanto material juvenil como adulto. Entre ellas, el cultivo de callos, el cultivo de órganos y la embriogénesis somática.

El cultivo de órganos, partiendo de brotes apicales, segmentos nodales o yemas axilares como explantos iniciales, permitió propagar *in vitro* especies como *B. pendula* de una manera rápida, obteniendo cultivos genéticamente estables con una elevada tasa de multiplicación (Chalupa, 1995). Para esta misma especie, Häggman *et al.* (2007) describieron protocolos de micropropagación, teniendo en cuenta incluso la utilización de material genéticamente modificado. También se realizaron experimentos destinados a estudiar el comportamiento en campo de las plantas obtenidas a través de micropropagación. Viherä-Aarnio y Velling (2001) no encontraron diferencias entre plantas micropropagadas y procedentes de semilla, ni en cuanto a la tasa de supervivencia, ni en cuanto a crecimiento. Sin embargo, sí las encontraron entre los diferentes clones empleados en estudio, concluyendo que la micropropagación comercial a gran escala debe ir precedida de una correcta selección de clones y de un estudio exhaustivo de su comportamiento en campo.

La embriogénesis somática está considerada como la mejor vía de regeneración que utiliza las técnicas de cultivo de tejidos vegetales en biotecnología forestal, contribuyendo a la

consecución de una silvicultura clonal de alta productividad (Celestino *et al.*, 2005). Esta técnica ha sido desarrollada con éxito en abedul, pero aún no ha sido aplicada para su producción a gran escala. Diversos autores (Chalupa, 1987; Kurten *et al.*, 1990) fueron capaces de obtener plántulas procedentes de embriones somáticos de abedul. Chalupa (1987) comprobó, además, que la supervivencia en vivero de las plantas procedentes de embriones somáticos era elevada y que el crecimiento y la apariencia de los abedules eran normales y comparables a los de aquéllos obtenidos mediante cultivo de órganos.

3. Producción de plantas

Los abedules pueden cultivarse a raíz desnuda o en contenedor. En el norte peninsular, las especies frondosas caducifolias suelen ser comercializadas a raíz desnuda, puesto que su precio es menor que las producidas en contenedor y el sistema radical presenta una mejor calidad. Álvarez (2004) indica que, en Galicia, el porcentaje de planta comercializada en contenedor de *B. alba* descendió del 67 al 30% entre las campañas 97/98 y 2001/02. En Francia, un 87% de las frondosas se comercializan a raíz desnuda.

En el cultivo a raíz desnuda, la siembra puede realizarse, cuando se trata de semilla recién recolectada, en otoño sin tratamiento previo, o, si se trata de semilla almacenada, en abril-mayo, realizando preferiblemente una estratificación antes de sembrar. Si la siembra se realiza en invernadero o en eras de vivero donde se garantice el mantenimiento de su superficie constantemente húmeda, no es necesario cubrir la semilla. En caso contrario, las semillas deben taparse con una ligera capa de arena de grano grueso, teniendo en cuenta que la germinación disminuye rápidamente a medida que aumenta el espesor de la cubierta. Puede hacerse a voleo, en líneas paralelas, separándolas de 15 a 20 cm, en golpes o en caballones. Las siembras no deben ser muy agrupadas, pues se ha comprobado un mayor éxito en la nascencia cuando la densidad del semillado es menor (Catalán, 1991). Es fundamental mantener las eras húmedas hasta que se produzca la nascencia y proteger posteriormente los brinzales de la insolación mediante un sombreado ligero durante los dos o tres primeros meses, aportando riegos continuos. Una completa revisión acerca del proceso de producción de planta a raíz desnuda en vivero puede encontrarse en Serrada (2000).

El cultivo en envase, por su parte, permite mecanizar todo el proceso de producción en vivero, así como intervenir en el desarrollo de las plantas mediante el control de los factores que lo determinan. En el vivero de TRAGSA, en Maceda (Ourense), se emplean bandejas termoformadas con una capacidad de 300 cm³ y que ofrecen una densidad aproximada de cultivo de 285 planta m⁻². La siembra se realiza



Figura 4. Brinzal de una savia de *Betula pubescens* cultivado en alveolo de 300 cm³ (Foto: CNRGF El Serranillo).

en invernadero entre febrero y mayo. Se trata de una siembra directa y manual, en la que se introducen unas 10 semillas por alveolo. Las plantas sembradas entre febrero y abril, con una altura media de 10 cm, se trasladan al exterior aproximadamente en la primera quincena de junio. Sin embargo, las plantas sembradas en mayo, se trasladan en la primera quincena de julio con alturas medias de 5-6 cm.

En la producción de planta de abedul pueden emplearse sustratos compuestos por turba rubia y vermiculita en proporción 4:1. La turba rubia posee un elevado porcentaje de porosidad interna, de la cual entre el 15 y el 40% se califica como porosidad de aireación. Por su parte, la vermiculita posee una elevada capacidad de intercambio catiónico y de retención de agua, además de elementos como el fósforo y el potasio, que pueden ser liberados para la planta (Peñuelas y Ocaña, 2000). No existen estudios específicos sobre fertilización para el cultivo de abedul en contenedor, por lo que son de aplicación las recomendaciones generales realizadas para este tipo de cultivo.

El empleo de hongos micorrícicos ha demostrado ser de enorme trascendencia en el establecimiento y capacidad de crecimiento de la planta en el terreno definitivo de plantación. La micorrización en vivero implica, en primer lugar, una correcta selección de los hongos a emplear, puesto que deben adaptarse con éxito no sólo a las condiciones del terreno de plantación, sino también a las del vivero. Los abedules forman asociaciones ectomicorrícicas con hongos pertenecientes a muy diversos géneros, como *Suillus*, *Lactarius*, *Krombholziella*, *Boletus*, etc.

El concepto de calidad de una planta forestal producida en vivero tiene que ver con su capacidad de adaptación al lugar de plantación y con el crecimiento que experimenta tras su trasplante a éste, es decir, está relacionado con el propósito para el que se produce la planta. Según esto, la definición de la calidad de una planta forestal está fuertemente condicionada por factores como la especie o el lugar de plantación, de manera que no es sencillo establecer índices estándar que permitan valorar la calidad de las plantas producidas en vivero y predecir su posterior comportamiento en campo. Álvarez *et al.* (2000) indican cuáles deben ser las características presentes en una buena planta de frondosa a raíz desnuda (Fig. 4); son las siguientes:

- No más de tres savias de edad.
- Raíz principal larga, después de al menos un repicado.
- Raíces mantenidas frescas hasta el momento de plantar.
- Tallo bien lignificado y libre de ramas.
- Dimensiones adecuadas en un tiempo razonable de crecimiento en vivero (diámetro del cuello, volumen de raíces, grosor de la yema terminal...).
- Adecuada relación entre la parte aérea y la radical.

En el caso del abedul, se recomienda utilizar planta de dos savias, con alturas de 70 a 100 cm y un cociente de esbeltez de 80-90. Si se emplea planta en contenedor, hay que fijarse en que no se presente enrollamiento de raíces debido al envase, por lo que se recomiendan alveolos de 200 cm³ como mínimo. Para un envase de 300 cm³ (Fig. 4), la altura de la planta debe estar comprendida entre 30 y 50 cm (Villarino *et al.*, 2004).

El Real Decreto 289/2003 (Anexo VII, parte E) enumera los defectos cuya presencia impide que las plantas sean consideradas de calidad cabal y comercial. Entre ellos cita la existencia de heridas distintas a las producidas por poda o arranque, los tallos múltiples, el sistema radical deformado o los desequilibrios entre la parte aérea y la radical. No obstante, dicha normativa no hace referencia a criterios de edad y dimensionado para la planta de abedul. En Francia, la normativa en vigor, sí establece para la planta de las especies *B. pendula* y *B. pubescens* criterios en función del sistema de cultivo relativos a la edad, morfología y, en su caso, volumen del contenedor, los cuales se detallan en la Tabla 4.

