

Castanea sativa Mill.

Castaño, castaño regoldo (no injertado); *cat.*: castanyer; *eusk.*: gaztainondo, arrunta; *gall.*: castiñeiro

Beatriz CUENCA VALERA, Juan P. MAJADA GUIJO

1. Descripción

1.1. Morfología

El castaño es un árbol corpulento que puede alcanzar los 35 m de altura. El porte es derecho y regular, variable, según sea cultivado o silvestre, y según crezca aislado o integrado en formaciones más o menos cerradas. La copa es recogida, elipsoidal en los no injertados y amplia y esférica en los cultivados, comenzando a baja altura y dando una silueta muy característica, reconocible a distancia. El tronco es normalmente derecho, más grueso y corto en los pies injertados y recto y limpio en los no injertados, pudiendo el fuste no injertado superar los 25 m. La corteza es lisa y tiende a verde-pardo en los jóvenes que se va tornando más gris, oscura, espesa y resquebrajada en los viejos, presentando costillas.

El sistema radical es potente, medianamente profundo, extendido y robusto. En terreno suelto y ligero o cultivado, las raíces laterales, bastante someras, se extienden en todas direcciones en una capa de unos 50 cm desde la superficie, buscando la parte del suelo más aireada. El crecimiento de la raíz principal cesa al detener la copa su crecimiento en altura. Brota vigorosamente de cepa y sus raíces laterales dan renuevos abundantes.

En estaciones buenas puede llegar a crecer 1-2 cm en diámetro al año. Vieitez *et al.* (1996) refieren crecimientos controlados de ejemplares hasta los 45 años, alcanzando diámetros de 84 cm. El crecimiento óptimo del castaño puede extenderse hasta los 70-80 años, con fustes de 50 a 70 cm de diámetro normal. Los turnos de tala pueden establecerse en períodos más cortos, dependiendo de la estación y del destino de la madera. Elorrieta (1949) indica que el punto culminante del crecimiento medio de la masa regular en monte alto se verifica en torno a los ochenta años, edad de la corta forestal del castaño. Más allá, el crecimiento deja de ser rentable, puesto que comienzan los procesos de regresión del leño, cuando puede comenzar el ahuecado del tronco.

Son frecuentes los brotes de cepa que cortados a nivel del suelo originan los llamados tallares, que se explotan en rotaciones de monte bajo, y los brotes que se forman sobre castaños trasmochos, recepados a unos 2 m de altura como era habitual en Galicia. La respuesta del crecimiento del castaño cuando se recepa a nivel del suelo es muy buena. De estos brotes a los 18-20 años se obtienen producciones que llegan a los 18 m³ ha⁻¹ año⁻¹, lo que permite su explotación en tallares o monte bajo. En Galicia y otras regiones de España era habitual cortar los castaños injertados a 2-2,5 m de altura para dejarlos rebrotar y seleccionar después ciertos brotes, que se dejan crecer durante unos 20 años. De este modo se consigue madera de mayor escuadría en el tronco y madera de menor

volumen en las ramas o tallares. Sin embargo, con frecuencia este sistema se ha visto sobrepasado por el tiempo y la ausencia de gestión. El ahuecamiento del tronco, frecuente en los trasmochos centenarios, suele ser debido al modo de realizar las cortas de las ramas, dejando inevitables vías de entrada de agua y hongos saprófitos que inician la podredumbre de arriba abajo.

Las hojas son simples, alternas y caducas aunque con cierta marcescencia. El peciolo es corto, ensanchado en la inserción con la rama. Limbo oblongo-lanceolado, agudo o acuminado, prolongado en punta fina y base simétrica, cordiforme, de 15 x 5 cm en los silvestres y generalmente más grande y ancho en los domésticos, donde puede alcanzar hasta los 25 cm. Heteromorfas, pubescentes en el envés, especialmente junto al nervio. Bordes con dientes de sierra muy regulares, mucronados y senos muy marcados, de forma redonda o ligeramente rectilínea. Las puntas de los dientes siempre están orientadas hacia la punta de la hoja. El color es variable según variedades, siempre cambiando de tonalidad entre el haz (brillante) y el envés (mate), más oscuro en los cultivados. La nerviación es pinnada muy regular, destacada en el envés, terminando los nervios laterales en los dientes. Las yemas están protegidas por cuatro escamas y las finales están en posición axilar.

1.2. Biología reproductiva

Se trata de una especie monoica, esto es, con flores masculinas y femeninas en el mismo pie. Las flores masculinas se presentan agrupadas en glomérulos de 5 a 6 flores, a veces hasta 10, con una bráctea común ligeramente trilobulada reunidas en amentos largos, erectos e interrumpidos. Los amentos se sitúan en los extremos de las ramas, en intervalos cortos los unos de los otros. Cada flor posee de 10 a 12 estambres, insertos en el fondo del periantio. Las flores masculinas pueden ser de varios tipos en función de los estambres: astaminadas, flores estériles, sin estambres; braquiestaminadas, que producen poco polen, con los filamentos cortos y las anteras que no pasan del periantio; mesoestaminadas, con poco polen, donde las anteras son poco mayores que el periantio; y longiestaminadas, con polen abundante, donde las anteras sobrepasan ampliamente el periantio. Las flores femeninas se encuentran en la base de los amentos generalmente o en amentillos especiales, agrupadas en glomérulos. Estos se forman en la axila de una escama que acaba cayendo. Llevan 4 valvas y 3 flores femeninas, de las que una es terminal y dos laterales secundarias. Cada flor tiene un periantio con 6 lóbulos, bilobulados. Cada uno de ellos se desarrolla de manera desigual. Normalmente tiene 7 estilos erguidos, con el ápice ligeramente castaño.

La floración tiene lugar en mayo-junio en el área mediterránea y en junio-julio en el norte peninsular. Una vez liberado el polen de las anteras, las flores mantienen una alta receptividad durante 3-4 semanas lo que asegura un buen grado de fecundación. El castaño es autoincompatible y la polinización, que es tanto anemófila como entomófila, va a depender de las condiciones climáticas. En estaciones de baja humedad, el transporte del polen por el viento es eficaz, mientras que en zonas de mayor humedad ambiental, la viscosidad natural del polen limita su dispersión anemófila, siendo fundamentalmente las abejas las que aseguran la polinización.

Los frutos presentan maduración anual. Es característica de la especie la infrutescencia en forma de cúpula cerrada, espinosa y dehiscente (Fig. 1), llamada vulgarmente erizo, que ampara a varios frutos de caras planas o convexas. Al alcanzar la madurez, a finales de octubre, se produce la dehiscencia del erizo, que se abre en cuatro valvas y deja caer los frutos. El fruto está formado por aquenios en la base de los amentos, en grupos de hasta 3, cubiertos por brácteas con espinas de hasta 1,5 cm de longitud. Los aquenios tienen una cubierta dura de color pardo-rojizo, lustrosa al exterior y aterciopelada en el interior, cada uno con una semilla (Fig. 2).



Figura 1. Infrutescencia (erizo) de *Castanea sativa* (Foto: J.I. García Viñas).



Figura 2. Semillas de *Castanea sativa*.

Los sistemas vigentes de clasificación de calidad del fruto del castaño son el francés y el italiano (Bassi, 1992; Berardi *et al.*, 1993). El sistema francés, clasifica un cultivar con óptima calidad de fruto como calidad marrón si el porcentaje de multiembrionía (frutos completamente tabicados) es inferior a 12%. Por el contrario, un cultivar con un porcentaje de multiembrionía superior al citado lo clasifica como castaña. El sistema italiano, por su parte, clasifica un cultivar de óptima calidad como marrón si cumple los siguientes atributos: número de frutos por kilo inferior a 80 unidades, pericarpo de color café claro con un estriado oscuro en sentido meridiano muy marcado, forma oval alargada, pericarpo delgado con tegumento interno (episperma) que no penetra la masa comestible, pela fácil y pulpa comestible dulce de consistencia cremosa que no se altera al cocer.

1.3. Distribución y ecología

Hay un cierto consenso en la comunidad científica respecto a que en el Cuaternario, los períodos fríos redujeron la biodiversidad, tanto en número de taxones como de diversidad genética dentro de los taxones, de modo que en Europa quedaron un número restringido de refugios localizados básicamente en las zonas más meridionales del continente (Taberlet *et al.*, 1998). De acuerdo con esta teoría, la recolonización de Europa por parte de los bosques comenzó desde estos refugios y la desaparición de muchas especies se debió a que no pudieron sobrevivir en ellos (Brewer *et al.*, 2002).

Si bien se ha asumido tradicionalmente que el castaño fue introducido en España por los romanos procedente de los refugios de Europa del Este (Cáucaso y Turquía), Krebs

et al. (2004) señalan que, además de estos dos refugios, existe una alta probabilidad de que hubiera tres más en Italia y otro en la Península Ibérica, en la costa cantábrica, desde Picos de Europa al País Vasco francés. Otros estudios recientes señalan también la evidencia prerromana de la presencia de castaño (Muñoz Sobrino *et al.*, 2001; Carrión *et al.*, 2003). La fragmentación de los refugios durante las glaciaciones generaría una gran variabilidad genética entre poblaciones. Pero, sin embargo, la domesticación y el amplio uso de variedades clonales y de la reproducción vegetativa mediante el rebrote de los tallares, pudo resultar en una pérdida de diversidad genética, de modo que su adaptabilidad a las diferentes áreas podría explicarse más por plasticidad fenotípica que por adaptación.

Estudios recientes, sin embargo, encuentran diferencias altamente significativas entre poblaciones de diferentes puntos de Europa respecto de caracteres fenológicos, crecimiento y mortalidad, lo que refleja que la responsable de la actual estructura de las poblaciones españolas es la selección natural y que la especie tiene capacidad para responder a cambios ambientales (Lauteri *et al.*, 2004; Fernández-López *et al.*, 2005). Por otra parte, la riqueza de alelos por locus en las poblaciones españolas es mayor que en las francesas e italianas, reforzando la hipótesis de que puede ser una especie nativa en el noroeste de España (Fernández-López y Alía, 1999; Fernández-López y Alía, 2003).

El castaño abunda en la España húmeda septentrional, de Galicia a Cataluña, excepto en la zona pirenaica. También en las sierras del Oeste y en las sierras penibéticas. Está también presente en Canarias, en la Isla de La Palma. Podemos señalar cuatro núcleos fundamentales (Ceballos y Ruiz de la Torre, 1971):

- Noroeste de Galicia, Zamora, León, Asturias, Santander, País Vasco y Navarra.
- Cataluña, en Girona y Barcelona.
- Centro-Oeste, en Sierra de Gredos, Valle del Tiétar y Peña de Francia.
- Andalucía, en Sierra de Aracena, Serranía de Ronda, Sierra Nevada y Sierra Morena.

Ocupa una superficie de 1.100.000 ha, como especie principal unas 227.000 ha, según datos del Tercer Inventario Forestal (MARM, 2010). En su área de distribución hay dos tendencias. En el norte predomina el castaño silvestre o asilvestrado, mientras que en el Centro y Sur prevalece el cultivado por su fruto. Así, en los castañares andaluces, el castaño silvestre prácticamente no existe. Los de Extremadura, Salamanca y Ávila son fundamentalmente monte bajo y castaño injertado. El castañar gallego está en fase de asilvestramiento. En Asturias y Girona domina el monte bajo y el castaño domesticado está en desaparición. En el País Vasco y Navarra la situación es semejante y, además, el castaño silvestre está muy afectado por el chancro (Fernández *et al.*, 2000).

Las condiciones óptimas para el desarrollo del castaño varían de acuerdo con las diferentes zonas. En todas las áreas, sin embargo, han de darse una serie de características comunes: pluviometría de regular a abundante sin sequía en el suelo durante el verano, suelos profundos con un contenido no muy elevado de rocas ni arcilla, de buena permeabilidad, ácidos pero no demasiado, con una cantidad relativamente elevada de materia orgánica (5-8%) (Berrocal *et al.*, 1998) y sin acumulación de sales. Es tolerante en medios desviados

de estas condiciones aunque no tolera los suelos pantanosos y compactos. El castaño requiere precipitaciones medias anuales elevadas. En Galicia, la media es de 1.200 mm, 1.700 mm en la Cornisa Cantábrica, 1.170 mm en Extremadura y 850 mm en Cataluña. La media de precipitaciones en verano supera los 200 mm en el norte, 130 mm en Galicia y 57 mm en Extremadura. La temperatura media anual en las zonas de desarrollo está comprendida entre los 10 y 13 °C, con mínimas en invierno de entre 0 y 5 °C y máximas en verano entre 18 y 31 °C. Estos valores indican, claramente, que su distribución se corresponde, fundamentalmente, con zonas litorales y sublitorales, quedando excluidas las zonas continentales, por su sensibilidad a las heladas tardías. Prefiere la situación de ladera, buscando situaciones abrigadas y frescas, y puede vivir en altitudes comprendidas entre el nivel del mar y los 1.200 m (Gallardo, 2001), estando los mejores huertos de fruto situados entre los 200 y 600 m. La pendiente ideal es del 25%.

Hay que tener en cuenta que el ámbito estacional de los tallares actual es más amplio que el de los árboles cultivados para producción de fruto. Roselló *et al.* (2001) determinaron los parámetros discriminantes de los diferentes grupos biogeoclimáticos de los castañares (Ecorregiones). Estos parámetros son los relacionados con los aportes hídricos (precipitaciones de invierno y otoño, fundamentalmente), el grado de continentalidad (diferencia entre la temperatura media del mes más cálido y la media del mes más frío), el grado de mediterraneidad (precipitaciones de verano) y la eficacia térmica del clima (evapotranspiración anual y temperatura media del mes más frío). Estos factores permiten expresar los hábitats climáticos del castaño de forma simplificada, de modo que obtenemos tres grupos de ecorregiones: en uno de ellos la ecorregión III, Catalano-Aragonesa, con un gradiente de continentalidad y mediterraneidad, las ecorregiones I y II, Galaico-Cantábrica y Ourense, caracterizada fundamentalmente por sus aportes hídricos y las ecorregiones V y VII, Extremadurenses y Béticas, caracterizadas por la eficacia térmica del clima y el tipo de invierno.

En resumen, en el norte de España, la temperatura media anual, la fecha de la última helada y la permeabilidad del suelo pueden ser los factores críticos para la reforestación, mientras que en la zona sur, los factores críticos suelen ser la altitud, la evapotranspiración en verano, la duración de la sequía y el almacenamiento de agua en el suelo. Avanzar en el conocimiento de los requerimientos ecológicos del castaño implica llevar el análisis a un nivel regional para caracterizar con detalle la variabilidad del medio y ofrecer al gestor herramientas de manejo a la hora de la toma de decisiones sobre la gestión forestal de esta especie. Con este fin se han venido desarrollando en los últimos años en España estudios parciales con carácter regional de la autoecología de esta especie (Blanco, 1985; Rubio, 1993 a y b, 1997; Rubio y Gandullo, 1994; Blanco y Rubio, 1996; Rubio *et al.*, 1997 a y b, 1999; Rubio y Blanco, 1999; Blanco *et al.*, 2000; Gómez Sanz *et al.*, 2002).

2. Materiales forestales de reproducción

2.1. Marco normativo. Identificación de los materiales de reproducción

La especie *Castanea sativa* está incluida en la Directiva 1999/105/CE que regula la comercialización de los materiales forestales de reproducción, traspuesta por España mediante el Real Decreto 289/2003. A su vez, y de acuerdo con la posibilidad contemplada

al respecto por la norma europea, el citado Real Decreto incluyó a los híbridos artificiales de *C. sativa* en orden al interés que los mismos tienen para la silvicultura española.

Las regiones de procedencia, tanto del castaño como de sus híbridos artificiales, se establecen siguiendo el método divisivo (Fig. 3), a partir de las Regiones de Identificación y Uso (RIUs) definidas en su momento de acuerdo con las regiones bioclimáticas de la España Peninsular (Elena, 1997). Según esta división, el castaño europeo está presente en las regiones de procedencia recogidas en la Tabla 1 (Alía *et al.*, 2009).

En cuanto a los híbridos, más que una determinación previa de las regiones de procedencia, lo que cabe entender, dada su naturaleza artificial, es una asignación de los materiales de base a una región de procedencia, según el marco divisivo establecido. Los materiales de base de *C. sativa* inscritos actualmente en el Catálogo Nacional corresponden a las categorías identificada y seleccionada, habiendo sido en este último caso la producción de madera el criterio de selección. Dichos materiales de base ofrecen la posibilidad de obtener material de reproducción de un gran número de regiones de procedencia, entre ellas las de mayor representatividad en cuanto a distribución geográfica. Destaca, en todo caso, el hecho de que hasta la fecha, en la región de Galicia sólo hay 5 rodales aprobados para la producción de material de la categoría seleccionada, así como la ausencia de fuentes semilleras y rodales en Cataluña.

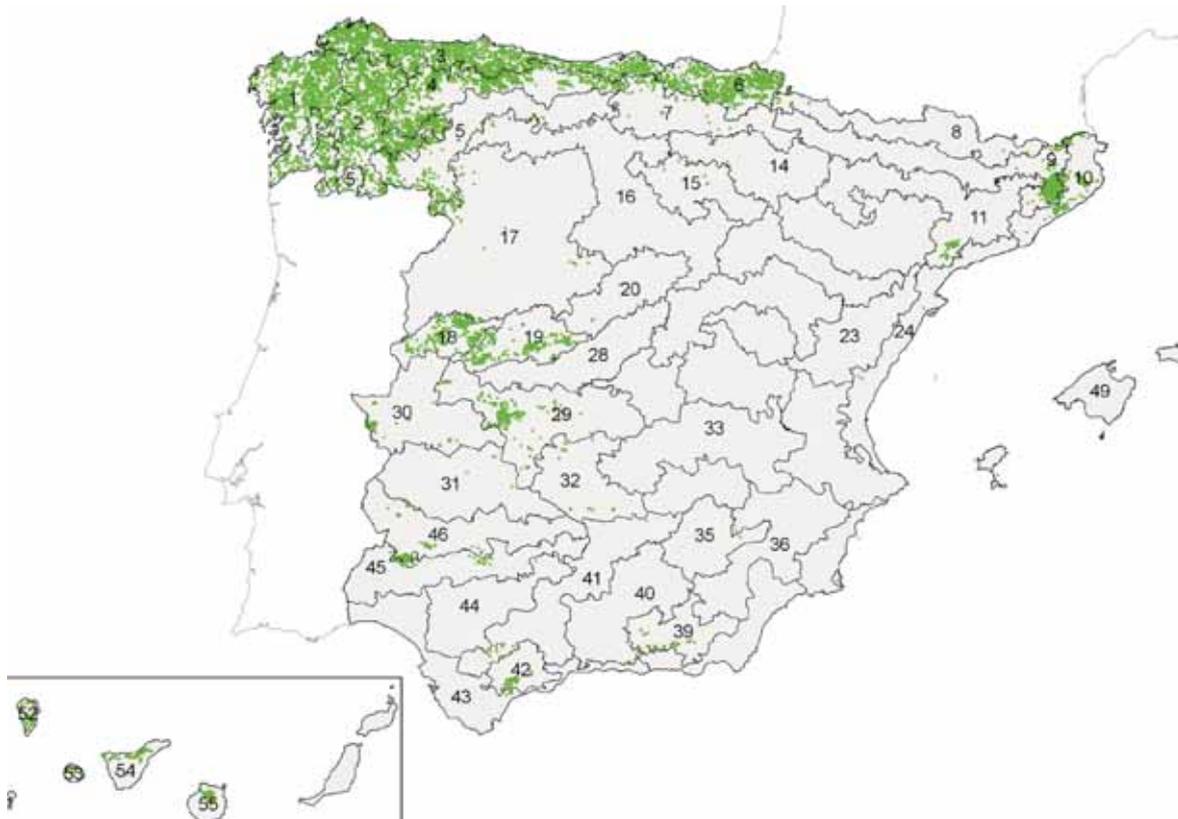


Figura 3. Distribución de *Castanea sativa* y Regiones de Procedencia de sus materiales de reproducción (Alía *et al.*, 2009).

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

RP	Pres			Altitud (m)		Precipitación (mm)		A		Temperatura (°C)			Osc	Hs	Tipo de suelo (FAO)
	(%)	Med	Max	Min	Annual	Estival	(meses)	Med	MaxMC	MinMF	(°C)	(meses)			
1	15,5	291	1081	13	1524	140	0,6	12,8	24,8	3,5	11,1	0	CMu(62) RK(37)		
2	16,2	585	1406	117	1155	121	1,1	11,6	26,2	1,1	13,7	0,1	CMu(56) RK(42)		
3	20,6	285	1294	7	1318	181	0	12,3	22,7	3,4	10,6	0	CMu(38) RK(36) CMc(13)		
4	11,1	676	1794	51	1271	165	0,3	11,1	24,9	0,3	13,5	0,8	RK(45) CMu(36) CMc(12)		
5	3	865	1235	430	976	100	1,8	10,8	27,1	-0,8	15,5	1,8	RK(47) CMu(35)		
6	8,8	384	929	16	1636	248	0	12,3	24,4	2,6	12,6	0	CMu(44) CMc(40) LVx(14)		
7	0,9	578	990	151	1211	178	0,1	11,4	24,4	1,4	13,2	0,2	CMc(52) CMu(42)		
8	0,3	948	1500	658	1311	237	0	9,4	24,3	-2,2	15,3	3,2	CMc(48) CMu(39)		
9	4,2	684	1181	137	950	210	0	12,1	27,1	-0,6	16,2	1,4	CMu(69) CMc(26)		
10	2,7	373	1386	41	882	178	0,5	13,8	28,1	1,3	15,7	0,2	CMd(38) CMu(34) FLe(14) CMc(11)		
11	0,5	774	1083	432	688	112	1,7	12,9	28,2	1,4	17,1	0,1	CMc(49) CMc(46)		
14	0	1124	1302	758	661	135	0,9	9,6	25,4	-1,1	16,1	2,1	CMc(100)		
15	0,1	1348	1618	1180	859	165	0,1	8,4	23,8	-2,1	15,2	3,5	CMc(86) CMu(14)		
16	0,2	985	1339	800	692	94	2	10	27,4	-2,2	16,4	3,4	CMu(69) FLe(23)		
17	1,1	851	1352	604	720	77	2,5	11,3	29,3	-0,9	17	2,2	CMc(33) CMu(28) LPe(26)		
18	3,4	816	1487	388	1056	79	2,4	12,7	30,7	0,5	17,3	0,5	CMu(55) LPd(40)		
19	2,7	926	1648	402	1098	75	2,5	12,8	31,2	0,2	18,2	0,8	LPd(35) CMu(29) CMd(20) CMc(10)		
20	0	1066	1168	969	716	80	2,6	11,8	29,6	-0,3	17,7	0,9	CMd(75) CMu(25)		

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			
23	0	294	294	294	468	70	3	15,7	30,8	3,2	17,3	0	CMc(100)
24	0,1	577	923	284	649	101	2	14,5	28,4	3,1	15,5	0	CMc(80) CMc(20)
28	0	765	1003	526	938	62	3,1	14,3	33,6	1,1	19,5	0	CMd(100)
29	2,2	770	1190	399	849	60	3,1	14,4	33,1	1,7	19,1	0	LPd(54) CMc(36)
30	0,8	549	931	326	715	44	3,5	15	32,6	3,2	18	0	CMd(69) CMc(26)
31	0	600	631	566	596	42	3,9	15,8	33,6	3,2	18,7	0	CMd(25) CMc(25) LPe(25) PLd(25)
32	0,2	778	956	598	633	51	3,6	14,6	34,1	1,1	19,4	0	CMc(82) LPe(12)
33	0	907	907	907	524	59	3,8	13,6	33,5	-1,4	20,8	2,1	CMc(100)
35	0	1090	1090	1090	455	70	3,1	12,9	30,6	0,7	17,1	0	CMc(100)
36	0	1029	1217	841	500	70	3,1	13,3	31,1	0,8	18	0	CMc(100)
39	0,5	1494	2131	954	671	38	3,5	12,1	29,4	0,1	16,7	0,8	CMc(68) CMc(32)
40	0	779	824	733	730	32	3,8	14,7	28,3	4,1	14,8	0	CMc(50) CMc(50)
41	0,2	452	878	271	747	31	4	16,2	33,8	3,8	17,1	0	CMc(87)
42	0,7	680	992	87	1021	31	3,6	15,1	30,5	4	15,8	0	CMc(73) CMc(27)
43	0	521	728	380	865	19	4	16,2	29,8	6,5	14,5	0	CMc(75) VRx(25)
44	0	373	373	373	736	33	4	16,4	35,5	3,1	18	0	CMd(100)
45	0,4	613	778	431	890	45	3,4	15,2	33,4	2,8	17	0	CMc(86) LVx(14)
46	1,2	692	986	394	949	49	3,2	14,9	32,5	3	16,6	0	CMc(63) LVk(33)
49	0	245	382	108	608	61	3	15,2	27,4	5,1	-	0	CMc(100)
51	0	689	689	689	364 ⁽¹⁾	4 ⁽¹⁾	6,0 ⁽¹⁾	15,6	24,8	8,7	-	0	-
52	0,7	827	1509	211	448 ⁽¹⁾	6 ⁽¹⁾	5,9 ⁽¹⁾	16	25,1	9,3	-	0	-
53	0,2	683	1258	173	402 ⁽¹⁾	5 ⁽¹⁾	6,2 ⁽¹⁾	16,9	25,9	10,1	-	0	-
54	0,7	901	1697	492	522 ⁽¹⁾	11 ⁽¹⁾	5,1 ⁽¹⁾	15,1	24,5	8,1	-	0	-
55	0,5	974	1747	63	332 ⁽¹⁾	6 ⁽¹⁾	6,8 ⁽¹⁾	15,4	24,9	8,3	-	0	-

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

En cuanto a castaño híbrido, en el Catálogo figura un rodal selecto, en el que también la producción de madera ha sido el objeto de selección y varios clones, tanto en la categoría cualificada como controlada, para los que se ha evaluado su comportamiento respecto a la producción de madera y resistencia a *Phytophthora* sp. y tenido en cuenta aspectos relativos a la brotación y la producción de castaña.

Una relación conjunta del material de base de *C. sativa* y de sus híbridos aprobado por las CC.AA. puede ser consultada en la página electrónica del Ministerio competente en la materia.

Desde el punto de vista de resistencia a *Phytophthora*, los materiales que resultan más interesantes son los cualificados y controlados seleccionados por resistencia a esta enfermedad. En los años 20 se introdujeron en España semillas de las especies asiáticas, *Castanea crenata* (japonesa) y *C. mollissima* (china) que no podían sustituir al castaño europeo en cuanto a características forestales ni agronómicas, ni eran compatibles para ser injertados con él. Se optó, por tanto, por trabajos de hibridación entre las especies para combinar las características del castaño europeo (vigor, rectitud de fuste y calidad de fruto) con la resistencia a la tinta de los castaños asiáticos (Gallástegui, 1926). El material obtenido por los investigadores Urquijo y Viéitez, fue posteriormente caracterizado en el Centro de Investigación e Información Ambiental de Lourizán entre 1988 y 1991 (Pereira-Lorenzo y Fernández-López, 1997 a). Las Tablas 2 y 3 recogen las características y aptitudes de todos los clones inscritos en el Catálogo.

No hay ningún híbrido absolutamente resistente a la enfermedad de la tinta, sino que presentan diferentes niveles de tolerancia, con porcentajes de supervivencia en test controlados que oscilan entre el 33,3% (90025) y el 100% (3, 16, 111, 7521, 7810) (Miranda-Fontañña *et al.*, 2007). Los clones híbridos presentan un buen comportamiento en zonas de clima atlántico y altitudes inferiores a 600 m, no estando recomendado su uso en zonas interiores de Galicia, excepto en aquellas áreas donde el período de sequía estival sea inferior a un mes y dispongan de un período libre de heladas superior a los 200 días. Esta recomendación negativa en estas zonas se debe a su brotación temprana o muy temprana (principio de febrero a mediados de abril) y a su sensibilidad a la sequía estival (Fernández-López y Miranda-Fontañña, 2007).

En los últimos años se ha hecho un intenso esfuerzo en identificar y conservar el germoplasma de las variedades locales de castaño en las diferentes zonas españolas. Los castaños han tenido gran importancia en la mayoría de las culturas del Hemisferio Norte debido al aprovechamiento de sus frutos, tanto para consumo humano como animal, ya que fue alimento básico de alto contenido en hidratos de carbono. Las castañas se consumen frescas, asadas, cocidas o transformadas en mermeladas o purés. Cuando decayó su importancia como alimento de primera necesidad, se comenzó a vender como producto perecedero en verde, ya que no se sabía como conservarla. Después, a medida que fue avanzando la industria de conservación y transformación, la castaña dejó de ser un alimento perecedero para poder distribuirse prácticamente a lo largo de todo el año. Poco a poco se comenzó a transformar la castaña en diversos productos lo que aumentó su diversidad y también su precio, dando lugar a unos beneficios en algunos casos muy interesantes. Se ha producido, por tanto, una evolución en la utilización de la castaña como

Tabla 2. Características y aptitudes de clones de híbridos de *Castanea* para la producción de materiales de la categoría cualificada (Fernández-López y Miranda-Fontaña, 2007).

Clon	Madera				Resistencia a Phytophthora	Brotación	Castaña		
	Vigor	Dominancia apical	Rectitud	Supervivencia			Fecha producción	Calibre	Tabicación
3	Elevado			Media	Algo resistente	Temprana	Media	Pequeña	No
55		Elevada	Media		Algo resistente	Temprana	Temprana	Mediana	No
88	Medio	Media	Media	Elevada	Resistente	Temprana	Temprana	Mediana	No
89	Medio	Media	Media	Media	Resistente	Temprana	Temprana	Muy grande	Algo
125				Media	Sensible	Temprana	Temprana	Grande	No
324			Elevada		Resistente	Temprana	Media	Pequeña	No
374					Resistente	Temprana	Media	Pequeña	No
392			Elevada		Muy resistente	Temprana	Media	Pequeña	No
760	Elevado	Media	Media	Elevada	Algo resistente	Temprana	Media	Pequeña	No
1482				Media	Muy resistente	Temprana	Temprana	Grande	No
1483	Medio		Media	Media	Resistente	Temprana	Media	Pequeña	No
2671	Medio	Media	Elevada	Elevada	Resistente	Temprana	Media	Pequeña	No
7810	Elevado	Media	Media	Media	Resistente	Temprana	Media	Pequeña	No
70005		Media	Media		Resistente	Temprana	Temprana	Pequeña	No
70007		Media	Media	Elevada	Resistente	Temprana	Media	Pequeña	No
90044	Elevada	Elevada	Elevada	Media	Algo resistente	Temprana	Temprana	Muy grande	No

Tabla 3. Características y aptitudes de clones de híbridos de *Castanea* para la producción de materiales de la categoría controlada (Fernández-López y Miranda-Fontaña, 2007).

Clon	Madera			Resistencia a Phytophthora	Brotación	Castaña			
	Vigor	Dominancia apical	Rectitud			Supervivencia	Fecha producción	Calibre	Tabicación
HS	Medio	Escasa	Media	Elevada	Resistente	Temprana	Media	Pequeña	No
X	Muy elevado	Media	Elevado	Media	Resistente	Temprana	Media	Mediana	No
FR-1-SP	Muy elevado	Media	Media	Media	Resistente	Temprana	Media	Pequeña	No
16	Elevado	Media	Media	Elevada	Muy resistente	Temprana	Media	Pequeña	Algo
19	Medio	Elevada	Elevada	Media	Algo resistente	Temprana	Muy precoz	Grande	No
111-1	Elevado	Media	Elevada	Media	Muy resistente	Temprana	Media	Pequeña	No
130	Muy elevada	Elevada	Media	Elevada	Resistente	Medio precoz	Media	Pequeña	No
420	Muy elevado	Elevada	Elevado	Elevada	Resistente	Temprana	Media	Pequeña	No
431	Elevado	Elevada	Elevado	Elevada	Algo resistente	Temprana	Temprana	Mediana	No
513	Muy elevada	Elevada	Media	Escasa	Resistente	Temprana	Media	Grande	No
514	Elevada	Media	Media	Media	Resistente	Temprana	Media	Pequeña	No
942	Medio	Elevada	Media	Media	Resistente	Temprana	Media	Pequeña	No
2003	Elevado	Escasa	Media	Elevada	Resistente	Temprana	Media	Pequeña	No
2522	Muy elevado	Elevada	Elevado	Elevada	Resistente	Temprana	Temprana	Pequeña	No
7521	Medio	Media	Elevada	Elevada	Resistente	Temprana	Temprana	Pequeña	No
90025	Elevada	Media	Elevada	Media	Algo resistente	Temprana	Temprana	Mediana	No

producto de consumo, que ha permitido que sea valorada cada vez por mayor número de consumidores. Esto ha dado origen a un mercado que está en crecimiento, a pesar de los muchos problemas que aquejan sobre todo a los productores, que en frecuentes ocasiones son los menos beneficiados.

En la recolección de castaña se ha de tener en cuenta el período de madurez, que es diferente según las variedades de castaña. Este periodo, además, oscila dependiendo del rango de altitud en el que se cultiva. Así, hay variedades que tienen un periodo de madurez o de recogida más grande debido a que se encuentra cultivada desde altitudes de 500 metros hasta los 1.000 metros, por ejemplo, mientras que en otras su periodo de madurez o de recogida es menor porque el rango de altitud donde se cultiva es más pequeño. La clasificación según el periodo de madurez se hace según el modelo francés (Bergonoux *et al.*, 1978), que utiliza los siguientes periodos de tiempo:

- Precoces: 15 - 25 de septiembre.
- Semiprecoces: 25 de septiembre - 5 de octubre.
- Semitardías: 5 - 15 de octubre.
- Tardías: 15 - 25 de octubre.
- Muy tardías: 25 de octubre - 5 de noviembre y más tarde.

Otras características que cambian según la variedad de la castaña son la facilidad para pelarse, el sabor, la textura, el calibre y el aspecto. Todas ellas influyen en el valor a la hora de comercializar este fruto.