Tabla 4. Valores de atributos morfológicos y, en su caso, volumen de contenedor establecidos por la normativa francesa para plantas de *Betula pendula* y *B. pubescens* (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

4. Uso en repoblaciones y restauraciones

En general, el nivel de utilización del abedul en repoblaciones con fines de producción es bajo y, en el caso de particulares, va casi siempre ligado a la concesión de subvenciones. En Galicia, el uso del abedul presenta un menor nivel de dependencia de ayudas oficiales que otras frondosas como el roble o el aliso (Álvarez, 2004), pero aún así, su uso es muy limitado, probablemente debido a la gran difusión de especies de crecimiento rápido como el eucalipto y a que el abedul no alcanza en el mercado precios tan elevados como el castaño o el cerezo. Este desinterés es extensible al resto de España y se refleja en el estado de abandono selvícola de buena parte de los abedulares, casi siempre con densidades excesivas que acaban por derivar en masas impenetrables en las que apenas se encuentran pies con fustes derechos y de grandes dimensiones. Este hecho limita, enormemente, el empleo del abedul en la industria de la transformación de la madera, puesto que dificulta su utilización para sierra o chapa, quedando restringidos los usos prácticamente a la fabricación de pequeñas piezas de madera, tornería, muebles, etc.

En los países del norte de Europa, sin embargo, la situación es muy distinta. La enorme importancia en superficie de los abedulares (en Finlandia, aproximadamente el 15% del stock de madera en monte es de abedul) ha implicado una gran atención en cuanto a su conservación y gestión, convirtiendo al abedul en la frondosa de mayor importancia económica de los países escandinavos (Hägman *et al.*, 2007).

Independientemente de su utilización en repoblaciones productoras, el valor ecológico y paisajístico del abedul es indudable (Fig. 5). Entre otras características, su frugalidad, que le permite prosperar en terrenos pobres, ácidos o que sufren encharcamientos estacionales y su capacidad de resistencia a condiciones de frío y continentalidad marcadas lo definen

como especie pionera, ideal para ser empleada en repoblaciones de carácter protector o en la restauración de terrenos muy degradados o que han sufrido perturbaciones graves. Es muy interesante su utilización como nodriza de frondosas más exigentes en la reconstrucción del estrato arbóreo de numerosas estaciones. Patterson (1993) cita estudios en los que se demuestra que *B. pubescens* promueve una serie de cambios de orden químico y biológico en los suelos sobre los que crece que implican un aumento en su fertilidad actuando, por tanto, como mejoradora de éstos.

Mezclado en repoblaciones de coníferas, incluso en proporciones reducidas, el empleo del abedul permite romper la homogeneidad del vuelo habitual en estas plantaciones, proporciona una nota cromática e incrementa la diversidad de hábitats para un amplio rango de especies animales. Además, en este tipo de repoblaciones, bandas de abedul intercaladas funcionan como cortafuegos verdes.



Figura 5. Repoblación llevada a cabo con *Betula celtiberica* en el monte O Cimbro, municipio de Pol, Lugo (Foto: M.J. Fernández López).

Otro uso para el cual se ha demostrado la adecuación del abedul es la reforestación de terrenos extremadamente degradados, desde escombreras de estériles de minas y canteras hasta zonas contaminadas con metales pesados. Artetxe *et al.* (2001) observaron que *B. celtiberica* muestra una elevada tolerancia a altas concentraciones de plomo y cinc, lo que la convierte en idónea para ser utilizada en la recuperación de entornos afectados por la presencia de estos metales.

El abedul puede ser empleado, también, en cultivos forestales de turnos cortos cuyo destino es fundamentalmente la producción de energía. Para este tipo de plantaciones se requieren especies frugales, que presenten un rápido crecimiento inicial y con buena capacidad de rebrote. Son muchas las especies forestales que pueden ser utilizadas con fines energéticos, si bien, los géneros que presentan mayor potencial en el ámbito de la Unión Europea son *Populus*, *Salix* y *Eucalyptus* (Sixto *et al.*, 2007). El género *Betula* está actualmente siendo probado en distintos países europeos. *Betula celtiberica* es una de las especies utilizadas en ensayos de cultivos energéticos implantados en antiguas escombreras de minas de carbón asturianas. Se pretende evaluar el potencial de producción de biomasa de ésta y otras especies forestales, así como su capacidad de adaptación a terrenos marginales de condiciones tan limitantes como las de una escombrera. También, *B. pendula* fue empleado en cultivos energéticos establecidos sobre terrenos agrícolas abandonados en Bélgica, observándose que esta especie constituye una alternativa muy interesante para este tipo de plantaciones, debido a su capacidad de producción de biomasa y al elevado poder calorífico de su madera, superior al de especies como el chopo o el sauce (Vande *et al.*, 2007).

Rojo *et al.* (2005) indican que, a pesar de que el abedul es la frondosa autóctona gallega que presenta mejores resultados de crecimiento y menores requerimientos edáficos, no existe una silvicultura que oriente en los aprovechamientos a gestores públicos o privados. Como ya se ha indicado en el apartado anterior, el abedul no suele ser utilizado en repoblaciones de carácter productor y su introducción artificial ha sido llevada a cabo con fines de estabilización de masas forestales o para la creación de áreas cortafuego. Higuera (1997) y Blanco *et al.* (1998) proponen también su introducción en brezales asociados al fuego o a pastoreo repetido, como herramienta para alcanzar etapas de mayor evolución hacia el bosque.

5. Planificación de la repoblación

Debido al carácter heliófilo del abedul, el tratamiento de la vegetación preexistente resulta imprescindible no sólo para reducir la competencia por agua y nutrientes, sino también para controlar el efecto de sombreado que la vegetación competidora ejerce, en mayor o menor medida, en función de su densidad y altura. Según Álvarez *et al.* (2000), la competencia es muy intensa en brezales y tojales, por lo que el desbroce debe ser intenso a su vez. En el caso de retamares, helechares y zarzales, la competencia es menor y, por consiguiente, es más conveniente un desbroce por fajas o puntual, con una anchura mínima igual a la altura del matorral. La vegetación herbácea ofrece siempre una competencia muy intensa, incluso después de varios años de la realización de la plantación. Las frondosas son muy sensibles al efecto de las gramíneas y, entre estas, la competencia con *Deschampsia flexuosa* parece ser especialmente nociva para el abedul (Perala y Alm, 1990). En estaciones proclives al crecimiento de herbáceas, se recomienda su eliminación con herbicidas durante varios años, al menos hasta que el abedul presente un crecimiento que le permita escapar a su efecto.

Es interesante realizar una labor de preparación del terreno lo más completa posible, no sólo para obtener un terreno mullido adecuado para el desarrollo de las raíces sino, también, para lograr el retraso de la reinstalación de la vegetación competidora. Karlsson (2002)

observó que el no realizar labores de preparación del terreno implicaba un fracaso casi absoluto de plantaciones de *B. pendula* establecidas en Suecia, debido al escaso porcentaje de supervivencia de las plántulas. Observó, también, que las tasas de supervivencia más altas se obtuvieron en terrenos donde las labores de preparación se habían llevado a cabo mediante la eliminación de tierra vegetal o mediante su incorporación al perfil realizando un arado profundo. Si las condiciones del terreno no permiten la mecanización de las operaciones de preparación, éstas deben llevarse a cabo de manera manual. En este caso, pueden abrirse hoyos con azada o pico, dejándolos abiertos con la tierra extraída aguas abajo. Debido al escaso mullido que esta operación hace en el suelo, es recomendable emplear planta en envase para disminuir las marras. Si se utiliza planta pequeña a raíz desnuda, y puesto que el abedul no posee una raíz pivotante, pueden realizarse también raspas, que son preparaciones del suelo consistentes en una cava superficial en forma rectangular o cuadrada, sin extracción de tierra.