La identificación de las variedades gallegas comenzó en 1989, caracterizándose más de 300 clones de más de 100 denominaciones varietales (Fernández y Pereira, 1993; Pereira-Lorenzo y Fernández-López, 1997 b). Posteriormente, la Escuela Politécnica Superior de Lugo continuó con el estudio de variedades de las diferentes Comunidades Autónomas en las que hay castaño: Castilla y León y Extremadura (Ramos-Cabrer *et al.*, 2003), Andalucía (Pereira-Lorenzo y Ramos-Cabrer, 2003) y Asturias (Díaz *et al.*, 2009).

Finalmente, en un intento de integrar la clasificación de los cultivares españoles de la Península Ibérica, Pereira-Lorenzo *et al.* (2006) evaluaron 701 accesiones correspondientes a 168 cultivares españoles: 31 de Andalucía (12 cvs), 293 de Asturias (65 cvs), 25 de Castilla y León (9 cvs), 4 de Extremadura (2 cvs) y 348 de Galicia (80 cvs). Para ello, se combinaron seis características morfológicas altamente discriminantes y seleccionadas siguiendo el criterio UPOV (1988), alguna de las cuales se habían usado previamente para clasificar cultivares de Galicia (Pereira-Lorenzo *et al.*, 1996 a), Asturias (Pereira-Lorenzo *et al.*, 2005), Andalucía, Castilla y León y Extremadura (Ramos-Cabrer y Pereira-Lorenzo, 2005), con cuatro sistemas isoenzimáticos (Pereira-Lorenzo *et al.*, 1996 b). Con estas características se han estudiado también los cultivares de las Islas Canarias, en las que se localizaron 47 denominaciones varietales diferentes, 21 en Tenerife, 17 en La Palma, 2 en El Hierro y 1 en La Gomera (Pereira-Lorenzo *et al.*, 2001 a y b, 2006, 2007).

En el trabajo de Pereira-Lorenzo *et al.* (2006) se concluye que las principales características morfológicas discriminantes presentaron una importante variación por zonas. Los isoenzimas han mostrado una mayor variabilidad en el norte de España

lo que está relacionado con la importancia del cultivo en esa zona. Por otra parte, los análisis estadísticos mostraron una baja diferenciación genética entre zonas y un exceso de heterocigotos relacionado con la propagación por injerto. Además, se clasificaron 152 cultivares, 58 primarios y 94 secundarios, de los cuales 18 mostraron una elevada variabilidad intracultivar. Un total de 37 cultivares fueron agrupados en 14 grupos de sinonimias, seis de Galicia, uno de Castilla y León (El Bierzo), cuatro grupos de Asturias, uno de Asturias y Castilla y León (El Bierzo) y dos de Asturias, Castilla y León (El Bierzo) y Galicia.

Sin embargo, ninguno de los materiales de estas variedades de fruto está inscrito en el Catálogo, ni registrado como Variedad Comercial de Frutales. Las variedades más interesantes, puesto que pueden destinarse tanto al consumo en fresco como a la industria de pelado, incluso marrón glacé, son: “Famosa”, “Garrida”, “Inxerta”, “Ventura”, “Peluda”, “Praga d’Afora”, “Redondo” y “Soutogrande”. Además, “Garrida”, “Loura”, “Pareda”, “Presa” y “Outeira” tienen fama de interesantes en la producción de madera y, por tanto, para un aprovechamiento mixto. Por otra parte, “Negral”, “Bolesas”, “Bravo de Leirado”, “Courelá”, “Monfortina”, etc., son buenos polinizadores.

Los cultivares asturianos son similares a los gallegos, aunque se diferencian perfectamente con isoenzimas y microsátélites, salvo la variedad “Pareda”, que se plantea como cultivar gallego-asturiano, y probablemente sea la variedad más difundida por todo el país. Se han podido identificar 46 denominaciones en Asturias. “Vaquera” tiene aptitud para marrón glacé y “Caranquexa”, “Colunga” y “Galliciana” para marrón natural. Las variedades para consumo en fresco más adecuadas son “Argua”, “Baragana”, “Cruz”, “Chamberga”, “Escamplero”, “Grúa”, “Serona”, “Vagamesada” y “Zapatona”. Muchas de ellas además son adecuadas para polinizar por su carácter longiestaminado. Los cultivares andaluces son de mayor tamaño que los gallegos y asturianos. Las variedades más frecuentes en la Serranía de Ronda son “Pilonga” y “Temprana”. Las más frecuentes en la Sierra de Huelva son “Planta Alájar” y “Helechal”. Los cultivares del Bierzo son fundamentalmente: “Negral”, “Injerta”, “Pareda”, “Rapado” y “Rapega”. “Negral”, por su buen tamaño, es adecuada para marrón glacé. Los cultivares “Gallego” y “Verdello” parecen ser sinonimias de “Injerta” y “Rapega”, respectivamente. En cuanto a las variedades extremeñas, destaca “Verata”, de un tamaño adecuado para marrón natural.

El grupo de trabajo de Frondosas Nobles del Programa Europeo de Recursos Genéticos Forestales (EUFORGEN) considera que la estrategia de conservación de recursos de castaño debe ser una estrategia conjunta para poblaciones silvestres y cultivadas, donde se conserve la estructura genética actual de árboles superiores y variedades de fruto injertadas, como base de los programas de mejora de la especie. Además, deben conservarse las estructuras genéticas de poblaciones silvestres dañadas por enfermedades o en riesgo de competencia de otros cultivos. La conservación debe hacerse en condiciones adecuadas para la evolución futura de las poblaciones. EUFORGEN establece diferentes métodos para la conservación de recursos de castaño como aplicación de la Estrategia de Mejora de Poblaciones Múltiples (MPBS) (Williams *et al.*, 1995):

- Archivos clonales de árboles plus y variedades locales de fruto. La conservación *in vitro* se considerará también en zonas de alta afeción de enfermedades.

- Ensayos de procedencias en ambientes diferenciados no afectados por enfermedades para la conservación *ex situ*: debe contener material de todas las poblaciones seleccionadas (al menos 20), cada una de ellas con al menos 50 entradas genéticas y no debe existir riesgo de contaminación de polen por plantaciones locales.
- Ensayos de progenies de árboles plus seleccionados: varias poblaciones deben ser testadas en la zona donde se vaya a desarrollar un programa de mejora con una de ellas sirviendo como control.
- Poblaciones manejadas: conservación de un rodal de al menos 100 individuos por subpoblación. Cada una de estas subpoblaciones es una muestra en el ensayo de procedencias.

El Centro de Investigaciones Forestales de Lourizán, en Pontevedra, dependiente de la Xunta de Galicia está al cargo del desarrollo de esta estrategia y con él colabora desde el año 2002, el Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario de Asturias. El centro de Lourizán alberga el mayor banco de germoplasma de castaño del país, gestiona y mantiene los diferentes ensayos y asume el planteamiento de las actuaciones de conservación, a saber:

- Conservación estática en bancos de germoplasma clonales injertados: injertos de los materiales a conservar sobre el huerto semillero resistente a la tinta. Consta de dos bancos de germoplasma.
 - BG1: recoge los materiales de cultivares de fruto de Ourense, Bierzo, Serranía de Ronda y Sierra de Aracena, y árboles superiores seleccionados por producción de madera, 38 en la Galicia costera y 60 en Asturias.
 - BG2: cultivares de fruto. Son dos colecciones, una en Lourizán con 36 clones y otra en Sergude con 82 clones, ambas de cultivares gallegos.
 - Otras colecciones que se están instalando son las correspondientes a los cultivares de Asturias y de las Islas Canarias.
- Conservación en banco de germoplasma clonal: recoge las 32 accesiones de clones cualificados y controlados, además de muchos otros clones híbridos procedentes de las selecciones de Urquijo y Viéitez.
- Conservación dinámica en ensayos de progenies manejados:
 - Ensayo de progenie de polinización abierta de 34 árboles superiores de una zona amplia de la zona costera gallega sometida a la acción de *Phytophthora*, planteado para selección.
 - Ensayo de progenie de polinización abierta de cuatro poblaciones asturianas de diferente altitud y estrato climático planteado para estudiar variabilidad adaptativa dentro y entre poblaciones.
 - Dos ensayos de progenie de polinización abierta de 66 árboles superiores de Asturias costa y Asturias interior, planteado para evaluación genética y reconversión a huerto semillero de brinzales.

- Se plantean nuevas actuaciones para recuperar poblaciones muy afectadas por chancro en País Vasco y Navarra, y para rescatar la variabilidad de poblaciones muy mermadas, como las de S^a de Aracena y Serranía de Ronda.
- Conservación dinámica en poblaciones ya existentes manejadas: se propone la conservación de dos poblaciones de monte alto monoespecíficas sometidas a condiciones ambientales muy diferentes y en dos bosques mixtos de frondosas situados en espacios naturales protegidos, revisando los métodos silvícolas y creando las condiciones para la regeneración natural. Se crearía un protocolo para estudiar la evolución de las masas en su composición y los daños por enfermedades. Las poblaciones que se proponen son: el castañar de Hervás en Cáceres, con escasa incidencia de *Phytophthora* y una población de las rías altas gallegas, con alta incidencia de la enfermedad.

Respecto a la legislación sobre sanidad vegetal, es de hacer constar que el género *Castanea* está sometido a la normativa sobre pasaporte fitosanitario.

2.2. Técnicas de manejo y propagación

2.2.1. Semillas

Las semillas se recogen en otoño (octubre-noviembre). Es conveniente recogerlas en días secos para evitar que durante el almacenamiento y debido a la humedad fermenten y proliferen hongos. La semilla recogida debe ser regoldona, es decir, de pies silvestres y no injertados y cumpliendo con la normativa vigente (RD. 289/2003). Una excepción puede ser cuando se desea producir castaño injertado, donde la semilla del portainjerto puede ser de la misma variedad para favorecer la compatibilidad siempre y cuando no haya problemas de afección de *Phytophthora*, caso en el que los portainjertos deberán ser resistentes a la enfermedad.

La recogida de los frutos se hace desde el suelo y de forma escalonada tras su caída natural, o puede planificarse provocando la caída mediante el golpeo de las ramas fructíferas. El vareo permite completar la recogida de una vez, pero los desgarramientos y heridas en las ramas pueden convertirse en focos de infección, por lo que podría desaconsejarse. Los erizos caídos sin abrir son golpeados para que se abran y recoger el fruto. La limpieza anticipada del suelo (retirada de ramas, segado de la hierba) facilita la recogida, que podrá ser manual o mecánica. La recogida manual puede hacerse directamente, empleando rastrillos y guantes de protección, o con la ayuda de redes extendidas bajo los árboles en el momento del vareo o de forma anticipada para aprovechar la caída espontánea. En este último caso, las redes pueden situarse a ras del suelo o suspendidas, y su empleo hace más rápida la recogida y la posterior limpieza, pero presenta el inconveniente de su instalación, el coste del material y los posibles daños por animales salvajes. La recogida mecánica se hace con la ayuda de máquinas barredoras o aspiradoras, que se enganchan al tractor o con autonomía propia y, en algún caso, portátiles. Su empleo puede estar condicionado por las características del terreno y de la plantación (acceso, pendiente, tamaño de la parcela, disposición de los árboles, limpieza del suelo). En la recogida tradicional a mano, que es la predominante, el rendimiento varía de 5 a 30 kg ha⁻¹, según la edad y tamaño de los castaños, los cuidados culturales, el emplazamiento y la limpieza del terreno. Resulta oportuno que la cosecha de los frutos se aborde lo antes posible tras

su caída, con recogidas frecuentes (cada 1-3 días), para evitar el riesgo de que resulten infectados, sean depredados o se desequen. Durante la recolección y con el fin de evitar el riesgo de infección y mejorar la calidad del lote, se evitará coger frutos con heridas y se retirarán los no válidos (inmaduros, parasitados, malformados, de pequeño tamaño) y los restos de erizos y de hojarasca. Se procurará no recolectar los días de lluvia, para impedir que un exceso de humedad de la castaña cosechada y almacenada provisionalmente provoque fermentaciones indeseadas. Durante el almacenaje provisional y el transporte se tomarán las medidas oportunas para prevenir la pérdida de humedad de las castañas, pero también su sobrecalentamiento, evitándose su soleado.

El acondicionamiento de los frutos deberá realizarse lo antes posible y reviste una especial complicación. En primer lugar, y tras retirar los restos de erizos, ramas y hojarasca que aún puedan acompañar a los frutos, se procederá a una inmersión rápida de las castañas en agua y a la separación por flotación de las inmaduras y de aquellas que estén secas o parasitadas por hongos o insectos. A continuación, se procedería a una serie de operaciones encaminadas a bloquear el desarrollo de las larvas de insectos presentes en las castañas y a aumentar su posibilidad de conservación. Estas pueden ser (Conedera *et al.*, 2004):

- Inmersión en agua caliente (48-50 °C) durante aproximadamente 30-45 minutos y posterior mantenimiento en agua fría durante un periodo de 8-12 horas, para recuperar las condiciones térmicas de partida y evitar procesos de calentamiento.
- Inmersión en agua fría durante 5-8 días (relación castañas/agua 2:3), con el fin de crear unas condiciones de falta de oxígeno, que tiene un doble efecto. Por un lado, eliminar los microorganismos aerobios causantes de mohos y podredumbres. Por otro, favorecer el desarrollo de microorganismos anaerobios que provocan una ligera fermentación láctica en detrimento de los azúcares presentes, eliminando, con ello, el sustrato nutritivo de los hongos causantes de pudrición. Durante el proceso, en la superficie del agua se forma una característica espuma constituida por burbujas de CO₂, que sirve de guía para considerar finalizado el tratamiento. La renovación del agua da lugar a diferentes variantes, atendiendo a la cantidad renovada y a la periodicidad con que se haga.

Existe la posibilidad de aplicar sucesivamente los tratamientos reseñados. Durante los procesos de inmersión en agua fría se puede proceder a la adición de productos fungicidas de tipo preventivo.

Posteriormente, se procederá a una fermentación selectiva, para lo cual se amontonan las castañas aún húmedas, para que se produzca un calentamiento controlado de las mismas. Durante la operación, que no tiene riesgo para las castañas sanas, se acelera el proceso de descomposición de las ya infectadas, las cuales aparecen recubiertas por una capa blanca de hifas que las hace reconocibles y fáciles de separar manualmente. A continuación las castañas en buen estado serán sometidas a un proceso de secado superficial, extendiéndolas sobre una superficie porosa en capas de 15-30 cm de espesor, en un lugar fresco y aireado, y serán removidas una o dos veces al día para conseguir un secado uniforme, que puede ser alcanzado en el tercer o cuarto día.

Las semillas del castaño tienen un comportamiento recalcitrante, por lo que su almacenaje de larga duración no es factible. La conservación de las castañas sólo puede ser a corto

plazo (1-2 años a lo sumo). Para ello han de almacenarse con un alto contenido de humedad (50-55%) y a una temperatura entre 0 y 3 °C, cuando se trata de almacenaje invernal, y algo más baja (-3 a 0 °C) si se quiere intentar conservarlas por más tiempo. Su mantenimiento puede hacerse en recipientes abiertos, dentro de cámaras frigoríficas a la temperatura citada y donde la humedad relativa del aire se mantenga entre el 90-95%. O puede recurrirse a almacenarlas en cámara de ambiente no húmedo y dentro de contenedores que garanticen el mantenimiento de la humedad de las castañas y permitan un intercambio gaseoso suficiente. Para ello pueden disponerse en bolsas de polietileno (40-60 µm de espesor) o en recipientes provistos de algún sistema que garantice que no los haga totalmente herméticos y, opcionalmente, en mezcla con un sustrato inerte (turba, fibra de coco, etc.) no hidratado que haga un efecto tampón sobre el exceso de humedad de las castañas. A su vez, el sistema de almacenaje debe estar concebido de forma que los frutos puedan ser visibles y fácilmente accesibles.

Las castañas germinan perfectamente, sin requerir ningún pretratamiento. Su inmersión en agua durante 24 horas, previamente a la siembra, puede ayudar a homogeneizar la nascencia. También la estratificación en un medio mantenido ligeramente húmedo y a baja temperatura puede tener un efecto sincronizador respecto a la germinación y la nascencia.

Tabla 4. Datos característicos de lotes de semillas de *Castanea* spp.

Pureza (%)	Facultad germinativa (%)	Nº semillas kg ⁻¹	Referencia
<i>Castanea crenata</i>			
100	60-80		Catalán (1991)
<i>Castanea dentata</i>			
100	65-80	225-275-350	Catalán (1991)
<i>Castanea mollissima</i>			
100	60-80		Catalán (1991)
100	75	150-290	Aldhous (1972)
<i>Castanea sativa</i>			
	70-90	50-150	Piotto (1992)
	73	150	Berrocal <i>et al.</i> (1998)
100	75	85-150-280 ⁽¹⁾	Catalán (1991)
100	50-70	132	Ribeiro <i>et al.</i> (2001)
100	96	120	Navarro y Gálvez (2001)
	11-85-99	70-125-257	Louro y Pinto (2011)
100	60-80	110-145	CNRGF <i>El Serranillo</i> (Anexo III)
100	96-100	53-95	Vivero Central JCyL (Anexo IV)

⁽¹⁾ Este valor es muy variable, dependiendo, entre otros factores, de la variedad de castaño y de si está injertado.

Las reglas ISTA (2011) en cuanto a los análisis de germinación con *C. sativa* establecen una alternancia térmica de 20-30 °C, según un ciclo de 16 h-8 h, y recomiendan remojar previamente la semilla hasta 48 h, cortar un tercio del extremo de la cicatriz basal y quitar la testa. En ocasiones, cuando la siembra se realiza de inmediato tras la recogida o acondicionamiento de la castaña, la realización de métodos rápidos de evaluación como el test de tetrazolio o la prueba al corte resultan opciones válidas. Respecto al ensayo al tetrazolio, aunque la ISTA no contempla en sus reglas tal tipo de ensayo con *Castanea*, sí tiene establecidas instrucciones (ISTA, 2003) para su realización e interpretación con dicho género. El protocolo prevé como preparación a la tinción un corte transversal de 1/3 en el extremo distal, la retirada del pericarpio, la inmersión en agua a 20 °C durante 18 horas, un corte longitudinal que divida a la castaña en dos mitades y, si es posible, la retirada de la cubierta de la semilla.

La germinación de las castañas es hipogea. Las plántulas miden de 8 a 25 cm y presentan hojas primordiales semejantes a las adultas (Ruiz de la Torre, 1996).

2.2.2. Vegetativa

Este tipo de propagación tiene todo su sentido cuando queremos conservar exactamente el genotipo de la planta a propagar. Es la técnica empleada para la producción de variedades de fruto, mediante injerto, y para la propagación de árboles seleccionados en base a caracteres genéticos de interés, ya sean productivos, de calidad de producto o de resistencia a enfermedades, como es el caso de la tinta del castaño. Para su propagación se aprovecha la gran capacidad de rebrote del castaño, empleando mediante diferentes sistemas estos brotes para la generación de nuevas plantas.

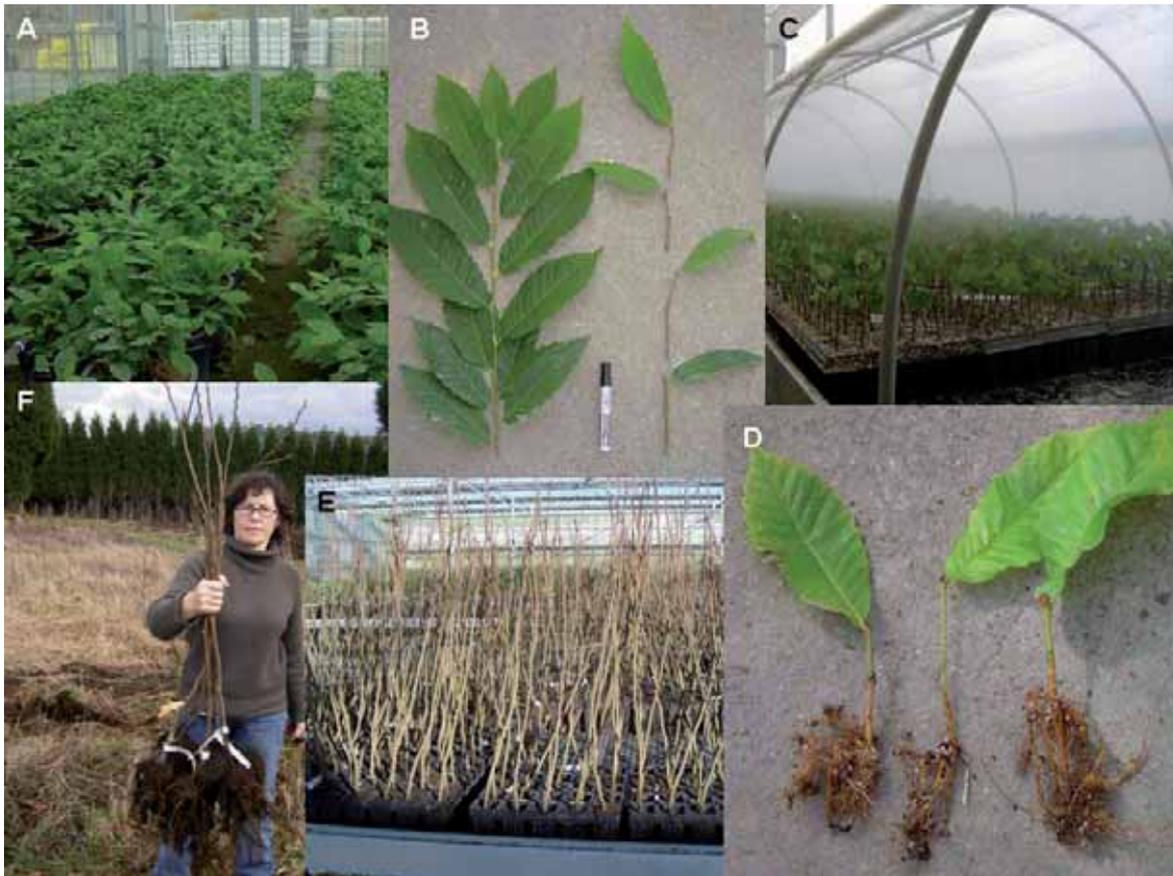
El acodo bajo supone el corte o recepe del castaño a nivel del suelo, formando el pie nuevos brotes cuya base se recubre con tierra para que formen raíces (Fig. 4). La planta se recepa cada año, y cuando se produce la brotación, se seleccionan los mejores brotes, eliminando el resto. Los brotes seleccionados se defolian por la base entre mediados de mayo y mediados de junio, se les practica un pequeño raspado superficial y se les aplica una pasta con reguladores del crecimiento implicados en procesos de enraizamiento (principalmente auxinas). Tradicionalmente se han preparado estas pastas disolviendo ácido indolbutírico en vaselina, en concentración que varía entre 4-8 ‰ según el grado de lignificación de los brotes. Los brotes se anillan bajo la zona hormonada con un anillo de alambre. Esta acción favorece la acumulación de fotosintatos que van a promover la formación de raíces. Para favorecer la respuesta de enraizamiento deben seleccionarse brotes jóvenes y actuar en suelos sueltos y de pH moderadamente ácido y no excesivamente húmedos. El levantamiento de los barbados (brotes con raíces) se realiza desde mediados de noviembre, con la caída de la hoja. Generalmente el sistema radical de estas plantas suele estar poco equilibrado y las generadas en la periferia de la cepa presentan curvatura en la base. Ambos defectos pueden corregirse con la recría durante una campaña más en vivero (reforzado). Para ello se corta el brote malformado, eligiendo de la nueva brotación un nuevo brote con mejores características en porte y con un sistema radical más desarrollado.

Tradicionalmente se ha considerado el castaño como una especie de difícil enraizamiento por estaquilla. Este concepto ha cambiado desde que los sistemas de humidificación



Figuras 4 a, b, c y d. Proceso de producción de planta de castaño mediante acodo bajo. A. Cepa madre con múltiples brotes sin aclarar. B. Cepa aclarada donde ya se ha realizado el hormonado y anillado. C. Aporcado de las cepas hormonadas. D. Barbados en invierno separados de la cepa madre y preparados para su comercialización (Foto: B. Cuenca).

ambiental han permitido el estaquillado de material poco lignificado. El Centro de CIFA Lourizán ha puesto a punto en las últimas décadas la metodología de estaquillado semiherbáceo, la cual permite el enraizamiento de estaquillas empleando sustratos que aseguren un adecuado drenaje tras su inmersión basal en una solución concentrada de auxinas (Fernández *et al.*, 1992) (Fig. 5). Las plantas madre empleadas son plantas jóvenes sometidas a podas severas para la obtención de las estaquillas en primavera. Estas plantas pueden cultivarse en tierra o en invernadero, garantizando así un mejor control sanitario. Los brotes semiherbáceos generados se fraccionan en estaquillas de 10 a 15 cm con 2-3 yemas, una de ellas en la base de la estaquilla. La parte basal de la estaquilla se sumerge en una solución de auxina de una concentración comprendida entre 1.000 y 4.000 ppm, durante algunos minutos. Las estaquillas se disponen a continuación sobre sustratos con alta capacidad de drenaje dentro de un túnel de enraizamiento, donde las condiciones de humedad y temperatura se mantienen durante todo el proceso de rizogénesis en valores cercanos al 100% y 21-26 °C, respectivamente. Las estaquillas enraizadas se trasplantan en el invierno a contenedores y se trasladan al invernadero, donde se aclimatan y completan su desarrollo. En general, el sistema radical producido por este sistema está mejor desarrollado y es más equilibrado que el obtenido por acodo, aunque el desarrollo alcanzado por la planta está limitado por el tamaño del contenedor.

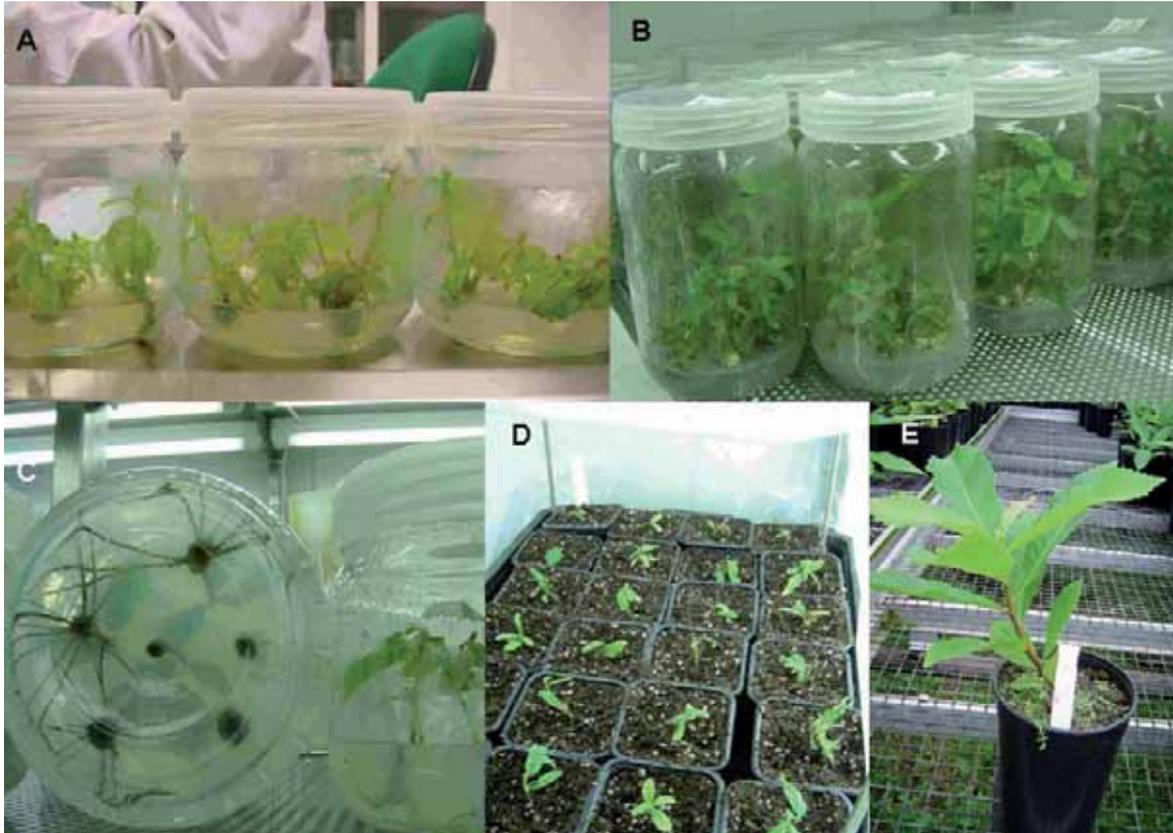


Figuras 5 a, b, c, d e y f. Estaquillado semiherbáceo de castaño. A. Pies madres en invernadero. B. Tipo de material empleado. C. Túnel de enraizamiento con humedad a saturación. D. estaquillas enraizadas. E. Barbados en contenedor de 300 cm³ para su comercialización. F. Ramets recriados en eras (Foto: B. Cuenca).

Para mejorar su calidad se hace preciso su recría en vivero durante la siguiente campaña o su cultivo en contenedores de mayor tamaño.

La micropropagación proporciona alternativas a los sistemas tradicionales de propagación vegetativa de genotipos de interés, mediante la utilización de metodologías de cultivo de tejidos en condiciones *in vitro*. Consiste en el desarrollo de microestaquillas en un medio de cultivo semisólido y aséptico, confinadas en contenedores cerrados (Fig. 6). Las plantas así desarrolladas son heterótrofas, no realizan fotosíntesis y sus estomas no son funcionales, puesto que dentro del envase de cultivo no pueden realizar intercambio gaseoso. Los medios de cultivo, por tanto, además de incluir sales minerales, vitaminas y reguladores de crecimiento, contienen una fuente de carbono (generalmente sacarosa).

El medio de cultivo más empleado es el de Gresshoff y Doy (1972) y el proceso se realiza en varias fases: una fase de multiplicación, en la que se generan nuevos brotes a partir del explanto inicial, una fase de elongación, donde desarrollan los brotes formados, una fase de enraizamiento y, finalmente, la aclimatación. En función de la metodología empleada en cada laboratorio, la fase de enraizamiento en ocasiones se realiza ya *ex vitro*, de modo que los brotes elongados enraízan directamente sobre sustrato en condiciones *ex vitro*.



Figuras 6 a, b, c, d y e. Micropropagación de castaño. A. Fase de multiplicación. B. Elongación. C. Enraizamiento *in vitro*. D. Aclimatación de vitroplantas enraizadas. E. Recría en vivero. (Fotos: B. Cuenca).

Es, en este momento, cuando la planta debe ser funcional desde el punto de vista de su regulación fotosintética, por lo que la aclimatación puede ser el cuello de botella de este sistema de multiplicación, traduciéndose en importantes pérdidas de planta en caso de estar poco controlada o de trabajar con material genético muy sensible a este proceso adaptativo.

Sin embargo, la micropropagación presenta grandes ventajas, como la capacidad de producir una gran cantidad de planta en poco tiempo y a partir de muy poco material vegetal inicial; necesita poco espacio para la producción y se puede producir durante todo el año independientemente de la estación. Otra ventaja importante es la uniformidad de la calidad de la planta, ya que a pesar de su pequeño tamaño inicial, las plantas obtenidas presentan un vigoroso crecimiento y un equilibrado desarrollo en la partición de biomasa aérea-radical. Así mismo, permite solventar con más facilidad los problemas derivados de la disminución de la capacidad rizogénica de tejidos maduros, puesto que el cultivo de tejidos permite emplear y mantener materiales ontogénicamente juveniles (esferoblastos, brotes epicórmicos, etiolados, renuevos basales, vástagos de raíz, etc.) (Sánchez *et al.*, 1997) que permiten la clonación de árboles adultos. Por el contrario, la infraestructura necesaria, la demanda de mano de obra y las limitaciones de la aclimatación lo convierte en un método más caro que los tradicionales. Los protocolos de micropropagación están ampliamente desarrollados por diferentes equipos de investigación (Viéitez y Viéitez,

1982; San José y Viéitez, 1984; Sánchez y Viéitez, 1991; Ballester *et al.*, 1992; Miranda y Fernández, 1992; Cuenca *et al.*, 2005; Cuenca *et al.*, 2009).

El injerto es el sistema empleado para la propagación de las variedades de fruto. Consiste en la unión de dos plantas diferentes para formar una sola, de manera que el sistema radical corresponde a un portainjerto y la parte aérea a la variedad que queremos propagar.

Además de mantener exactamente el genotipo de la variedad de fruto, y por tanto sus características, el injerto aporta material maduro de modo que la fructificación es prácticamente inmediata, mientras que si partiéramos de una planta juvenil (variedad de fruto enraizada), la fructificación tardaría años en producirse. Además, esta ventaja se puede combinar, en zonas de afección de tinta, con el empleo de portainjertos resistentes a *Phytophthora* spp.

En la realización del injerto es fundamental favorecer y mantener el contacto cambial. El éxito del resultado va a depender de la técnica empleada y de la habilidad del injertador, así como de la época del año y de las condiciones climáticas (temperaturas templadas, ausencia de viento y alta humedad relativa es lo recomendable). La afinidad entre patrones e injertos es superior cuanto mayor sea la cercanía genética entre los individuos. Así, el prendimiento del castaño europeo sobre patrones francos de la misma especie no plantea problemas, y tampoco suele haberlos al emplear portainjertos de híbridos, siempre y cuando la compatibilidad haya sido previamente testada (Flores *et al.*, 2001). Sin embargo, el injerto de las especies asiáticas sobre la especie europea produce problemas de incompatibilidad tardía y el injerto de ejemplares europeos sobre ejemplares de *Castanea crenata* suele dar problemas de diferencia de vigor, al ser el europeo mucho más vigoroso (Bounous, 2002). Los síntomas de incompatibilidad son la formación de un anillo en el punto de injerto e, incluso, el desprendimiento de las partes.