En las plantaciones de frondosas para la producción de madera de calidad, se citan como referencia densidades de entre 625 y 816 pies·ha⁻¹ (marcos de 4x4 y 3,5x3,5 respectivamente), lo que permitiría el paso de maquinaria de una manera cómoda. No obstante, hay que tener en cuenta que este tipo de densidades requieren una preparación del terreno exhaustiva, la utilización de material genético de resultados contrastados, la protección individualizada del árbol y la práctica de una selvicultura intensiva tras la plantación. Por ello, y teniendo en cuenta que en España son prácticamente inexistentes las repoblaciones con abedul destinadas a la obtención de madera de calidad, es conveniente utilizar densidades superiores. Plantaciones de 1.100 ó 1.600 pies·ha⁻¹ (marcos de 3x3 y 2,5x2,5 m) son las habitualmente recomendadas tanto para fines de producción de madera como de protección del terreno con esta especie. Se aconsejan, también, densidades de 2.000 ó 2.500 pies·ha⁻¹ (marcos de 2x2,5 y 2x2 m), en caso de pretender ahogar de forma rápida al matorral. Cisneros *et al.* (2008) citan estudios llevados a cabo en Finlandia con *B. pendula* en los que se ha comprobado que el paso de 1.600 a 2.500 pies·ha⁻¹ aumenta la madera de pulpa sólo unos 20 m³·ha⁻¹, incrementando de manera importante la presencia de pies con diámetro inferior a 7 cm (producción no maderable). Además, el paso de 1.100 a 2.500 pies·ha⁻¹ reduce considerablemente el diámetro de los árboles dominantes.

En caso de plantaciones energéticas, puesto que el objetivo fundamental es maximizar la producción de biomasa, las densidades son notablemente superiores, con valores que van desde los 5.000 hasta los 33.000 pies·ha⁻¹. Por otra parte, si el objetivo de la plantación es la creación de áreas cortafuegos, se recomiendan densidades superiores a 1.600 pies·ha⁻¹ para conseguir lo más rápido posible el cierre de copas, con el consiguiente efecto de sombreo.

En cuanto a la distribución de plantas sobre el terreno, se trata de conseguir un desarrollo equilibrado de las copas de los árboles minimizando, en lo posible, la competencia entre éstos. En terrenos llanos suele emplearse un marco real (cuadrado o rectangular) por su sencillez, mientras que en terrenos con pendiente, los puntos de plantación se dispondrán en curvas de nivel, siendo el marco en malla rectangular desfasada (triángulos isósceles) o al tresbolillo. La maquinaria a emplear en los distintos trabajos también condicionará el marco de plantación. Así, en orografías complicadas, donde las labores han de ser realizadas en línea de máxima pendiente, las calles deben disponerse en este sentido. Por

otra parte, si se ejecuta un subsolado con varios rejonés, la distancia entre estos puede también determinar la elección de un marco u otro.

La mezcla de abedul (*B. pubescens* y *B. pendula*) y coníferas es una componente natural de la dinámica de los bosques boreales europeos (Frivold y Frank, 2002). Ha sido documentado el efecto positivo que el abedul tiene en el crecimiento de estas especies, debido a la mejora que promueve en diversos parámetros edáficos. Además, la utilización de coníferas en repoblaciones de abedul, no sólo permite la consecución de elevadas densidades a un coste menor de planta, sino que, además, induce mejores formas en los abedules, con fustes más rectos y menos ramosos. Bigot (2001, en Cisneros *et al.*, 2008) propone plantaciones mixtas de coníferas y abedul, a densidades de 600 pies·ha⁻¹ y 1.100-1.500 pies ha⁻¹, respectivamente. La repoblación se gestionaría para conseguir madera de abedul destinada a la trituración o reservando una parte de los pies para sierra. Dado su temperamento robusto, el abedul puede plantarse también en mezcla con otras frondosas más exigentes, a las que proporcionaría abrigo y protección lateral, fundamentales en la primera etapa de crecimiento. Las frondosas presentan un crecimiento invernal de la raíz, por lo que es conveniente plantar en otoño, tras la caída de la hoja, para que las plantas lleguen al verano con un sistema radical bien desarrollado. Deben escogerse días en los que no se produzcan vientos fuertes, heladas o la humedad relativa sea baja. Además, el terreno debe presentar un tempero adecuado. La plantación se realizará uno o dos meses después de finalizadas las labores de preparación del terreno para asegurar que no existen bolsas de aire en el interior del perfil. Puede llevarse a cabo de modo manual, con azada, barrón o plantamón o, en caso de que las condiciones de pendiente lo permitan, mecanizada con plantadora acoplada a un tractor de ruedas o cadenas.

Una vez realizada la plantación, en función de la mayor o menor presencia de fauna cinegética en la zona, puede ser necesaria la protección de ésta, bien con protectores que protejan la planta de una manera individual, bien mediante un cercado que proteja la plantación en conjunto. En este último caso, el cercado puede construirse con malla cinegética y postes de madera, de altura variable en función de los animales contra los que se pretenda proteger la plantación. Aunque la corteza del abedul lo hace poco apetecible para los corzos (Patterson, 1993), en primavera pueden producir heridas al rascarse contra los troncos. Por ello, en zonas en las que abunde este animal, se aconseja que la altura del cercado sea siempre superior a 1,20 m. En caso de utilización de protectores individuales, tanto de tubos cinegéticos como de tubos de efecto invernadero, hay que tener en cuenta que pueden provocar deformaciones o desequilibrios morfológicos en las plantas y que suponen siempre un encarecimiento del coste de repoblación, que llega incluso a duplicarse. Además, el impacto visual es importante, especialmente en repoblaciones de gran extensión.

Es fundamental, al menos durante los dos o tres primeros años tras realizar la plantación, el control de la vegetación competidora, especialmente en terrenos proclives al crecimiento de herbáceas. Esto puede llevarse a cabo mediante la aplicación de herbicida de manera puntual alrededor de la planta, teniendo cuidado de protegerla debidamente. En Estonia se ha estudiado la utilización de *mulch* de polietileno en plantaciones de *B. pendula* (Kund *et al.*, 2010) para controlar la proliferación de herbáceas, observando que el crecimiento de las plantas era mayor en las parcelas que habían sido cubiertas con el *mulch*. La colocación

de suelos artificiales permite un control de la vegetación competidora prácticamente total, aumentando la humedad disponible para la planta y la temperatura del suelo en las cercanías de ésta. Las cubiertas pueden ser individuales, cuadrados de cerca de 1 m², o bien en forma de banda plástica, dispuesta a lo largo de la línea de plantación. En caso de que la vegetación competidora esté compuesta por matorrales que ejercen una competencia fuerte, como brezales o tojales, puede llevarse a cabo un desbroce por fajas entre líneas de plantación o bien un desbroce puntual alrededor de cada planta. Se realizará de manera manual, con motodesbrozadora, en el momento de máxima floración de la especie, para evitar la diseminación y dificultar el rebrote.

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. 89-96.
- ÁLVAREZ P., 2004. Viveros forestales y uso de planta en repoblación en Galicia. Tesis Doctoral.
- ÁLVAREZ P., BARRIO M., DÍAZ R.A., HIGUERAS M., RIESCO G., RIGUEIRO A., RODRÍGUEZ R.J., VILLARINO J.J., 2000. Manual de Selvicultura de Frondosas Caducifolias [en línea]. (Escola Politécnica Superior de Lugo, ed.), Lugo. Disponible en: <http://www.agrobyte.com/publicaciones/frondosas/indice.html> [5 Feb, 2010].
- ÁLVAREZ-URÍA M.P., 2000. Estructura y regeneración del abedular en su límite superior en la Cordillera Cantábrica. Tesis Doctoral. Universidad de Oviedo.
- ARTETXE U., BARRUTIA O., DUÑABEITIA M.K., GARCÍA-PLAZAOLA J.I., HERNÁNDEZ A., BECERRIL J.M., 2001. Empleo del abedul en la recuperación de terrenos contaminados por metales pesados. En: Actas del III Congreso Forestal Español. Mesa 4. (Junta de Andalucía, ed.). Granada. pp. 380-384. Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- 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.
- BIGOT M., 2001. Des sylvicultures pour le bouleau verruqueux en France. Forêt-entreprise 138, 41-45.
- 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. 145-147.
- CEBALLOS L., RUÍZ DE LA TORRE J., 2001. Árboles y Arbustos. Fundación Conde del Valle Salazar. Madrid.
- CELESTINO C., HERNÁNDEZ I., CARNEROS E., LÓPEZ-VELA D., TORIBIO M., 2005. La embriogénesis somática como elemento central de la biotecnología forestal. Invest. Agrar: Sist. Recur. For. 14(3), 345-357.
- CHALUPA V., 1987. Somatic embryogenesis and plant regeneration in *Picea*, *Quercus*, *Betula*, *Tilia*, *Robinia*, *Fagus* and *Aesculus*. Commun Inst. Forest. Czech. 15, 133-148.
- CHALUPA V., 1995. Somatic embryogenesis in birch (*Betula pendula* Roth). En: Somatic embryogenesis in woody plants: angiosperms (2). (Mohan S., Gupta P.K., Newton R.J., eds). Helsinki. pp. 137-151.
- CISNEROS O., VILLARINO J.J., SANCHEZ F., MONTERO G., ROJO A., 2008. Selvicultura de *Betula* spp. 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. 63-82.
- DÍAZ T.E., VÁZQUEZ A., 2004. Guía de los bosques de Asturias. Ediciones Trea, S.L. Gijón.
- FORD R.H., SHARIK T.L., FERET P.P., 1983. Seed dispersal of the endangered Virginia round-leafed birch (*Betula uber*). For. Ecol. Manage. 6, 115-128.