Es importante conservar convenientemente la púa hasta el momento del injerto. Debe ser madera de un año, sana y lignificada, de identidad varietal probada y mejor, si la planta donante se ha preparado mediante podas que produzcan los brotes bien formados. Las yemas deben tener un vigor medio, para evitar problemas de calibre, que debe aproximarse lo más posible al del portainjerto (excepto que se trate de un injerto de corona). Deben desinfectarse las yemas con un fungicida general, parafinar los extremos de corte y conservar en nevera a 1-2 °C en bolsas de polietileno herméticas hasta su empleo en primavera.

Para garantizar el éxito del injerto, es importante emplear pasta de cicatrización para cubrir la herida del mismo y evitar la entrada de patógenos, especialmente de esporas de *Cryphonectria parasitica*, cuyo punto de penetración típico son las heridas de poda o injerto. En este sentido y en zonas de elevada incidencia del chancro, puede ser más conveniente comprar la planta ya injertada en vivero, donde se pueden realizar los injertos en el taller y mantenerlos en condiciones controladas hasta la cicatrización, evitando la contaminación por chancro, muy frecuente cuando los injertos se realizan en campo. Los injertos pueden ser de varios tipos (Tabla 5):

- Injertos de ramo. Se emplea una porción de rama que lleva varias yemas. Según cuando se realice este tipo de injerto podemos clasificarlos en tres tipos.

- Invernal, con el portainjerto en reposo vegetativo. Se realiza en febrero o marzo, con el portainjerto en reposo, pero a punto de que ocurra la subida de savia. En este caso, los tipos de injertos más frecuentes son los de lengüeta, el inglés o de empalme, el de corona con hendidura y el de Cadillac.
- Primavera, con el portainjertos movido. En este momento se realizan los tipos de injerto que requieren el levantamiento de la corteza, como el de corona sobre corteza
- Injerto semileñoso o en verde. Se realiza en planta en contenedor sobre la que en junio-julio se injerta un brote semileñoso de unos pocos milímetros de diámetro. El punto de unión se mantiene con una pinza y las plantas se mantienen en invernadero con humedad elevada hasta la cicatrización.
- Injertos de yema. Lo que se injerta es una sola yema con una porción más o menos grande de corteza con cambium. Estos injertos pueden realizarse con la yema vegetando en primavera o con la yema durmiente en verano. Son los de escudete, el de flauta y el de *chip*. El de *chip* tiene la ventaja, frente a los anteriores, de poderse realizar aunque el portainjerto no esté movido.

Tabla 5. Tipo de injerto y época de ejecución (adaptado de Bounous, 2002).

Tipo de injerto	Época
Lengüeta	febrero-marzo
Empalme o inglés	febrero-marzo
Corona con hendidura	febrero-marzo
Cadillac	marzo
Corona en corteza	abril-mayo
Escudete	abril-mayo
Flauta	abril-mayo
Semileñoso o en verde	junio-julio
Yema durmiente	agosto-septiembre
De <i>chip</i>	abril-mayo, agosto-septiembre

3. Producción de plantas

El cultivo del castaño puede hacerse a raíz desnuda o en contenedor. La siembra en vivero suele ser a finales del invierno o en primavera, tras un adecuado acondicionamiento y, en su caso, almacenaje de la semilla. Las castañas pueden sembrarse directamente o previo remojo en agua durante 24 horas. En el caso de siembra primaveral cabe proceder, a modo de pregerminación, a estratificar en el invierno las semillas en cajones o cubetas, entre capas de arena o turba (en general un sustrato inerte y lo más estéril posible) ligeramente húmedas, sin alcanzar un espesor final muy elevado (25-30 cm) y garantizando la aireación del contenido. Los cajones se colocan en cámara fría (4-5 °C), revisándolos de vez en cuando para que no se sequen demasiado ni proliferen hongos. Esta estratificación (de duración variable entre 2 y 4 meses), si bien no es necesaria para conseguir la

germinación, tiene el efecto de sincronizarla, lo que se traduce en un desarrollo más homogéneo del cultivo. A la vez permite, si la siembra se hace con las castañas que hayan emitido radícula o que apuntan a hacerlo, discriminar las incapaces de germinar y conseguir un cultivo más compacto. El desarrollo incipiente de la radícula obliga a un manejo cuidadoso de la semilla hasta su siembra. Tras la estratificación de la semilla suele conseguirse un porcentaje de germinación del 80%. La viabilidad de las plántulas dependerá del sistema de producción, oscilando entre el 60% al 80% en función de la densidad de siembra y si esta se realiza para producción a raíz desnuda o en contenedor (según experiencia en el vivero de TRAGSA en Maceda, Ourense).

Si el vivero es a raíz desnuda y, por tanto, la siembra se realiza a la intemperie, el semillado se realizará preferentemente en primavera, en surcos de 3-4 cm de profundidad y separados unos 20 cm. Las semillas se colocan horizontalmente en el surco, separadas 3 ó 4 cm y se cubren con algún sustrato estéril, como turba o corteza, para evitar deshidratación y proliferación de malas hierbas, compactándose el suelo con un rulo para que no queden huecos en torno a la semilla que puedan dificultar la germinación. Es conveniente proteger la siembra contra depredadores bien mediante repelentes o con mallas que pueden aportar, además, sombreado. Dependiendo de las condiciones climáticas y, en su caso, del tiempo de estratificación de la semilla, la germinación se completará entre 4 y 6 semanas.

Durante el tiempo de cultivo será necesario realizar escardas para eliminar malas hierbas. Estas pueden ser manuales o mecánicas, con un cultivador con las rejas acopladas entre líneas de siembra y, siempre, antes de que se produzca la diseminación de semillas por parte de las malas hierbas. Otra tarea importante que debe realizarse en los viveros de raíz desnuda es el repicado (recorte o poda del sistema radical de las plantas) para mejorar la estructura del sistema radical haciéndolo más corto y fasciculado, lo que facilita el arranque y la supervivencia posterior de las plantas. Además, mejora la proporción entre la parte aérea y el sistema radical al retrasar su crecimiento. 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 trasplantarse y reforzarse un año más en vivero.

Sin embargo, cada vez es más frecuente la producción de castaño en contenedor forestal, debido a la mayor disponibilidad de fechas de siembra, facilidad de control de las condiciones de germinación y del desarrollo de las plantas. En este caso es frecuente que la siembra se pueda realizar bajo abrigo, con lo que ésta puede adelantarse y realizarse durante el invierno. En este caso todo el proceso de germinación se realizará bajo abrigo y la planta se descubrirá en primavera, cuando no exista riesgo de heladas. Cuando la siembra se realiza en contenedor, éstos deben ser de un volumen grande (superior a los 400 cm³), puesto que un buen desarrollo radical redundará en un adecuado tamaño y calidad de planta y el castaño es especialmente exigente en este sentido. Los sustratos empleados suelen ser mezclas de turba rubia con vermiculita, fibra de coco o corteza de pino (en desuso por el problema sanitario que plantea la incidencia de hongos como *Fusarium circinatum*). 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% (Fig. 7).

En este punto, juega un papel muy importante la densidad de siembra. Si la densidad del cultivo es alta, las plantas en plena vegetación se aparasolan unas a otras impidiendo una adecuada fertirrigación aérea, por lo que es frecuente que haya marras por deshidratación o planta no comercializable por su pequeño tamaño. En este sentido puede ser interesante el empleo de hidrogeles mezclados con el sustrato en el alveolo de cultivo, que ayudarán a mantener la inercia hídrica entre riegos. La densidad final buscará el equilibrio entre las marras producidas y el incremento de coste que supone reducir la densidad y aumentar el tamaño del contenedor y, por tanto, el volumen de sustrato. Podemos decir que una densidad en torno a 100 plantas m^{-2} puede ser adecuada puesto que supone un tamaño de alveolo de 600 a 1.000 cm^3 y suficiente espacio para permitir que los nutrientes y el agua alcancen el sustrato. En ningún caso la densidad será superior a 250 plantas m^{-2} ni los contenedores de un volumen inferior a 400 cm^3 .

Aunque pueden emplearse abonos de liberación lenta mezclados en el sustrato inicial, la fertilización de la planta en contenedor suele realizarse a través de sistemas de fertirrigación. La fertilización inicial será más rica en nitrógeno, para favorecer que la planta alcance el tamaño requerido, y en fósforo para favorecer el establecimiento del sistema radical. En la fase de endurecimiento se reducirá el nitrógeno y se aumentará el potasio para favorecer la resistencia a estrés hídrico y térmico. Es importante limitar el aporte excesivo de nitrógeno para evitar un excesivo desarrollo foliar que aumentará la superficie de dosel en el cultivo y dificultará el riego acarreado los problemas citados anteriormente.

Aparte de la calidad genética, que vendrá determinada por la categoría de material forestal de reproducción empleada, respecto a la calidad exterior una planta de castaño es de calidad cuando presenta unas adecuadas características fisiológicas y de forma que le permiten un buen arraigo y crecimiento posterior en monte (Álvarez *et al.*, 2000). Dentro de los atributos morfológicos que se pueden evaluar, los más frecuentes son la altura, el diámetro en el cuello de la raíz y la relación peso seco de la parte aérea/peso seco de la parte radical. La planta de castaño debe presentar una única guía con el tallo libre de ramas y no estar afectada por plagas, enfermedades o carencias nutricionales (Fig. 7).

El equilibrio entre la parte aérea y radical es un aspecto fundamental, puesto que una altura excesiva puede agravar el estrés producido durante el arranque, por lo que en general son preferibles las plantas de una savia de talla media por su mayor rusticidad. Estas alcanzan una altura de entre 25 y 60 cm. La planta producida a raíz desnuda estará perfectamente equilibrada, si el peso de las raíces es igual al peso del tallo. Se deben rechazar plantas con un sistema radical escaso o que presenten importantes curvaturas, por su alta probabilidad de fracaso en la plantación definitiva. El cultivo en contenedor proporciona un desarrollo equilibrado del sistema radical y de la parte aérea, siempre que se escoja un contenedor suficientemente grande y con orificios basales que favorezcan el autorrepicado, siendo los criterios de calidad morfológica los mismos que los aplicados a las plantas producidas a raíz desnuda. Además, la planta producida en contenedor tiene la ventaja de sufrir un menor estrés durante el trasplante, ya que el sistema radical no sufre daños en el arranque y se mantiene húmedo hasta el momento de la plantación. Por tanto, este tipo de planta presenta una mayor supervivencia y una mejor respuesta tras la implantación, especialmente cuando las cuadrillas de plantación no son experimentadas.



Figuras 7 a y b. Plantas de *Castanea sativa* de una savia (izquierda) y de dos savias (derecha) cultivadas en alveolos de 300 cm³ y 1 litro, respectivamente (Fotos: CNRGF El Serranillo).

4. Uso en repoblaciones y restauraciones

Según el uso de la especie, las poblaciones de castaño adoptan diferentes formas, generalmente intervenidas por el hombre para conseguir el uso al que van destinadas. Los castañares pueden presentarse monoespecíficos, en formaciones tradicionalmente gestionadas por el hombre para la producción de madera o de fruto, o como especie acompañante, en masas de robledales (*Quercus robur*) y bosques mixtos de frondosas, apareciendo en las partes más bajas del robledal, donde los suelos son más ricos. Acompaña también a los robledales marcescentes del área submediterránea y a otras formaciones del entorno mediterráneo. Su presencia en enclaves de la Península, ampliamente aceptados como refugio de la vegetación en épocas glaciares, sin gestión humana, se interpreta como una confirmación de su carácter autóctono en nuestro país (Cisneros *et al.*, 2008).

Los castañares monoespecíficos pueden tener diferentes usos: para fruto, para madera o uso mixto. Los castañares para fruto o uso mixto, son formaciones con aspecto más o menos adehesado, donde los castaños son normalmente brinzales injertados a diferentes alturas según la zona y sobre los cuales se realizan trabajos silvícolas para facilitar la recolección de fruta y, en su caso, la producción de madera. De vez en cuando se trasmochan y se permite el libre desarrollo de ramas previamente seleccionadas, que pueden alcanzar hasta 15 m y que, generalmente, se destinaban a su uso como vigas. Sin embargo, el abandono ha producido un asilvestramiento de estos cultivos, mediante el rebrote basal de los portainjertos e incremento de la regeneración natural.

En los castañares para madera podemos distinguir tres tipos de formación: el monte bajo, el monte alto y el monte medio. El monte bajo es la formación más habitual, de origen antrópico, donde se aprovecha el vigoroso crecimiento de los chirpiales, generalmente de cabida completa, con turnos de diferente duración según el uso al que vayan destinados (5-6 años para varas, hasta 80 años para madera de ebanistería). Estas formaciones se encuentran generalmente en Asturias, Girona, Salamanca y Cáceres (Cabrera, 1997; Moreno *et al.*, 1998). Cuando las masas de monte bajo están envejecidas, puede verse afectada la capacidad de rebrote de cepa. En este caso, en Francia, se potencia la regeneración natural o la repoblación dentro de la masa para incrementar la densidad de pies, en un proceso denominado enriquecimiento de la masa.

El monte alto consiste en el desarrollo de brinzales y es algo muy puntual, ya que la mayor parte de las plantaciones con brinzales se destinan a fruto. Un ejemplo son los sotos bravos, regenerados que no se han injertado y que se han destinado a madera (Fernández de Ana-Magán *et al.*, 1998) y que probablemente después de la primera corta pasen a gestionarse como tallares. Este tipo de formación también ha adquirido cierta importancia con el Programa de Reforestación de Tierras Agrarias iniciado en 1993 (Cisneros *et al.*, 2008). El monte alto de castaño es casi inexistente en toda España, por lo que la silvicultura de la especie se lleva a cabo sobre plantaciones de castaño dependiendo del destino final. Esta tipología se puede encontrar como fruto de dos situaciones principalmente:

- Masas procedentes de plantación, que, en la mayoría de los casos y para la producción de madera, sufrirán una conversión al método de beneficio de monte bajo tras la primera corta.
- Regenerados naturales de brinzales, provenientes de tratamientos de conversión a masas de monte alto de masas de monte bajo.

El monte medio consiste en la combinación de un estrato dominante muy espaciado formado por pies de semilla y un piso inferior de brotes de cepa (González, 2005). El III Inventario Nacional (Ministerio de Medio Ambiente, 2004) atribuye a este tipo de formación el mayor número de hectáreas, pero estos montes no han sido gestionados para monte medio, sino que se trata de monte bajo de gestión abandonada, donde coexisten la regeneración de semilla y los brotes de cepa.

5. Planificación de la repoblación

Para realizar con éxito una plantación de castaño, la elección del lugar es fundamental puesto que esta especie requiere suelos profundos, frescos y bien drenados. Es conveniente realizar un análisis del suelo. Para conseguir un desarrollo adecuado, el castaño necesita suelos con buen drenaje, lo que implica seleccionar suelos con texturas de livianas a medias, de lo contrario aumentaremos los riesgos de ataques de hongos como *Phytophthora* sp., causantes de la enfermedad de la tinta. Además el castaño requiere suelos con profundidades superiores a 40 cm y más bien ácidos (pH no inferior a 4,2). El castaño resiste bien las heladas, pero no tolera las tardías en primavera, ya que afecta tanto a los brotes del año como a la madera procedente del año anterior. Para que se produzcan crecimientos óptimos es importante garantizar (al menos de forma ideal) 600 mm de agua caída durante el período de crecimiento vegetativo.

El tipo de planta escogido dependerá de la zona y del uso de la plantación. Si la plantación se realiza en zonas con riesgo de tinta, deberemos escoger clones híbridos resistentes a *Phytophthora*. Si se va a destinar a producción de fruto, se establecerán plantas ya injertadas o estableceremos portainjertos de buena compatibilidad con la variedad a injertar. Por último, si se destina a madera, buscaremos clones o procedencias (*C. sativa*) con especial aptitud para la producción de madera.

En el caso de que el método de repoblación sea la siembra, la siembra directa se realiza a 4-5 cm de profundidad y normalmente se colocan 2-3 castañas por golpe. Suele verse afectada por daños de roedores y aves, por lo que es más recomendable la siembra en primavera, con semilla que ha sido estratificada, lo que acorta el tiempo que la semilla permanece en tierra sin germinar y, por tanto, el riesgo de daños.

Para plantaciones de madera se usa normalmente planta de una o dos savias aunque se recomienda la de una savia por ser más rústica. Se desaconsejan los plantones grandes (Bourgeois, 1992). Si se establece planta a raíz desnuda y esta procede de acodo bajo, será necesario comprobar que dispone de suficiente raíz y, en caso contrario, reforzarla manteniéndola un año más en vivero (Álvarez *et al.*, 2000). La planta en contenedor no tiene este problema, pero debemos asegurarnos de que existe un buen equilibrio entre parte aérea y radical, evitando plantas que lleven demasiado tiempo en un contenedor muy pequeño, lo que puede producir desequilibrios y malformaciones en la raíz.

La planta es el factor que mayor importancia tiene en el éxito, rendimiento y sanidad de la masa forestal y con frecuencia es el elemento de ésta en el que menos se invierte. Es conveniente invertir algo más, puesto que sigue siendo el menor de los costes de la plantación, y asegurar la calidad y la correcta elección según la zona y el uso.