- FRIVOLD L., FRANK J., 2002. Growth of mixed birch-coniferous stands in relation to pure coniferous stands at similar sites in South-eastern Norway. *Scand. J. For. Res.* 17, 139-149.
- GARCÍA DEL BARRIO J.M., DE MIGUEL J., ALÍA R., IGLESIAS S., 2001. Regiones de identificación y utilización de material forestal de reproducción. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Madrid. pp. 160-162.
- HÄGGMAN H., SUTELA S., WELANDER M., 2007. Micropropagation of *Betula pendula* Roth including genetically modified material. En: *Protocols for micropropagation of woody trees and fruits.* (Häggman H., Mohan S., eds.). The Netherlands. pp. 153-162.
- HIGUERAS J., 1997. El abedul y el ciclo del brezal: prácticas selvícolas para la restauración del estrato arbóreo en los macizos del noroeste peninsular. 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. 185.
- ISTA (International Seed Testing Association), 2011. *International rules for seed testing.* Edition 2011. ISTA, Bassersdorf, Switzerland.
- JOHANSSON T., 2008. Sprouting ability and biomass production of downy and silver birch stumps of different diameters. *Biomass Bioenerg.* 32, 944-951.
- KARLSSON A., 2002. Site preparation of abandoned fields and early establishment of planted small-sized seedlings of silver birch. *New For.* 23, 159-175.
- KUND M., VARES A., SIMS A., TULLUS H., URI V., 2010. Early growth and development of silver birch (*Betula pendula* Roth.) plantations on abandoned agricultural land. *Eur. J. For. Res.* 129, 679-688.
- KURTÉN U., NUUTILA A.M., KAUPPINEN V., ROUSI M., 1990. Somatic embryogenesis in cell cultures of birch (*Betula pendula* Roth.). *Plant Cell Tiss. Organ Cult.* 23, 101-105.
- 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.
- MONTERO G. (coord.), 2003. *Manual de selvicultura para plantaciones de especies productoras de madera de calidad.* INIA-Junta de Castilla y León-Ed. Mundi-Prensa, Madrid. pp. 95-112.
- MORENO G., PEINADO M., 1990. *Betula* L. En: *Flora iberica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares. Vol. II. Platanaceae-Plumbaginaceae.* (Castroviejo S., Laínz M., López González G., Monserrat P., Muñoz Garmendia F., Paiva J., Villar L., eds.). Real Jardín Botánico, Madrid. pp. 38-43.
- PATTERSON G.S., 1993. The value of birch in upland forests for wildlife conservation. *Forestry Commission Bulletin* 109.
- PEÑUELAS J.L., OCAÑA L., 2000. *Cultivo de plantas forestales en contenedor.* Ed. Mundi-Prensa. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- PERALA D.A., ALM A.A., 1990. Reproductive ecology of birch: a review. *For. Ecol. Manage.* 32(1), 1-38.
- REYES O., CASAL M., 2003. Estrategia reproductiva del abedul frente a los incendios forestales en Galicia. *Cuad. Soc. Esp. Cienc. For.* 15, 171-176.
- REYES O., CASAL M., TRABAUD M., 1997. The influence of population, fire and time of dissemination on the germination of *Betula pendula* seeds. *Plant Ecol.* 133, 201-208.
- RIGUEIRO A., SILVA-PANDO F.J., 1992. *Guía das árbores e bosques de Galicia.* Ed. Galaxia.
- RIVAS-MARTÍNEZ S., DÍAZ T.E., FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ J., IZCO J., LOIDI M.L., PENAS A., 2002. Vascular plant communities of Spain and Portugal. Addenda to the syntaxonomical checklist of 2001. *Itinera Geobot.* 15(2), 433-922.
- ROJO A., ÁLVAREZ-GONZÁLEZ J.G., GRANDAS J.A., DIÉGUEZ-ARANDA U., 2005. Tablas de producción de selvicultura media para el abedul (*Betula alba* L.) en Galicia. En: *Actas del IV Congreso Forestal Español.* [cd-rom]. (Sociedad Española de Ciencias Forestales, ed.). Zaragoza. Disponible en: <http://congresoforestal.es>

- SARVAS R., 1948. A research on the regeneration of birch in south Finland. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 40, 1-35.
- SERRADA R., 2000. *Apuntes de Repoblaciones Forestales*. Fundación Conde del Valle de Salazar. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Forestal. Madrid.
- 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.
- SUSZKA B., MULLER C., BONNET-MASIMBERT M., 1994. *Graines des feuillus forestiers. De la récolte au semis*. INRA. París, Francia.
- VANDE I., VAN CAMP N., VAN DE CASTEELE K.V., LEMEURE R., 2007. Short-rotation forestry of birch, maple, poplar and willow in Flanders (Belgium). Biomass production after 4 years of tree growth. *Biomass Bioenerg.* 31, 267-275.
- VEGA-ALONSO G., GONZÁLEZ M., VEGA-ALONSO P., RODRÍGUEZ A., 1993. Mejora genética de *Betula celtiberica* en Galicia. En: *Actas del I Congreso Forestal Español*. Tomo II. (Silva-Pando F.J., ed.). Pontevedra. pp. 135-140. Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- VIHERÄ-AARNIO A., VELLING P., 2001. Micropropagated silver birches (*Betula pendula*) in the field - performance and clonal differences. *Silva Fennica* 35(4), 385-401.
- VILLARINO J.J., 1983. *El abedul en Galicia*. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid.
- VILLARINO J.J., DANS DEL VALLE F., MOLINA B., VERDE M.C., 2004. *Guía de tratamientos silvícolas para a producción de madeira*. Bidueiro. Asociación Forestal de Galicia. Santiago de Compostela. 37 pp.

Buxus balearica Lam.

Boj, boje, boj balear; *cat*: boix

Carlos SORIANO MARTÍN

1. Descripción

1.1. Morfología

Por lo común, arbusto o subarbusto, de hasta 3(-5) m (Benedí 1997; Cabezudo *et al.*, 1999), aunque puede alcanzar porte arbóreo de hasta 8-10 m (Webb, 1968; Huxley *et al.*, 1992) en estaciones que le son muy favorables. Benedí (1997) limita su talla máxima a 5 m, pero recoge una referencia bibliográfica de 1880 en la que se señala la desaparición de los ejemplares arbóreos de la Sierra de Tramontana, en Mallorca, cortados para hacer carbón. Actualmente parecen quedar pies arbóreos en los cañones del río Verde, en la provincia de Granada.

Perennifolio. Ramas jóvenes con entrenudos glabros o glabrescentes, las adultas glabras (Benedí 1997). Hojas opuestas, con pecíolo de hasta 3 mm, limbo anchamente elíptico, oval u oblongo, algo mayor que el de las hojas del boj común, de (2,5) 3-4,5 (5) x (0,7) 1,5-2,5 (3) cm, coriáceo, de margen entero, ápice obtuso o subagudo, algo discolor, con el envés más pálido, a veces glaucescente (Benedí, 1997).