La plantación a hoyo abierto previamente es la más adecuada para el castaño. Se realiza con azada, sujetando la planta en el hoyo con una mano mientras que con la otra se va llenando con tierra. La planta se colocará con el cuello a nivel de suelo y es conveniente regar y compactar alrededor para evitar las bolsas de aire en contacto con la raíz. La planta de castaño es de arraigo difícil, por lo que es necesario proteger a la planta durante los 2-3 primeros años de desarrollo. Como veremos posteriormente, es recomendable realizar un abonado en el hoyo de plantación, cuidar de que no les falte el agua durante los primeros veranos y protegerlas de herbívoros y de la quemadura solar, mediante el empleo de tubos protectores de 1,20 m.

La mejor época de plantación es a finales de otoño o principios del invierno, es decir, en cuanto la planta esté parada, para darle tiempo a instalarse adecuadamente en el terreno, antes de que comience la brotación de la primavera y posteriormente la sequía estival. Es importante evitar los días de excesivo viento o en los que tengan lugar heladas para realizar la plantación.

Dependiendo de que el objetivo sea producir madera en plantaciones monoespecíficas o mixtas, madera y fruto o únicamente fruto, podremos optar por altas, medias o bajas densidades de plantación, con o sin cultivos intercalados. Sin embargo, el usuario debe conocer que la baja densidad requiere mayores intervenciones en los primeros años con el objetivo de formar fustes rectos y una copa equilibrada. En el caso de optar por densidades

bajas se debe recurrir a técnicas fundamentales para la producción de madera de calidad, como la poda de formación (o progresivas) y la eliminación de yemas.

En general, las plantaciones de madera tienen una densidad mayor mientras que las de fruto son mucho más abiertas, para conseguir copas bien ramificadas, aireadas y soleadas. En las plantaciones destinadas a madera, debe poder contarse con suficiente número de árboles para que la espesura produzca buenos fustes y disponer al final de turno de, al menos, 180-250 fustes de buena calidad (Molina, 2004). La calidad de las plantas también condiciona la densidad puesto que influirá en su supervivencia y la presión de la poda que se piense aplicar determinará que los pies puedan ir más separados o más densos. En cualquier caso, la distribución debe ser tal que, al menos en un sentido, permita el paso de la maquinaria sin que esta produzca daños en los árboles.

En general, para la producción de madera, si se emplea planta de calidad media, con poca poda, la densidad es de 950 a 1.100 pies por ha, disponiéndose a 3,5x3 m, 4x2,5 m ó 3x3 m respectivamente. Si se emplea planta de alta calidad, puede disminuirse la densidad, aunque en este caso se deberá aumentar la frecuencia de poda. Con densidades de 400 a 830 pies por ha, los marcos de plantación podrían ser 5x5 m, 4x4 m ó 4x3 m. Actualmente, el marco que más se usa es el de 4x4 m, disminuyendo el coste de plantación, aunque con estas densidades debe podarse con más intensidad. Bourgeois *et al.* (2004) recomiendan una distancia mínima entre líneas de 4 m y plantean de 625 a 1.200 pies por ha en terrenos agrícolas y de 1.100 a 1.430 en terrenos forestales.



Figura 8. Repoblación joven (3 años) de castaño híbrido en San Xoan de Lagostelle, Lugo (Foto: B.Cuenca).

Para los objetivos de producción de fruto-madera se deben seleccionar densidades que favorezcan la formación de fruto y madera simultáneamente. En este caso se trata siempre de obtener fustes limpios de 3-4 m y una amplia copa para la producción de fruto. Se recomienda plantar como mínimo con densidades de 7x7 m u 8x8 m (156 árboles por ha).

En el caso de las plantaciones exclusivamente de fruto, las densidades bajan a 100 (10x10 m) e incluso, en zonas como la Serranía de Aracena, a 60-70 pies por ha (12x12 m). Sin embargo, si se desea realizar una gestión muy intensiva de la plantación frutal, se puede optar por marcos más bajos como 7x7 m (200 pies por ha). Estos marcos también pueden ser adecuados en plantaciones mixtas o plantaciones para madera de alta calidad gestionadas de forma intensiva (Molina, 2004).

También es posible utilizar esquemas agroforestales (esquema recientemente utilizado en países como Francia y Chile), por ejemplo agrupando en fajas hileras de plantación a 3x3 m y separar dichas fajas a distancias de 10-12 metros, en las cuales se puede fomentar el pastoreo o la producción de cultivos agrícolas.

En esta especie es especialmente importante evaluar la supervivencia y el estado de la repoblación, año a año, y sobre todo identificar los motivos de la mortalidad. Los daños más frecuentes se producen por animales, una mala calidad de sitio o la falta de cuidados en la plantación. En ocasiones muchos propietarios selvicultores se desilusionan con la utilización de frondosas, debido al escaso crecimiento inicial o a un número excesivo de marras. Si la elección del sitio de plantación ha sido adecuada, uno de los principales problemas en las repoblaciones con este tipo de especies es observar una pérdida de su dominancia apical. Generalmente, cuando la planta se entierra demasiado el efecto del cuello tapado promueve el desarrollo de brotes basales o apicales. Estos nuevos brotes son muy vigorosos y compiten con el eje principal. Otros motivos por los cuales puede producirse la pérdida de dominancia son las heladas tardías o el ramoneo. En ambos casos se debe eliminar los chupones o brotes con menos vigor.

Como se señalaba anteriormente, el empleo de protectores es fundamental durante los primeros años de establecimiento de la plantación, con objeto de evitar quemaduras solares y daños por heladas o por herbivoría. Es conveniente emplear protectores ventilados para evitar los problemas por exceso de calor.

Existen varios factores ecológicos que dificultan el éxito de la plantación: las heladas tempranas, la sequía estival durante los 2 ó 3 primeros años, el exceso de caliza en el suelo y el encharcamiento temporal. Además, durante los primeros años el castaño es muy sensible a la competencia de malas hierbas. Éstas deben controlarse con herbicidas al principio, para evitar que las labores mecánicas dañen las raíces de la planta y puedan favorecer la expansión de enfermedades como la tinta en zonas con alta humedad en el suelo. Igualmente, el empleo de grada de discos, cultivadores o fresadoras está desaconsejado, porque el sistema radical del castaño es muy superficial. Por lo tanto, es más conveniente mantener la competencia controlada mediante desbroces al comienzo del verano, con desbrozadoras manuales o con el empleo de herbicidas, con cuidado de no tocar la planta si se trata de productos que actúan por traslocación. También es recomendable acumular hierba o matorral cortado en la base del tallo manteniendo un

mulching natural que evite la proliferación de hierbas y mantenga la humedad del suelo y la base del tronco fresca.

Además de la hierba, durante los primeros años es necesario, especialmente, controlar el matorral leñoso mediante el empleo, por ejemplo, de una desbrozadora de cadenas. En algunos casos (zarzas, helechos o retamas), la competencia es escasa y pueden ser acompañantes beneficiosos porque mantienen el suelo fresco, aportan sombra y protegen de los daños de caza mayor, por lo que es recomendable eliminarlos sólo en las líneas de plantación (Álvarez *et al.*, 2000). Hay que tener en cuenta, además, que estos desbroces no deben hacerse en períodos muy calurosos para evitar los daños que se producen en el tronco y que generan problemas de quemaduras (Fig. 9).



Figura 9. Quemadura producida por encima del nivel de protector (Foto: D. Diajara).

La fertilización no es frecuente en plantaciones para madera, si bien no es conveniente retirar la hojarasca para que sea aporte de materia orgánica (Elorrieta, 1949). Suele ser más habitual el abonado en terrenos agrícolas con alguna carencia, cuando las plantaciones van destinadas a la producción de fruto. En este caso como indicadores de fertilidad puede emplearse los baremos de Gandullo *et al.* (2004), que recomienda como valores medios los indicados en la Tabla 6.

Para suelos como los gallegos, que suelen presentar déficit de nutrientes, se recomienda la aplicación de abonos en el hoyo de plantación. Álvarez *et al.* (2000) aconsejan el uso de alguna de las formulaciones siguientes:

- 200 g por hoyo, de abono complejo 0/14/7 (NPK)

- 100 g por hoyo, de P₂O₅ y 40 g por hoyo de K₂O en forma de fosfatos naturales y sulfato potásico, respectivamente.
- 50 g por hoyo de fertilizante granulado de liberación lenta.
- 2 ó 3 pastillas por hoyo de fertilizante de liberación lenta 4/14/4 + 10 CaO.

Por otra parte, para aquellas plantas que han sufrido daños por helada o por herbívoros, o simplemente presentan una mala forma no corregible con las podas de formación, puede realizarse un recepado, cortando toda la planta a unos 4-5 cm por encima del nivel del suelo, para conseguir un rebrote posterior con mejor forma que la planta original. Esta operación se realiza en invierno, sobre plantaciones jóvenes (de no más de 5 años de edad), y debe esperarse entre 3 meses y una temporada completa de crecimiento para realizar la selección de los rebrotes. Si no es posible decidir el brote a mantener, se pueden dejar dos o tres y esperar otra temporada para observar cual toma la dominancia.

Para la selección de rebrotes se recomienda elegir brotes dominantes y provenientes de yemas proventicias (en el costado del corte del tocón) situadas próximas a la zona de corte. Esta posición generará en el futuro menos tensiones en la base de los troncos.

Tabla 6. Valores medios de fertilidad en el suelo requeridos por el castaño (Gandullo *et al.*, 2004).

Parámetro	Valor medio
Materia orgánica ponderada para todo el perfil (%)	2,60
Materia orgánica de los primeros 25 cm (%)	3,92
N de los primeros 25 cm (%)	0,19
C/N de los primeros 25 cm	13,06

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. 101-106.

ÁLVAREZ P., BARRIO M., CASTEDO F., DÍAZ R.A., FERNÁNDEZ J.L., MANSILLA P., PÉREZ R., PINTOS C., RIESGO G., RODRIGUEZ R.J., SALINERO M.C., 2000. Manual de selvicultura del castaño en Galicia [en línea]. (Escola Politécnica Superior de Lugo, ed.), Lugo. Disponible en: <http://www.agrobyte.com/publicaciones/castano> [22 Sep, 2011].

BALLESTER A., SANCHEZ M.C., VIEITEZ A.M., 1992. New strategies for *in vitro* propagation of chestnut. En: Proceedings of the World Chestnut Industry Conference, Morgantown, USA. pp. 32-40.

BASSI D., 1992. Valorizzare la qualità. Il castagno da frutto. Il divulgatore. Anno XV N°8. Prov. di Bologna, Italia.

BERARDI C., GIANNINI R., TANI A., 1993. Comparisons between some Italian chestnut (*Castanea sativa* Mill.) cultivars. En: International Congress on Chestnut, Spoleto, Comunità Montana Monti Martano e Serano and Istituto di Coltivazione Arborea, University of Perugia, Spoleto, Italy. pp. 315-318.

BERROCAL M., GALLARDO J.F., CARDEÑOSO J.M., 1998. El castaño. Ed. Mundi-Prensa, Madrid.

- BERGONOUX F., VERLHAC A., BREISCH H., CHAPA J., 1978. Le Châtaignier. Ed. Invuflec, Paris.
- BLANCO A., 1985. Estudio comparativo de los hábitats de *Castanea sativa* y *Pinus pinaster* en la Sierra de Gredos. Bol. Est. Central Ecol. 27, 35-45.
- BLANCO A., RUBIO A., 1996. Caracterización del hábitat edáfico de los castaños de Navarra. En: IV Congreso de la Sociedad Española de la Ciencia del Suelo. pp. 333-338.
- BLANCO A., RUBIO A., SÁNCHEZ O., ELENA R., GÓMEZ V., GRAÑA D., 2000. Autoecología de los castaños de Galicia (España). Invest. Agr.: Sist. Recur. For. 9(2), 337-361.
- BOUNOUS G., 2002. Il castagno: cultura, ambiente et utilizzazione in Italia en el mondo. Edagricole, Bologna, Italia.
- BOURGEOIS C., 1992. Le châtaignier, un arbre, un bois. Institute pour le Development Forestier. Paris, Francia.
- BOURGEOIS C., SERVIN E., LEMAIRE J., 2004. Le châtaignier. Un arbre, un bois. 2ª ed. Institute pour le Development Forestier, Paris, Francia.
- BREWER S., CHEDDADI R., BEAULIEU J.L., DE REILLE M., 2002. The spread of the deciduous *Quercus* throughout Europe since the last glacial period. For. Ecol. Manage. 156, 27-48.
- CABRERA M., 1997. El monte bajo de castaño en Asturias: alternativas silvícolas. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid.
- CARRIÓN J.S., YLL E.I., WALKER M.J., LEGAZ A.J., CHAÍNS C., LÓPEZ A., 2003. Glacial refugia of temperate, Mediterranean and Ibero-North African flora in south-eastern Spain: new evidence from cave pollen at two Neanderthal man sited. Global Ecol. Biogeogr. 12, 119-129.
- CATALÁN G., 1991. Semillas de árboles y arbustos forestales. Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid. pp.156-158.
- CEBALLOS L., RUIZ DE LA TORRE J., 1971. Árboles y arbustos de la España Peninsular. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. Madrid. pp. 207-214.
- CISNEROS O., CABRERA M., MONTERO G., 2008. Selvicultura de *Castanea sativa* Mill. En: Compendio de Selvicultura aplicada en España (Serrada R., Montero G., Reque J.A., eds.). Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Agroalimentaria. Madrid. pp. 83-116.
- CUENCA B., RODRIGUEZ L., CÁMARA M.J., OCAÑA L., 2005. Micropropagación de ejemplares adultos de *Castanea sativa* Mill. seleccionados por resistencia a *Phytophthora cinnamomi*. Actas de la VI Reunión de la Sociedad Española de Cultivo *in vitro* de Tejidos Vegetales. pp. 11-13.
- CUENCA B., GONZÁLEZ L., FERNÁNDEZ M.R., OCAÑA L., 2009. Micropropagación de genotipos adultos de *Castanea sativa* Mill. seleccionados por resistencia a *Phytophthora cinnamomi*. 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>
- DÍAZ HERNÁNDEZ M.B., CIORDIA ARA M., RAMOS CABRER A.M., PEREIRA LORENZO S., 2009. Cultivares de castaño de Asturias. (*Castanea sativa* Mill.). Monografías nº 4. Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario, KRK Ediciones, Oviedo, Asturias.
- ELENA R. (coord.), 1997. Clasificación biogeoclimática de España peninsular y Balear. Ministerio Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid.
- ELORRIETA J., 1949. El castaño en España. Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias. Madrid.
- FERNÁNDEZ DE ANA-MAGÁN F.J., VERDE FIGUEIRAS M.C., RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ A., 1998. O souto, un ecosistema en perigo. Xunta de Galicia, Santiago de Compostela.
- FERNÁNDEZ-LÓPEZ J., ALÍA R., 1999. Chestnut (*Castanea sativa*). European long term conservation strategies. En: Noble hardwoods Network, Report of the Third Meeting: 21-27. 13-16 June, 1998. Sagadi, Stonia.
- FERNÁNDEZ-LÓPEZ J., ALÍA R., 2003. EUFORGEN Technical Guidelines for genetic Conservation and use for Chestnut (*Castanea sativa*). International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy.

- FERNÁNDEZ-LÓPEZ J., MIRANDA-FONTAÍÑA M.E., 2007. Materiais de base de clons de castiñeiro híbrido para a produción de Madeira (*Castanea crenata* x *Castanea sativa*). Centro de Investigación e Información Ambiental de Lourizán. Xunta de Galicia.
- FERNÁNDEZ-LÓPEZ J., PEREIRA-LORENZO S., 1993. Inventario y distribución de los cultivares tradicionales de castaño (*Castanea sativa* Mill.) en Galicia. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. Monografías del Instituto de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria nº87. Madrid.
- FERNÁNDEZ-LÓPEZ J., MIRANDA-FONTAÍÑA M.E., PEREIRA-LORENZO S., 1992. Fog and substrate conditions for chestnut propagation by leafy cuttings. En: Proceeding Mass production technology for genetically improved fast growing forest tree species I. AFOCEL/IUFRO. Bordeaux. pp. 379-383.
- FERNÁNDEZ LÓPEZ J., DÍAZ VÁZQUEZ R., COGOLLUDO AGUSTÍN M.A., PEREIRA LORENZO S., 2000. Conservación de recursos genéticos de las frondosas nobles en España. Invest. Agr.: Sist. Recur. For. Fuera de Serie 2, 71-93.
- FERNÁNDEZ-LÓPEZ J., ZAS R., BLANCO-SILVA R., DÍAZ R., 2005. Geographic differentiation in adaptative traits of wild chestnut Spanish populations (*Castanea sativa* Miller). Invest. Agr.: Sist. Recur. For. 14(1), 13-26.
- FLORES J., SANTÍN P.J., SÁNCHEZ J.A., DEL PINO F.J., MELCÓN P., 2001. El castaño: manual y guía didáctica. Ediciones IRMA S.L., León.
- GANDULLO J.M., BLANCO A., SÁNCHEZ O., RUBIO A., ELENA R., GÓMEZ V., 2004. Las estaciones ecológicas de los castañares españoles. INIA, Madrid.
- GALLARDO-LANCHO J.F., 2001. Distribution of chesnut (*Castanea sativa* Mill.) forest in Spain: possible ecological criteria for quality and management (focusing in timber coppices). For. Snow Landsc. 76 (3), 477-481.
- GALLASTEGUI C., 1926. Técnica de hibridación artificial del castaño. Bol. Real Soc. Cienc. Nat. 26, 88-94.
- GÓMEZ SANZ V., BLANCO ANDRAY A., SÁNCHEZ PALOMARES O., RUBIO SÁNCHEZ A., ELENA ROSELLÓ R., GRAÑA DOMÍNGUEZ D., 2002. Autoecología de los castañares andaluces. Invest. Agr.: Sist. Recur. For. 11 (1), 205-226
- GONZÁLEZ J.M., 2005. Introducción a la selvicultura general. Universidad de León, Secretariado de Publicaciones, León.
- GRESSHOFF P.M., DOY C.H., 1972. Development and differentiation of haploide *Lycopersicum esculentum*. Planta 107, 161-170.
- ISTA (International Seed Testing Association), 2003. Working sheets on tetrazolium testing testing: Tree and shrub species. Volume II. ISTA, Bassersdorf, Switzerland.
- ISTA (International Seed Testing Association), 2011. International rules for seed testing. Edition 2011. ISTA, Bassersdorf, Switzerland.
- KREBS P., CONEDERA M., PRADELLA M., TORRIANI D., FELBER M., TINNER W., 2004. Quaternary refugia of the sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.): an extended palynological approach. Veget. Hist. Archaeobot. 13, 145-160.
- LAUTERI M., PLIURA A., MONTEVERDI M.C., BRUGNOLI E., VILLANI F., ERIKSSON G., 2004. Genetic variation in carbon isotope discrimination in six European populations of *Castanea sativa* Mill. originating from contrasting localities. J. Evol. Biol. 17, 1286-1296.
- LOURO V., PINTO G., 2011. Sementes, uma ponte entre o passado e o futuro da floresta. Ministério da Agricultura, Mar, Ambiente e Ordenamento do Território. CENASEF. pp. 31-38.
- MARM (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino), 2010. Tercer Inventario Forestal Español [em línea]. Disponible em: <http://www.marm.es/es/biodiversidad/servicios/banco-de-datos-biodiversidad/información-disponible/ifn3.aspx> [9 Mayo 2010].

- MIRANDA-FONTAÍÑA M.E., FERNÁNDEZ-LÓPEZ J., 1992. Micropropagation as a nursery technique in chestnut compared with stooling. En: Proceedings of the World Chestnut Industry Conference, Morgantown, West Virginia, USA. pp. 54-60.
- MIRANDA-FONTAÍÑA M.E., FERNÁNDEZ-LÓPEZ J., VETTRAINO A.M., VANNINI A., 2007. Resistance of *Castanea* clones to *Phytophthora cinnamomi*: testing and genetic control. *Silvae Genet.* 56(1), 11-21.
- MOLINA F., 2004. Castiñeiro. Guía de tratamientos silvícolas para a producción de madeira. Asociación Forestal de Galicia.
- MORENO C.M., FERNÁNDEZ G., ORTUÑO S.F., 1998. Economía del castaño (*Castanea sativa* Mill.) en España. *Revista Forestal Española* 18, 11-21.
- MUÑOZ SOBRINO C., RAMIL-REGO P., RODRIGUEZ GUITIÁN M.A., 2001. Vegetation in mountains of northwest Iberia during the last glacial-interglacial transition. *Veget. Hist. Archaeobot.* 10, 7-21.
- 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. 100-102.
- PEREIRA-LORENZO S., FERNÁNDEZ-LÓPEZ J., 1997 a. Propagation of chestnut cultivars by grafting: methods, rootstocks and plant quality. *J. Hort. Sci.* 72(5), 731-739.
- PEREIRA-LORENZO S., FERNÁNDEZ-LÓPEZ J., 1997 b. Description of 80 cultivars and 36 clonal selections of chestnut (*Castanea sativa* Mill.) from Northwestern Spain. *Fruit Varieties J.* 51(1), 13-27.
- PEREIRA LORENZO S., RAMOS CABRER A.M., 2003. Características morfológicas e isoenzimáticas de los cultivares de castaño (*Castanea sativa* Mill.) de Andalucía. INIA, Madrid.
- PEREIRA-LORENZO S., FERNÁNDEZ-LÓPEZ J., MORENO-GONZALEZ J., 1996 a. Variability and grouping of Northwestern Spanish Chestnut Cultivars (*Castanea sativa*). I. Morphological traits. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 121(2), 183-189.
- PEREIRA-LORENZO S., FERNÁNDEZ-LÓPEZ J., MORENO-GONZALEZ J., 1996 b. Variability and grouping of Northwestern Spanish Chestnut Cultivars. II. Isoenzyme traits. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 121(2), 190-197.
- PEREIRA-LORENZO S., RAMOS-CABRER A.M., RIOS D., PERDOMO A., GONZÁLEZ-PÉREZ J., 2001 a. Update of the Spanish chestnut inventory of cultivars. *FAO-CIHEAM-Nucis-Newsletter* 10, 34-37.
- PEREIRA-LORENZO S., RIOS D., GONZÁLEZ-PÉREZ J., CUBAS F., PERDOMO A., RAMOS-CABRER A.M., 2001 b. Chestnut cultivars on the Canary Islands. *For. Snow Landsc. Res.* 76(3), 445-450.
- PEREIRA-LORENZO S., RAMOS-CABRER A.M., DÍAZ-HERNÁNDEZ M.B., CIORDIA-ARA M., 2005. Características morfológicas e isoenzimáticas de los cultivares de castaño (*Castanea sativa* Mill.) de Asturias. INIA, Madrid.
- PEREIRA-LORENZO S., DÍAZ-HERNÁNDEZ M.B., RAMOS-CABRER A.M., 2006. Use of highly discriminating morphological characters and isozymes in the study of Spanish chestnut cultivars. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 131(6), 770-779.
- PEREIRA-LORENZO S., RIOS D., GONZÁLEZ A.J., CUBAS F., PERDOMO A., RAMOS A.M., 2007. Los castañeros de Canarias. Caracterización morfológica y molecular de las variedades de Tenerife y La Palma. CCBAT - Cabildo de Tenerife, CAP - Cabildo de La Palma, Islas Canarias.
- PIOTTO B., 1992. Semi di alberi e arbusti in Italia: come e quando seminarli. Società Agricola e Forestale (Grupo ENCC), Roma.
- RAMOS-CABRER A.M., PEREIRA-LORENZO S., 2005. Genetic relationship between *Castanea sativa* Mill. trees from North-western to South Spain based on morphological traits and isoenzymes. *Genet. Resour. Crop Evol.* 52(7), 879-890.

- RAMOS-CABRER A.M., PEREIRA-TABOADA A., PEREIRA-LORENZO S., 2003. Características morfológicas e isoenzimáticas de los principales cultivares de castaño *Castanea sativa* Mill. de El Bierzo (Castilla León) y Guadalupe (Extremadura). Ministerio de Ciencia y Tecnología. Monografías del Instituto de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. Agrícola nº14. Madrid.
- RIBEIRO D., RIBEIRO H., LOURO V., 2001. Produção em viveiros florestais. Direção General de Desenvolvimento Rural, Lisboa.
- ROSELLÓ E., GÓMEZ SANZ V., RUBIO SÁNCHEZ A., SÁNCHEZ PALOMARES O., BLANCO ANDRAY A., GRAÑA DOMÍNGUEZ D., 2001. Estudio comparativo de los hábitats climáticos de los castañares peninsulares españoles. En: Actas del III Congreso Forestal Español. Mesas 1 y 2. (Junta de Andalucía, ed.). Granada. pp. 188-193. Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- RUBIO A., 1993 a. Estudio ecológico de los castañares de Extremadura. Tesis Doctoral. E.T.S.I. Montes. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid. Inédita.
- RUBIO A., 1993 b. Caracterización del hábitat edáfico de los castañares extremeños. En: Actas del I Congreso Forestal Español. Tomo I. (Silva-Pando F.J., ed.). Pontevedra. pp. 423-428. Disponible en: <http://congresoforestal.es>.
- RUBIO A., 1997. Ecología y aprovechamientos de los castañares en Extremadura. Montes 48, 39-44.
- RUBIO A., GANDULLO J.M., 1994. Análisis ecológico comparativo de los castañares de Extremadura y de la región cántabro-astur (España). Invest. Agr.: Sist. Recur. For. 3, 111-124.
- RUBIO A., BLANCO A., 1999. Soil habitat of chestnut wood stands in Catalonia (Spain). En: 6th Internacional meeting on soils with Mediterranean type of climate. Actas del Congreso Barcelona. pp. 191-193.
- RUBIO A., BLANCO A., SÁNCHEZ O., 1997 a. Aportaciones al estudio ecológico de los castañares navarros: Suelos, clima y fisiografía. Edafología 3-2, 479-490.
- RUBIO A., ESCUDERO A., GANDULLO J.M., 1997 b. Sweet chestnut silviculture in an ecological extreme of its range in the West of Spain (Extremadura). Ann. Sci. For. 54, 667-680.
- RUBIO A., GAVILÁN R.G., ESCUDERO A., 1999. Are soil characteristics and understory composition controlled by forest management? For. Ecol. Manage. 113, 191-200.
- 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.
- SAN JOSÉ M.C., VIEITEZ E., 1984. Regeneración *in vitro* de plantas de castaño a partir de yemas adventicias. En: Congreso sobre el castaño, Lourizán. pp. 391-395.
- SÁNCHEZ M.C., VIEITEZ A.M., 1991. *In vitro* morphogenetic competent of basal sprouts and crown branches of mature chestnut. Tree Physiol. 8(1), 59-70.
- SANCHEZ M.C., SAN-JOSE M.C., FERRO E., BALLESTER A., VIEITEZ A.M., 1997. Improving micropropagation conditions for adult-phase shoots of chestnut. J. Hort. Sci. 72(3), 433-443.
- TABERLET P., FUMAGALLI L., WUST-SAUCY A.G., COSSON J.F., 1998. Comparative phylogrography and postglacial colonization routes in Europe. Mol. Ecol. 7, 453-464.
- VIEITEZ A.M., VIEITEZ M.L., 1982. *Castanea sativa* plantlets proliferated from axillary buds cultivated *in vitro*. Sci. Hortic. 18, 343-351.
- VIEITEZ E., VIEITEZ M.L., VIEITEZ F.J., 1996. El Castaño. Caixa Ourense. pp. 305.
- WILLIAMS C.G., HAMRICK J.L., LEWIS P.O., 1995. Multiple populations *versus* hierarchical conifer breeding programs: a comparison of genetic diversity levels. Theor. Appl. Genet. 90, 584-594.

Celtis australis L.

Almez, lodón, lodoño; latonero (Almería y Murcia), alatonero (Aragón), lodoño (Navarra); *cat.*: lledó, lladoner, lledoner (Cataluña), lidón, llidoner, aligoner (Valencia); *gall.*: lodoeiro, lidueiro, virgondoiro

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

1. Descripción

1.1. Morfología

El almez es una especie del género *Celtis*, familia *Ulmaceae*, subfamilia *Celtidoideae*. Árbol de talla media, aunque puede alcanzar una altura de hasta 20 a 25 m, mencionándose árboles de 30 m de altura y 50 cm de diámetro, en particular en los casos en que se cultiva como ornamental. Tronco recto y cilíndrico, con corteza gris clara y lisa. Porte abierto, ramas del año pelosas, delgadas y flexibles, ramas principales verticales y secundarias horizontales. Raíces bien desarrolladas, penetrantes en suelos sueltos y someros (Ruiz de la Torre, 2006).

Es una especie caducifolia, de hojas simples, de disposición alterna, oval-lanceoladas, largamente acuminadas, se estrechan en el ápice para formar una punta curvada, de 4-15 x 1,5-6 cm, dentadas, ásperas en el haz por la presencia de pelos rígidos tumbados, pubescentes en el envés, que presenta los nervios salientes; pecíolos de 6-20 cm (Navarro y Castroviejo, 1993). La fenología de la hoja, su composición química y su contenido en proteínas han sido descritos para poblaciones asiáticas (Khosla *et al.*, 1992; Verma *et al.*, 1992; Singh *et al.*, 2010).

1.2. Biología reproductiva

Flores hermafroditas o masculinas, solitarias, en la axila de las hojas superiores, largamente pedunculadas, tienen un cáliz con 5 (4) sépalos que envuelven, cada uno, a un estambre de antera amarilla. Las hermafroditas llevan en el centro un pistilo aovado que remata con dos estigmas divergentes; las masculinas fasciculadas por 2-3. Ovario unilocular, estigma sentado y divergente, blanquecino, más largo que el ovario (López González, 1982; Navarro y Castroviejo, 1993; Ruiz de la Torre, 2006). Florece en primavera, entre marzo y abril, a la vez que echa las nuevas hojas (Castro-Díez *et al.*, 2003). El almez es una especie monoica (andromonoecica), por la presencia de flores hermafroditas y masculinas coetáneas, polígama y anemófila, lo que origina unos altos porcentajes de fructificación.

Los frutos o almecinas están maduros a fines del verano, permaneciendo en el árbol una vez ha caído la hoja, pudiéndose observar hasta bien entrado el invierno y sirviendo de alimento para una abundante avifauna. La producción de frutos comienza cuando el árbol

alcanza unos 15 años, alcanzando el óptimo entre los 30 y los 70 años, con una buena producción de frutos prácticamente todos los años.

Fruto en drupa con parte carnosa delgada, de 8,5-12 mm, pedúnculo de 2-3 cm, de forma redondeada, ligeramente apendiculados en el ápice, liso, con una corona de pelos en la base, al principio de color verde, luego amarillento rojizo y finalmente violáceo, casi negro en la madurez, dulce (Navarro y Castroviejo, 1993; Ruiz de la Torre, 2006) (Fig. 1). Una sola semilla por fruto, en forma de hueso con cuatro costillas. Semilla redonda, con la superficie reticulada, rugosa, de color pardo claro, algo blanquecina y de tamaño entre 5 y 8 mm (Fig. 2). El eje hipocotilo-radícula presenta una posición lateral en la semilla, con la radícula orientada hacia la parte menos gruesa (Bonner, 1974). El peso de la semilla puede ser muy variable, con valores que oscilan entre 23 mg y 66 mg (Demir *et al.*, 2002). Se han observado diferencias en las características morfológicas entre semillas según la procedencia, siendo el peso de la semilla la variable que más diferencias presentó en función de la distribución altitudinal (Sinhg *et al.*, 2006).

El periodo de dispersión natural de las almequinas es entre noviembre y febrero, prolongándose a lo largo del invierno, lo que contribuye a ser consumidas por una abundante avifauna y por mamíferos. La dispersión de las semillas es zoócora, principalmente por aves (*Sylvia atricapilla* y otras especies de aves, aunque ha sido poco estudiado) (Jordano y Herrera, 1981) y frugívoros (*Vulpes vulpes*), por lo que muchas veces aparece en fisuras de rocas y cantiles. La distribución de la semillas y de las plántulas es muy agregada en el espacio, típica de especies zoócoras, estando muy relacionada espacialmente con zonas de una cierta humedad o protección (riberas, canales, etc.). Los frutos presentan una composición química similar a la de otras especies de la misma familia (agua, lípidos, fibra y proteína: 24%, 0,9%, 10,6% y 3,7%, respectivamente) (Ercluye *et al.*, 1989; Traba *et al.*, 2006).

Se reproduce fácilmente por semilla y brota de cepa y raíz, soportando bien el recorte y la herbivoría. Se comporta como colonizadora debido a su carácter rupícola, a la distribución mediante las aves y a la capacidad de rebrote.



Figura 1. Fruto maduro de *Celtis australis*
(Foto: Red de Viveros de Andalucía).

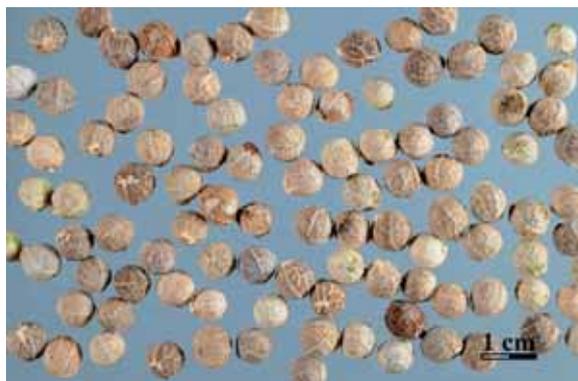


Figura 2. Semillas de *Celtis australis*.

1.3 Distribución y ecología

Celtis australis es la especie del género con distribución más amplia, apareciendo en el sur de Europa, sudoeste de Asia y Noroeste de África. En la Península Ibérica se distribuye principalmente en el Levante y Andalucía, aunque se hace más raro hacia Aragón, Extremadura y Castilla La Mancha (Fig. 3).

Los almezares son formaciones caducifolias, a veces subesclerófilas o marcescentifolias, que aparecen en condiciones climáticas meso o termomediterráneas con ombroclima subhúmedo, seco e incluso semiárido.