En la parte Oriental de su área de distribución, en el sur de Anatolia, se presentan poblaciones con las hojas más lanceoladas, lo que llevó, al parecer, sin mucho fundamento, a que se describiese como especie distinta, *Buxus longifolia* Boiss. (Benedí, 1997). Rosselló *et al.* (2007) han estudiado la variabilidad molecular de los espaciadores de transcripción del ARN ribosómico (ITS) en ribosomas aislados de *Buxus balearica* encontrando distintas secuencias de bases en los mismos.

1.2. Biología reproductiva

Flores unisexuales. Inflorescencias en glomérulos de 7 a 10 mm de diámetro, constituidas por una flor femenina y generalmente 3 flores masculinas, a veces más, todas con periantio tepaloide; tépalos triangulares, amarillos (Ruiz de la Torre, 2006). La floración suele ser masiva, sincronizada para la mayoría de los individuos, y tiene lugar entre febrero y abril. La polinización puede ser realizada por insectos de grupos muy diversos, ya que los estambres quedan muy expuestos, pero también es, y quizás en mayor medida, anemófila. La autogamia es posible.

Fruto en cápsula esquizocárpica culminada por tres apéndices curvados o uncinulados que proceden de los estilos florales, más largos que en el boj común, de 4-6 mm de longitud, superando la cuarta parte de la longitud de la cápsula (Benedí, 1997); se abre por tres valvas que pueden contener hasta 2 semillas cada una (Fig. 1).



Figura 2. Semillas de *Buxus balearica*
(Foto: C. Soriano).

Figura 1. Fruto de *Buxus balearica*
(Foto: C. Soriano).

Semillas 4,5-5,5 x 3 mm trígonoas, lisas, negras, brillantes, carunculadas (Fig. 2). Las cápsulas maduras se abren y diseminan a finales del verano o se mantienen abiertas y diseminan durante el otoño. Las semillas se dispersan alrededor y a cortas distancias de la planta madre.

La propagación natural por semillas es muy escasa. La especie se considera vecera, con años en que la mayor parte de las cápsulas no producen semillas o éstas están vanas, sin formación de embriones, probablemente como consecuencia del estrés hídrico que tienen que soportar el verano que sigue a la floración. Lázaro *et al.* (2006) han estudiado y comparado la regeneración por semillas en diversas poblaciones de *Buxus balearica* del conjunto de su área de distribución, analizando las distintas fases del reclutamiento de nuevos individuos: dispersión de semillas, depredación de las mismas, emergencia y establecimiento de plántulas durante cuatro años. Encuentran que la depredación de semillas (variable en las distintas localidades, pero cercana al 80%), la escasa germinación (generalmente inferior al 10% y nula algunos años) y la mortalidad de plántulas durante el primer verano (alrededor del 70%) constituyen el cuello de botella para la regeneración por semillas de esta especie. En cualquier caso, la intensa depredación impide la formación de un buen banco de semillas que permita una emergencia notable, tras inviernos y primaveras lluviosas.

1.3. Distribución y ecología

Webb (1968) indicó su presencia en Cerdeña, Islas Baleares y unas pocas localidades del S y E de España, señalándola como endémica de Europa. Sin embargo, está presente también en Turquía, en el sur de Anatolia y Marruecos, en el Rif, Atlas Medio, Gran Atlas y Atlas Sahariano. Charco (2001) presenta un mapa esquemático de su distribución en el norte de África e indica que en Marruecos es más abundante que *B. sempervirens*.

En la España Peninsular se ubica en sierras costeras andaluzas, entre Málaga y Almería, llegando quizás hasta Murcia, donde fue citado, pero hoy se considera extinto. En Baleares se encuentra en la Sierra de Tramontana, en la isla de Mallorca y en la isla de Cabrera (López González, 2001).

Las localidades donde se ha encontrado se sitúan en altitudes comprendidas entre 50 y 1.200 m (Benedí, 1997). Se presenta formando matorrales densos constituyendo, aquí y allá, pequeñas poblaciones en las que es abundante, situadas en laderas rocosas, calizas o dolomíticas, abruptas, ocupando repisas o, en general, los espacios y oquedades entre rocas donde se acumulan materiales sueltos y materia orgánica, por lo común en exposiciones de umbría o, en cotas bajas, en los fondos de barranco amparados de una larga exposición al sol por el relieve y con microclimas húmedos. En estos fondos encajados entre paredones rocosos y muy poco accesibles es donde *Buxus balearica* alcanza hoy porte arbóreo.

Suele considerarse especie de carácter relíctico con condiciones climáticas subtropicales y que sobrevive en enclaves con clima mediterráneo con una humedad estival proporcionada por la influencia marítima que compensa la escasez de precipitaciones durante los meses de verano y atempera el clima durante el invierno. Actualmente la mayor parte de sus poblaciones consisten en matorrales envejecidos que se mantienen gracias a su capacidad de rebrote y renovación por vía vegetativa.

El rango de precipitaciones medias anuales de las localidades en que se presenta varía entre 500 y 1.140 mm y el de temperaturas medias anuales entre 12,5 y 17 °C. Como le sucede también a *B. sempervirens*, su follaje adquiere coloraciones bronceadas, anaranjadas o rojizas en la estación desfavorable, pero a diferencia del boj común, que las presenta en invierno, en el balear se manifiestan en verano, la época de mayor estrés fisiológico para esta especie.

2. Materiales forestales de reproducción

2.1. Marco normativo. Identificación de los materiales de reproducción

El boj no figura en la normativa estatal relativa a materiales forestales de reproducción, pero sí está contemplado en la normativa elaborada al respecto por la Comunidad Valenciana (D. 15/2006). 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. De esta manera se puede garantizar, en su uso, la concordancia de las zonas de utilización con las de identificación (Fig. 3).

Esta especie está catalogada como “En régimen de protección especial” en Andalucía (D. 23/2012) y figura en el Catálogo Balear de especies de Especial protección (D. 75/2005). En la Comunidad de Murcia se la cataloga dentro del grupo denominado “Especies extinguidas en sus poblaciones naturales”, y su posible reintroducción exigirá un Plan que determine la viabilidad de tal actuación.



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

2.2. Técnicas de manejo y propagación

2.2.1. Semillas

La recolección se realiza manualmente de junio a septiembre. La extracción y acondicionamiento de la semilla se realiza mediante secado al sol, cribado y separación densimétrica, de forma análoga y con las mismas precauciones que en el caso de *B. sempervirens*. El comportamiento de la semilla es ortodoxo. Su almacenamiento es en frío y ambiente seco (Navarro-Cerrillo y Gálvez, 2001), debiéndose conservar la semilla en recipientes herméticos y con un bajo contenido de humedad (6-8%). En nuestra experiencia las semillas conservan bien su capacidad germinativa durante más de tres años con este tipo de almacenamiento estándar. En la Tabla 1 se indican datos de referencia relativos a lotes de semillas de esta especie.

En invernadero se ha obtenido alrededor de un 25% de semillas germinadas entre dos y cuatro meses después de la siembra, sin tratamiento alguno. Al igual que en *B. sempervirens*, se recomienda una estratificación fría durante 2-3 meses para obtener germinaciones agrupadas en primavera. La germinación es epigea. Plántula de 3-4 cm con dos cotiledones alargados y hojas primordiales elípticas, con el limbo elíptico con bordes enteros (Navarro-Cerrillo y Gálvez, 2001).

Tabla 1. Datos característicos de lotes de semillas de *Buxus balearica*

Pureza (%)	Facultad germinativa (%)	Nº semillas kg ⁻¹	Referencia
94	79	40.250	Navarro y Gálvez (2001)

2.2.2. Vegetativa

La especie se mantiene en buen grado por su notable capacidad de multiplicación vegetativa. El procedimiento más común es el estaquillado. En nuestras experiencias hemos obtenido un 85% de éxito en el enraizamiento de estaquillas sin tratamiento alguno, mediante ramillas terminales escasamente lignificadas recogidas a principios de septiembre, cuando las matas aún presentan coloraciones bronceadas. El enraizamiento es lento y no hay brotación hasta transcurridos 8 ó 9 meses. Rebrotan de cepa con facilidad y las ramas bajas de los arbustos tienden a acodarse, enraizando en contacto con el suelo.

3. Producción de plantas

La producción de planta en vivero suele hacerse mediante estaquillado (Fig. 4). Las plantas obtenidas de estaquilla son más vigorosas que las producidas de semilla. Cultivadas en sustratos comerciales mezclados con perlita (50-50%) pronto manifiestan síntomas de clorosis y precisan abonados. Hemos producido planta para plantaciones de restauración, mantenidas durante dos años en contenedores de dos litros, añadiendo pequeñas dosis de abono de liberación lenta.



Figura 4. Cultivo de plantas de *Buxus balearica* en contenedor (Foto: C. Soriano).

4. Uso en repoblaciones y restauraciones

El uso del boj balear en trabajos de repoblación y restauración es muy escaso. Sin embargo, tiene interés la producción de planta para programas de conservación de la especie.

5. 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].
- BENEDÍ C., 1997. *Buxus* L. En: Flora iberica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares. Vol VIII. *Haloragaceae-Euphorbiaceae*. (Castroviejo S., Aedo C., Benedí C., Lainz M., Muñoz Garmendia F., Nieto Feliner G., Paiva J., eds.). Real Jardín Botánico, Madrid. pp. 186-189.
- CABEZUDO B., NAVARRO T., PÉREZ LATORRE A.V., NAVAS D., GIL Y., 1999. *Buxus balearica* Lam. En: Libro Rojo de la Flora Silvestre amenazada de Andalucía. Tomo I. Especies en peligro de extinción (Blanca G., Cabezudo B., Hernández-Bermejo J.E., Herrera C.M., Molero Mesa J., Muñoz J., Valdés B., eds.). Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía.
- CHARCO J., 2001. Guía de los árboles y arbustos del Norte de África. Ed. Agencia Española de Cooperación Internacional, Madrid.
- GARCÍA DEL BARRIO J.M., DE MIGUEL J., ALÍA R., IGLESIAS S., 2001. Regiones de identificación y utilización de material forestal de reproducción. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Madrid.
- HUXLEY A., GRIFFITHS M., LEVY M. (eds.), 1992. Dictionary of Gardening. The New Royal Horticultural Society. The McMillan Press L. London and Basingstoke.
- LÁZARO A., TRAVESET A., CASTILLO A., 2006. Spatial concordance at a regional scale in the regeneration process of a circum-Mediterranean relict (*Buxus balearica*): connecting seed dispersal to seedling establishment. *Ecography* 29, 683-696.
- LÓPEZ GONZÁLEZ G.A., 2001. Los árboles y arbustos de la Península Ibérica e Islas Baleares. Tomo I. Ed. Mundi-Prensa, Madrid. pp. 703-707.
- NAVARRO CERRILLO R.M., GÁLVEZ C., 2001. Manual para la identificación y reproducción de semillas de especies vegetales autóctonas de Andalucía. Tomo I. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, Córdoba. pp. 96-99.
- ROSSELLÓ J.A., LÁZARO A., COSÍN R., MOLINS A., 2007. A phylogeographic split in *Buxus balearica* (*Buxaceae*) as evidenced by nuclear ribosomal markers: when its paralogues are welcome. *J. Molec. Evol.* 64, 143-157.
- RUIZ DE LA TORRE J., 2006. Flora Mayor. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Dirección General para la Biodiversidad, Madrid. pp. 1293-1295.
- WEBB D.A., 1968. *Buxus* L. En: Flora Europaea, 2, *Rosaceae* to *Umbelliferae*: 243. (Tutin T.G., Heywood V.H., Burges N.A., Moore D.M., Valentine D.H., Walters S.M., Webb D.A., eds.). Cambridge Univ. Press., Cambridge.

Buxus sempervirens L.

Boj, boje, bucho, buje, buixo, buxo; *cat.*: boix, boix comú, boixera; *eusk.*: amaxatum, ezipel; *gall.*: buxo, mirta

Carlos SORIANO MARTÍN

1. Descripción

1.1. Morfología

Arbusto o subarbusto, muy raramente arbolillo de hasta 10-12 m de alto cuando se desarrolla en condiciones favorables, en lugares poco accesibles a la intervención humana. López Lillo y Sánchez de Lorenzo (1999) destacan ejemplares de porte arbóreo cultivados en el Pazo de Oca, en Pontevedra. Muy longevo, según recoge Font Quer (1962) “dicen de él que puede llegar a vivir más de seis siglos”. Perennifolio. Muy ramoso. Ramillas jóvenes algo vellosas o glabrescentes, aparentemente cuadrangulares por llevar rastros foliares muy prolongados de las bases de sus hojas opuestas. Estas simples, de pecíolo corto y limbo elíptico, coriáceo, más o menos estrecho según las razas, de 1,3-2,5 (3) x (0,4) 0,7-1,2 (1,5) cm, con el ápice escotado o redondeado y atenuado en la base. Para ver detalles de la morfología microscópica de su apreciada madera consultad Schoch *et al.* (2004).

1.2. Biología reproductiva

Flores unisexuales, para Ruiz de la Torre (2006) blanquecinas como carácter diferencial con *Buxus balearica*, aunque según López González (2001) los sépalos (tépalos) son amarillentos. Inflorescencias en glomérulos de 5-6,5 mm de diámetro, constituidas por una flor femenina y generalmente 3 flores masculinas, a veces más, todas con periantio tepaloide; tépalos internos aovados, blanquecinos, los externos obovados.

Las inflorescencias inician su formación y son distinguibles desde septiembre aunque la antesis floral, más o menos sincronizada en los individuos de la misma población, suele tener lugar en primavera, aunque en zonas bajas de climas costeros puede florecer en invierno, entre febrero y abril en el conjunto de su área de distribución. Probablemente, la polinización es, en su mayor parte, entomófila, aunque también es posible la anemófila. En las inflorescencias hay una ligera protoginia que favorece la polinización cruzada aunque no es descartable algo de autogamia. Fruto en cápsula, globosa, culminada por tres cortos apéndices rectos o curvados, de 1,5-2,5 mm de longitud, menores de la cuarta parte de la longitud de la cápsula (Benedí, 1997); se abre por tres valvas que pueden contener hasta 2 semillas cada una (Fig. 1).

Semillas 5-6 x 2,5-3 mm, lisas, negras, brillantes, carunculadas (Fig. 2). Para descripciones más detalladas Benedí (1997), de quien tomamos las mediciones, López González (2001) y Ruiz de la Torre (2006).



Figura 2. Semillas de *Buxus sempervirens*.

Figura 1. Frutos de *Buxus sempervirens*
(Foto: J.I. García Viñas).

La maduración de los frutos se produce a finales del verano o principios de otoño, pasando las cápsulas de un color verdoso a amarillento. Se considera especie vecera, con años de muy escasa producción de semillas, en los que las cápsulas se forman y llegan a abrirse pero no contienen semillas o presentan muy pocas. La diseminación es autocórica, con algunas cápsulas de apertura explosiva. Las semillas se dispersan en los alrededores de la planta madre. La carúncula de las mismas puede contribuir a una cierta dispersión por hormigas. La jardinería ha utilizado con profusión esta especie y seleccionado, para su cultivo, numerosas variedades que se multiplican vegetativamente. Huxley *et al.* (1992), López Lillo y Sánchez de Lorenzo (1999) y López González (2001), recogen diversas variedades de cultivo utilizadas en jardinería. Guillot Ortiz *et al.* (2008) presentan una clave dicotómica para identificar los taxones de *Buxus* cultivados en la provincia de Valencia que expone los caracteres diferenciales entre distintas variedades de cultivo.

1.3. Distribución y ecología

La especie presenta una amplia área de distribución, abarcando el norte de África (Argelia, Libia y Marruecos), la parte occidental de Asia (Irán, Turquía, Azerbaiyán) y Europa, donde se distribuye por el Reino Unido, Austria, Bélgica, Alemania, Suiza, Albania, Yugoslavia, Grecia, Italia, Francia, Portugal y España (USDA-ARS, 2001).

Webb (1968) indica una distribución europea semejante pero señala como dudosamente nativa su presencia en la Turquía europea y como no nativa en Rumania y Azores. Charco (2001) pormenoriza y esquematiza en un mapa su distribución en el norte de África. Ceballos y Ruiz de la Torre (1971) extendían su área de distribución oriental hasta el Himalaya occidental. En Benedí (1997) se recoge el listado de provincias de la Península Ibérica donde se conoce su presencia y se indica como distribución general el NE peninsular, frecuente en los Pirineos y Prepirineos, alcanzando por el sur las montañas

del sudoeste de Jaén, donde, efectivamente, se encuentra en los macizos montañosos de Segura-Cazorla y Mágina. También se recoge su presencia en Almería, situándola Ruiz de la Torre (2006) en la Sierra de Gádor. En determinadas provincias del occidente peninsular, tanto españolas como portuguesas, parece encontrarse naturalizada de antiguo (Benedí, 1997).

En el territorio ibérico se distribuye desde una altitud de 12 m en las costas de Garraf hasta los 2.430 m en el Pirineo de Lleida, encontrándose la mayor parte de sus manifestaciones entre 400 y 1.700 m. Fitter y Peat (1994) presentan una ficha de la ecología de esta especie en las Islas Británicas, que sitúa su límite boreal en latitud en Escocia. En general vive en climas axéricos y submediterráneos, más raramente en mediterráneos con influencia marítima.

En la Península Ibérica el rango de precipitaciones medias anuales de las localidades en que se presenta varía entre 600 y 1.200 mm y el de temperaturas medias anuales entre 6 y 12 °C. Manifiesta una cierta preferencia por los terrenos calcáreos, donde forma matorrales y arbustados, bien como especie dominante, formando bujedos o formando parte del sotobosque o en lindes y claros de bosque, en hayedos, robledales caducifolios y quejigares o en pinares de *Pinus nigra* y *P. sylvestris*. Es especie de media sombra o de sombra en las latitudes más bajas, de luz en las más elevadas.

Bello y Sebastià (2001), en un estudio realizado en pinares de *Pinus sylvestris* en la Sierra del Verd (sur del Parque Natural del Cadí-Moixerò), encontraron que el desarrollo del boj era mayor en las zonas donde la actuación forestal era más antigua y el pastoreo muy poco intenso y que, a pesar de la toxicidad del follaje de esta especie, considerada muy poco palatable por el ganado, su desarrollo parece verse afectado por el pastoreo.

Tena (2009) realiza una ficha muy detallada de las formaciones estables xerotermófilas de *Buxus sempervirens* en pendientes rocosas (Berberidion p.p.), separando las formaciones de boj de enclaves rocosos, más xéricos, de las ligadas a ambientes forestales, extendidas como consecuencia de la degradación del bosque.

El boj común torna durante el invierno la coloración verde intensa de su follaje por tonos bronceados, rojizos o amarillentos. Estos cambios parecen deberse a la acumulación de carotenoides en los plastidios de las células subepidérmicas de las hojas que, de este modo, protegen los cloroplastos de las células del mesófilo (Hormaetxe *et al.*, 2005).

2. Materiales forestales de reproducción

2.1. Marco normativo. Identificación de los materiales de reproducción

No está regulada la comercialización de los materiales de reproducción de boj; por lo tanto no existe un sistema de certificación que otorgue a los mismos una región de procedencia. Sin embargo, se recomienda considerar en su uso la concordancia de las zonas de utilización con las regiones de identificación que de forma oficiosa cabe asignar. En la Figura 3 se presenta su distribución en España sobre las Regiones de Identificación (García del Barrio *et al.*, 2001).

Está considerada como especie “De interés especial” en las poblaciones de Arralde, Gorbea y Narvaja en el País Vasco (Orden de 10 de septiembre de 1998) y en la Región de Murcia (D. 50/2003) y como “En régimen de protección especial” en la Comunidad de Andalucía (D. 23/2012). En lo que se refiere a la normativa sanitaria, el material de reproducción del boj no requiere ir acompañado por un pasaporte fitosanitario.

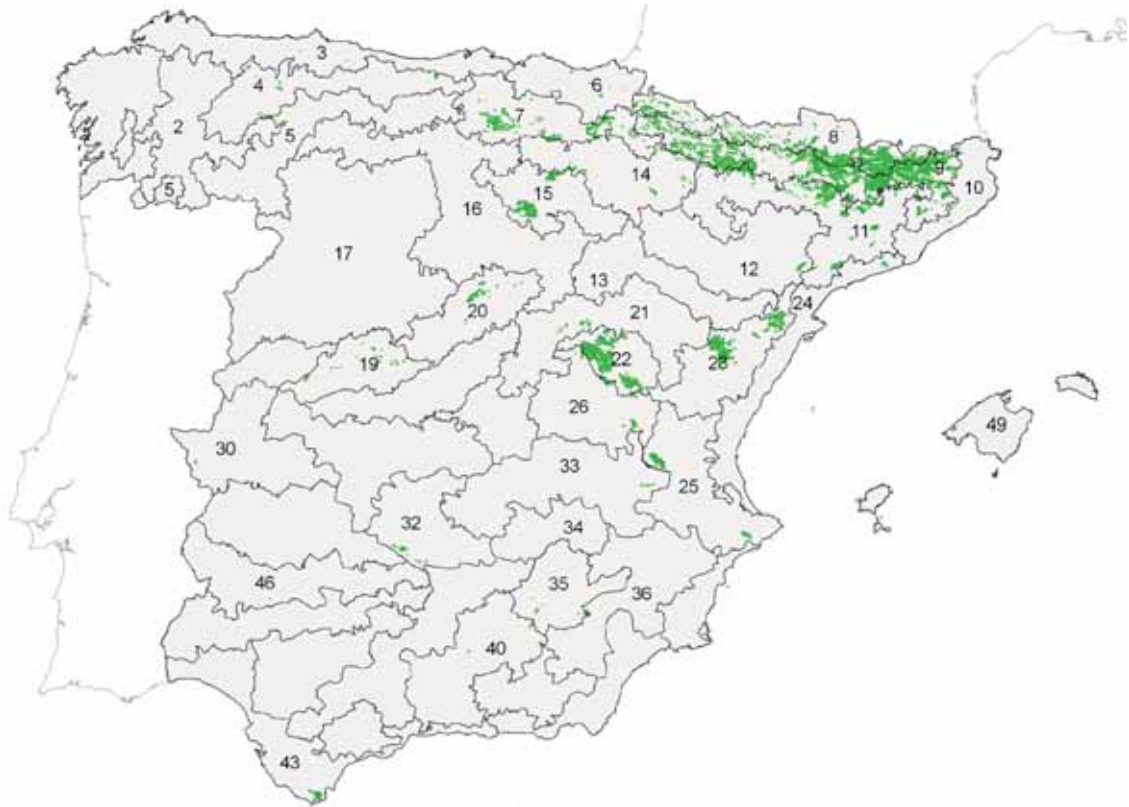


Figura 3. Distribución de *Buxus sempervirens* y Regiones de Identificación de sus materiales de reproducción (Fuente: Mapa Forestal de España, 1:200.000).

2.2. Técnicas de manejo y propagación

2.2.1. Semillas

La recogida de los frutos, que se efectúa por ordeño manual de los extremos de las ramas donde se sitúan los frutos, ha de abordarse a mediados de verano, cuando las cápsulas aún están algo verdes, no debiendo retrasarse, a fin de evitar que las altas temperaturas puedan provocar su apertura y la diseminación de las semillas. Su extracción se realiza mediante secado al sol, cribado y separación densimétrica mediante aventado. Resulta innecesario el trillado de los frutos. Dada la dehiscencia explosiva de éstos, durante su secado resulta oportuno cubrirlos con una malla o red que impida que la semilla se desperdigue. El comportamiento de la semilla es ortodoxo. Su almacenamiento es en frío y ambiente seco (Navarro-Cerrillo y Gálvez, 2001), debiéndose conservar la semilla con un contenido de humedad del 6-8% y en recipientes herméticos. Las semillas tienen

una testa muy dura e impermeable que dificulta una germinación rápida. Según nuestra experiencia, precisan pasar un invierno en frío para germinar. Por tanto, si se quiere una germinación uniforme se puede hacer una estratificación en frío durante 2-3 meses, aunque sin tratamiento se pueden alcanzar germinaciones del 70% (Young y Young, 1994). En la Tabla 1 se aporta información sobre datos de referencia de lotes de semillas de esta especie. Las normas ISTA (2011) no proponen condiciones particulares de ensayo

Tabla 1. Datos característicos de lotes de semillas de *Buxus sempervirens*.

Rendimiento semilla/fruto (% en peso)	Pureza (%)	Facultad germinativa (%)	Nº semillas kg ⁻¹	Referencia
			75.171-136.277	García-Fayos (2001)
	46-97	60-85	49.980-70.850	Navarro-Cerrillo y Gálvez (2001)
4,9-13,8	99-100	51-96 ⁽¹⁾	75.500-93.100	Banc de Llavors Forestals (Anexo II)
9-18	95-99	60-85 ⁽¹⁾	91.000-108.000	CNRGF <i>El Serranillo</i> (Anexo III)

⁽¹⁾ Ensayos al tetrazolio

aplicables a esta especie.

La germinación es epigea. Plántula de 3-4 cm con dos cotiledones largos y emarginados, con dos hojas primordiales con el limbo elíptico con bordes enteros (Navarro-Cerrillo y Gálvez, 2001). La emergencia de las plántulas eleva la testa de la semilla y, con dificultades, a veces insalvables, se desprenden de ella. Las plántulas presentan cotiledones lineares.

2.2.2. Vegetativa

La propagación vegetativa es fundamental para la expansión de las plantas y asegura su supervivencia. Brota de cepa y las ramas bajas se acodan y enraízan con facilidad. En vivero se suele multiplicar vegetativamente, a partir de esquejes poco lignificados que enraízan con facilidad sin precisar tratamientos hormonales. Los esquejes obtenidos en otoño enraízan en cama fría durante el invierno y la primavera o, bajo niebla, en cualquier época del año. Para plantaciones de restauración hay que recolectar esquejes de plantas muy diversas y distanciadas, para tratar de conservar la diversidad genética.

3. Producción de plantas

El desarrollo de las plantas de semilla es muy lento en las primeras edades y las plantitas son mucho más delicadas que las producidas por esquejado. Cultivado en sustratos turbosos suele manifestar pronto síntomas de clorosis y requiere abonado. El riego debe regularse para evitar encharcamientos y, durante el verano, se debe dosificar alternándolo con períodos en que se deje desecar bastante el sustrato.

Es importante mantener el cultivo limpio de malas hierbas, sobre todo en las primeras fases del mismo, dado su lento crecimiento inicial. El boj es muy sensible a enfermedades fúngicas por lo que debe vigilarse cuidadosamente y evitar el exceso de riego y tratar con



Figuras 4 a y b. Planta de *Buxus sempervirens* de una savia cultivada en alveolo de 300 cm³ (izquierda) y de dos savias cultivada durante el primer año en alveolo de 200 cm³ y trasplantada a envase de 1 litro para su tercer año de cultivo (derecha) (Fotos: CNRGF El Serranillo).

fungicidas.

4. Uso en repoblaciones y restauraciones

El uso del boj en trabajos de repoblación y restauración es más bien limitado. Sin embargo, su uso en ornamentación y jardinería está muy extendido, con notable empleo en setos y borduras.

5. Bibliografía

DE BELLO F., SEBASTIÀ M.T., 2001. Densidad de población y distribución espacial de leñosas en bosques de *Pinus sylvestris*. En: Actas del III Congreso Forestal Español. Mesas 1 y 2. (Junta de Andalucía, ed.). Granada. pp. 230-234. Disponible en: <http://congresoforestal.es>

BENEDÍ C., 1997. *Buxus* L. En: Flora iberica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares. Vol VIII. *Haloragaceae-Euphorbiaceae*. (Castroviejo S., Aedo C., Benedí C., Laínz M., Muñoz Garmendia F., Nieto Feliner G., Paiva J., eds). Real Jardín Botánico, Madrid. pp. 186-189.

CEBALLOS A., 1986. Diccionario ilustrado de los nombres vernáculos de las plantas en España. Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid.

CEBALLOS L., RUIZ DE LA TORRE J., 1971. Árboles y arbustos de la España Peninsular. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes, Madrid. pp. 364-365.

- CHARCO J., 2001. Guía de los árboles y arbustos del Norte de África. Ed. Agencia Española de Cooperación Internacional, Madrid.
- FITTER A.H., PEAT H.J., 1994. The Ecological Flora Database [en línea]. J. Ecol. 82, 415-425. Disponible en: <http://www.ecoflora.co.uk> [3 Mar, 2010].
- FONT QUER P., 1962. Plantas medicinales. 10ª edición. Ed. Labor, Barcelona.
- GARCÍA DEL BARRIO J.M., DE MIGUEL J., ALÍA R., IGLESIAS S., 2001. Regiones de identificación y utilización de material forestal de reproducción. Organismo Autónomo Parques Nacionales. 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. 11.
- GUILLOT ORTIZ D., MATEO SANZ G., ROSSELLÓ PICORNELL J.A., 2008. Clave para los taxones cultivados del género *Buxus* L., en la provincia de Valencia. *Bouteloua* 5, 22-26.
- HORMAETXE K., BECERRIL J.M., FLECKZ I., PINTO M., GARCIA-PLAZAOLA J.I., 2005. Functional role of red (retro)-carotenoids as passive light filters in the leaves of *Buxus sempervirens* L.: increased protection of photosynthetic tissues? J. Exp. Bot. 56(420), 2629-2636.
- HUXLEY A., GRIFFITHS M., LEVY. M. (eds.), 1992. *Buxus sempervirens*, in Dictionary of Gardening. The New Royal Horticultural Society. The McMillan Press L. London and Basingstoke.
- LÓPEZ GONZÁLEZ G.A., 2001. Los árboles y arbustos de la Península Ibérica e Islas Baleares. Tomo I. Ed. Mundi-Prensa, Madrid. pp. 703-707.
- LÓPEZ LILLO A., SÁNCHEZ DE LORENZO J.M., 1999. Árboles en España. Manual de identificación. Ed. Mundi-Prensa, Madrid.
- NAVARRO CERRILLO R.M., GÁLVEZ C., 2001. Manual para la identificación y reproducción de semillas de especies vegetales autóctonas de Andalucía. Tomo I. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, Córdoba. pp. 96-99.
- RUIZ DE LA TORRE J., 2006. Flora Mayor. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Dirección General para la Biodiversidad, Madrid. pp. 1293-1295.
- SCHOCH W., HELLER I., SCHWEINGRUBER F.H., KIENAST F., 2004. *Buxus sempervirens* in Wood anatomy of central European Species. Online version: www.woodanatomy.ch.
- TENA D., 2009. 5110 Formaciones estables xerotermófilas de *Buxus sempervirens* en pendientes rocosas (*Berberidion p.p.*). En: VV.AA., Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino, Madrid.
- USDA-ARS, 2010. *Buxus sempervirens*. En: Germplasm Resources Information Network - (GRIN) [Base de datos en línea]. National Genetic Resources Program. National Germplasm Resources Laboratory, Beltsville, Maryland. Disponible en: <http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/taxon.pl?8212>. [6 Jun, 2010].
- WEBB D.A., 1968. *Buxus* L. En: Flora Europaea, 2, *Rosaceae* to *Umbelliferae*: 243. (Tutin T.G., Heywood V.H., Burges N.A., Moore D.M., Valentine D.H., Walters S.M., Webb D.A., eds.). Cambridge Univ. Press., Cambridge.