El almez es una especie de temperamento muy robusto, se adapta bien a condiciones de plena insolación, incluso en climas mediterráneos secos, aunque prefiere situaciones frescas en roquedos con agua edáfica y en los ambientes marginales de ribera de sequía estival baja y ribazos, alcanzando hasta 1.300-1.400 m de altitud. Poco resistente a los fríos intensos invernales y poco tolerante a las heladas tardías. Se encuentra cultivado o asilvestrado en muchos puntos del país. Habita zonas de baja pluviometría (350 mm), elevada radiación solar, suelos sueltos, calizos o no, e incluso en terrenos pedregosos, aunque vive mejor sobre suelos arenosos y frescos, profundos y no compactados. Los rangos óptimos para la especie son: temperatura media anual entre 12,6 y 17 °C; temperatura media de las mínimas del mes más frío entre -0,2 y 5,6 °C; temperatura media de las máximas del mes más cálido entre 27,2 y 36,9 °C; precipitación anual media entre 500 y 1.020 mm (Anexo I). Es una especie de crecimiento medio-rápido, alcanzando longevidad superiores a los 600 años (Garfi, 2000).

El almez no suele aparecer como especie arbórea dominante, sino que habitualmente se presenta intercalado o formando grupos reducidos en el seno de otras formaciones (Hernández, 1998). Se pueden señalar, no obstante, dos tipos de situación donde el almez alcanza un relieve significado: en comunidades riparias y en biotopos no ribereños. En bosques de ribera tiene enclaves destacados en Andalucía, por ejemplo en Sierra Morena, y en numerosas ramblas repartidas por prácticamente todo el sudeste, donde se acompaña de *Zyziphus lotus*, *Nerium oleander*, *Tamarix gallica* y *T. africana*, entre otras especies. Como elemento externo de la ribera aparece en ambientes meso o submediterráneos o en algunas formaciones forestales con predominio de laurifolios, ubicados en valles o vaguadas, como en algunos enclaves de Sierra Nevada donde acompaña a *Quercus faginea*, *Castanea sativa*, *Fraxinus angustifolia*, *Sambucus nigra*, *Adenocarpus decorticans*, *Rhamnus alaternus*, *Pistacia terebinthus*, *Ficus carica*, etc. (Fig. 3).

2. Materiales forestales de reproducción

2.1. Marco normativo. Identificación de los materiales de reproducción

El almez 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). Dichas regiones, cuando se sitúen dentro del ámbito territorial de las CC.AA. reseñadas, tendrán el reconocimiento

oficial de región de procedencia. En Andalucía se ha establecido una procedencia única (Rosúa *et al.*, 2001).

Se ha descrito el tamaño del genoma de la especie (contenido de ADN nuclear estimado en 2C fue de $2,46 \pm 0,061$ pg), sin que se hayan observado diferencias significativas entre individuos de la Península Ibérica (Loureiro *et al.*, 2007). El almez tiene la consideración “De interés especial” en los Catálogos de especies amenazadas de las Comunidades Autónomas de Andalucía (L. 8/2003) y Murcia (D. 50/2003). En lo relativo a sanidad vegetal, la especie no está incluida en la actual normativa sobre pasaporte fitosanitario.



Figura 3. Distribución de *Celtis australis* 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 a partir del final del verano y durante el otoño, cuando el fruto ya ha adquirido un color pardo negruzco característico de la madurez, ya que el desarrollo del embrión está lo suficientemente avanzado como para asegurarnos su posterior germinación (Bonner, 1974). 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 las fases posteriores

a la madurez suele ser un factor muy a tener en cuenta. Se recomienda recolectar las semillas de un gran número de individuos y de distintas poblaciones, para obtener la mayor diversidad genética del lote de semillas. Dado que la producción individual de semillas por planta es muy alta y que es fácil encontrar pequeños rodales de la especie, la colecta no es muy complicada. El procedimiento de cosecha es desde el suelo, cortando directamente los frutos con pértigas o haciéndolos desprender mediante vareo, siendo más fácil la recolecta cuando las hojas han caído, colocando mantas o redes en el suelo para facilitar la recogida de los frutos.

Si bien los frutos maduros recién recolectados están en condiciones de sembrarse seguidamente, se recomienda extraer la semilla de forma inmediata, ya que la pulpa tiende a fermentar y degradarse, lo que puede condicionar su viabilidad. La extracción de la semilla se hace mediante despulpado mecánico y aclarado con agua de los frutos, eliminándose las semillas vanas mediante decantado. Tras el secado, la limpieza se realiza por cribado, seguido del aventado para separar la granza resultante del despulpado (rendimiento aproximado del 35%) (Tabla 1). La semilla es ortodoxa, por lo que su conservación es en frío, a temperatura de 4-5 °C y en seco (contenido de humedad del 4-8%), pudiéndose almacenar en envases herméticos hasta 5 años sin que haya pérdidas importantes de viabilidad (Bonner, 1974).

Tabla 1. Datos característicos de lotes de semillas de *Celtis australis*.

Rendimiento semilla/fruto (% en peso)	Pureza (%)	Facultad germinativa (%)	Nº semillas kg ⁻¹	Referencia
35-50	95-98	60-80	3.800-5.000-9.000 ⁽¹⁾ 1.900-2.500-4.500 ⁽²⁾	Catalán (1991)
			6.011-9.657	García-Fayos (2001)
13-15	100	95	5.600	Navarro Cerrillo y Gálvez (2001)
		46-71-97	6.090-8.525-9.600	Louro y Pinto (2011)
31,6-44,4	98-100	54-96	5.700-9.600	Banc de Llavors Forestals (Anexo II)
30-40	95-98	60-90	4.200-5.300-8.300 ⁽¹⁾ 2.100-2.600 ⁽²⁾	CNRGF <i>El Serranillo</i> (Anexo III)
26-37	99-100		5.000-7.900	Vivero Central JCyL (Anexo IV)

⁽¹⁾ Semillas

⁽²⁾ Frutos secos (con pericarpo)

Las semillas de almez presentan durmancia fisiológica que inhibe la germinación, si bien germinan, aunque lentamente, sin necesidad de tratamiento previo alguno. Se consiguen germinaciones mejores y más rápidas si previamente se estratifica la semilla en frío (2-4 °C), sobre sustrato de arena o turba húmeda durante 3-4 meses (enero-diciembre) o se aplica un tratamiento en ácido (H₂SO₄, 80%) durante una hora (Catalán, 1991; Takos y Efthimiou, 2003) (Tabla 1). Cuando la siembra se realiza en otoño, después o no del despulpado, se han conseguido buenos resultados de germinación en primavera (79%) (Bonner, 1974; Takos y Efthimiou, 2003), sin necesidad de tratamiento pregerminativo.

El tratamiento pregerminativo para ensayos ISTA se hace con escarificado en H₂SO₄ (80%), durante una hora, lavando la semilla y colocándola en sustrato de papel de filtro, a una temperatura de 25 °C (8 horas con luz) y a 20 °C (16 horas sin luz) (ISTA, 1999).

Germinación epigea. Plántula de 5-7 cm con dos cotiledones marcadamente emarginados, con dos hojas primordiales con el limbo lanceolado y los bordes aserrados muy parecidas a las hojas adultas (Navarro Cerrillo y Gálvez, 2001).

2.2.2. Vegetativa

El almez se ha propagado vegetativamente por su interés como especie productora, tanto mediante estaquillas como en cultivo *in vitro*. El material vegetal más utilizado en vivero son estaquillas leñosas obtenidas durante el invierno (enero-marzo) o semileñosas de verano (julio), obtenidas de la parte basal o media de la planta, siendo recomendable el rejuvenecimiento de las plantas madre (Butola y Uniyal, 2005).

Las estaquillas leñosas deben tener entre 10 y 20 cm de longitud y se colocan enterradas unos 5-10 cm sobre un sustrato suelto, preferiblemente turba:perlita (2:1 volumen), en mesas de enraizado con calefacción basal (18-20 °C) y nebulización. Se han ensayado diferentes tratamientos con hormonas (ácido indolbutírico 3.000 mg l⁻¹ o 1.000 mg l⁻¹ 24 horas), que parecen mejorar el enraizamiento (Dirr y Heuser, 1987; Shamet y Naveen, 2005). El porcentaje de enraizado puede alcanzar entre el 89 y el 100%.

3. Producción de plantas

El cultivo en vivero del almez se hace tanto en envases forestales como a raíz desnuda. La producción de plantas de almez se hace mediante siembra, aunque es posible la propagación vegetativa. Dada la desigual y tardía (4-5 meses) germinación de la semilla y la tolerancia al trasplante de las plántulas si se hace de forma correcta, se recomienda realizar la pregerminación en bandejas de siembra (semilleros). Así, una vez aplicado el tratamiento pregerminativo y en siembras de primavera, se obtiene una germinación superior al 60%. En caso de no poder tratar previamente la semilla 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 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 una altura final de la planta entre 20 y 40 cm y 40-60 cm, respectivamente (peso seco parte aérea de ~ 21 g), y un sistema radical bien conformado (peso seco de parte radical de ~ 12 g), que coloniza la totalidad del cepellón (Fig. 4). También pueden utilizarse envases de gran volumen, 3.500 cm³, o incluso en macetas de hasta 20 cm de diámetro, para planta destinada a trabajos de restauración de

riberas e infraestructuras. La distribución de la biomasa no suele ser equilibrada, la parte aérea representa la parte más importante de la biomasa de la planta (42,3%), seguida por las hojas (32,6%) y por la raíz (24,6%), lo que da valores de la relación parte aérea-parte radical superiores a 3.

El almez también puede cultivarse como planta a raíz desnuda, preferiblemente en cultivos a dos savias o incluso más, con trasplante (1-1; 1-2), pudiéndose obtener en ciclos largos de cultivo planta de diferente altura final (tamaños comprendidos entre 60 y 90 cm o 90 y 120 cm, para planta 1-1). Las eras de cultivo a raíz desnuda se preparan en líneas separadas 20-25 cm. La mayor parte de las siembras son de primavera, a una profundidad de 2-5 mm, con densidades de 60-180 plantas m⁻², mediante siembras en filas, a razón de 15-20 g de semilla m⁻², cubriéndolas con una capa muy fina de arena o tierra de vivero. Las eras deben cubrirse para evitar la depredación hasta el momento de la germinación (Bonner, 1974).

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 nematodos.

No existen trabajos específicos de control de cultivo para plantas de almez en vivero, por lo que se disponen de muy pocos datos sobre su crecimiento. En general, se considera que es una especie de crecimiento rápido en vivero, por lo que debe controlarse los ciclos de cultivo para adecuar el tamaño final de la planta, o recurrir al trasplante cuando la planta en envase ha superado un ciclo de cultivo.

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 (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, como el tipo de sustrato, la calidad del agua de riego, la duración del cultivo y la planta



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

tipo. En la mayor parte de los viveros que producen almez, 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 fertilizante 14-8-15 (8-9 meses) con dosis de 2,5 g l⁻¹ sustrato. 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 es el uso de turbas fertilizadas, con abonado de base tipo 16-8-16 y fertilización de mantenimiento tipo 20-7-19, con un rango de N de 162-192 ppm.

4. Uso en repoblaciones y restauraciones

Al igual que con otras especies de ribera, el almez se ha utilizado mucho en trabajos de repoblación forestal, así como en trabajos de jardinería y paisajismo. Su uso en trabajos de restauración ha sido cada vez más frecuente en los últimos años, existiendo numerosos ejemplos de su empleo en programas de recuperación de riberas, zonas húmedas, etc. En la actualidad el almez presenta su mayor potencial como especie para la restauración de riberas, en suelos húmedos, limosos, aunque la especie se encuentra preferentemente en suelos arcillosos. La adaptación a la sequía en zonas de compensación edáfica da idea de las estaciones adecuadas para repoblar con esta especie. El factor limitante para su utilización en repoblaciones es el frío intenso en invierno (Montero, 2003). En condiciones de media sombra la planta tiende a crecer en altura, abriéndose rápidamente en varias ramas a poca distancia del suelo. En terrenos descubiertos, tiende a tener un crecimiento apical más manifiesto.

En Europa y América se han realizado importantes trabajos de recuperación de almecinares, asociados a trabajos de restauración de ecosistemas riparios (Hall, 2001). La especie es considerada intolerante a inundaciones prolongadas, al menos en la etapa de establecimiento (Hosner y Boyce, 1962). Los resultados obtenidos para plantaciones realizadas, normalmente mediante ahoyado manual, han sido bastante prometedores, con porcentajes de supervivencia próximos al 90% en Murcia (Flores *et al.*, 2001) y algo menores (más del 70%) en Andalucía (Navarro-Cerrillo, 2003) (Fig. 5). La distribución espacial debe tender a crear un mosaico irregular de tipo dendriforme (vaguadas, lomas, red de drenaje).

El almez puede ser una especie potencialmente interesante en las siguientes situaciones:

- Restauraciones con fines de recreo y de mejora del paisaje, en particular en espacios protegidos, áreas de recreo, restauración de vías pecuarias, canteras, etc.
- Recuperación de especies singulares amenazadas de flora y de fauna, asociada a especies como *Populus alba*, *Salix* spp., *Fraxinus angustifolia*, *Rosa* spp., etc. y como refugio y alimento de fauna.
- Repoblaciones asociadas a la mejora del aprovechamiento cinegético y faunístico en ambientes mediterráneos, aportando sombra y ramón para el ganado, tras una fase de acotamiento para el establecimiento de la vegetación. Contribuye a formar mosaicos más productivos y estables como los espinares mediterráneos.

- Diversificación de vegetación en masas forestales con baja madurez, favoreciendo los procesos de restauración de vegetación y la densificación de cubiertas, como las repoblaciones de *Pinus halepensis* y *P. pinaster*. Lo anterior es particularmente importante en las repoblaciones en zonas de la media montaña mediterránea, donde contribuye a formar mosaicos de vegetación que tienen una función crucial en la recuperación de su flora y fauna.

El crecimiento del almez es muy bueno, para una especie que se ha considerado tradicionalmente de ribera, variando entre 60 y 100 cm año⁻¹. En trabajos realizados en la India se han logrado alturas de 7,5 m al quinto año, con un diámetro medio de 29 cm (Maikhuri *et al.*, 2000).

Se puede considerar al almez como una especie heliófila, lo cual apoya la idea de su utilidad en la reforestación de tierras agrarias. Flores *et al.* (2001) justifican el empleo del almez en trabajos de reforestación a la vista de los buenos resultados obtenidos en plantaciones experimentales instaladas en la provincia de Albacete, en áreas con precipitación anual inferior a 350 mm. Prácticamente la totalidad de las plantaciones con almez en tierras agrarias en España se concentran en Andalucía, con una superficie forestada de 3.206 ha, en particular en Almería (2.631 ha) y Jaén (550 ha), y en la Comunidad Valenciana con 268 ha. En el resto de comunidades el uso del almez ha sido anecdótico.

La utilización pastoral del almez también podría ser una alternativa en zonas de transición agrosilvopastoral ya que se adapta bien a terrenos agrícolas con inundación parcial y contribuye a crear ecosistemas más complejos en los ecotonos entre los cultivos y la vegetación natural.

El almez se ha propuesto como especie productora de madera (Maikhuri *et al.*, 2000; Montero, 2003; Rippol *et al.*, 2009), habiéndose utilizado tradicionalmente su madera para numerosas aplicaciones. La madera es pardo-grisácea, de duramen oscuro y albura blanquecina-amarillenta, compacta y muy elástica (Ruiz de la Torre, 2006). A pesar de que no existe experiencia sobre su uso en plantaciones intensivas, existen casos de plantaciones en el límite de explotaciones agrícolas que se han explotado en monte bajo para la obtención de varas (Cofrentes, norte de la provincia de Granada), lo que hace pensar que puede ser una especie que se adapte bien a su explotación con fines de producción (Blanco, 1996; Flores *et al.*, 2001). Rippol *et al.* (2009) aportan un estudio que muestra el potencial de las plantaciones de almez a baja densidad (200 pies ha⁻¹) para la producción de madera en la vega de Granada.

El temperamento de la especie y su rusticidad la hacen también apta para trabajos de jardinería, como plantaciones o setos. Es muy frecuente verla en jardines de la zona mediterránea, en labores de mejora paisajística o en trabajos de restauración de canteras y espacios mineros. Según estudios realizados con *C. australis*, ésta puede ser considerada como una especie capaz de evaluar la contaminación en medios urbanos a través de datos dendrocronológicos (Tommasini *et al.*, 2000).

Los frutos y las hojas de almez tienen numerosas aplicaciones en farmacopea, con propiedades astringentes, hemostáticas y contra la menorragia (Font-Quer, 1987; Chevallier, 1996).

5. Planificación de la repoblación

El método de establecimiento del almez en trabajos de restauración ha sido la plantación, aunque podría ensayarse la siembra como método de establecimiento complementario en algunos casos. La plantación se realiza de forma manual, muy frecuentemente con planta de gran tamaño, procurando manejar de forma adecuada el cepellón cuando se trata de planta cultivada a raíz desnuda.

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 permitan, como en las riberas o en las zonas frescas de media montaña. En caso contrario, hay que evitar retrasos que pueden comprometer la supervivencia de las plantaciones, en particular, en suelos agrícolas o de escasa profundidad efectiva.

Las características de la planta tipo para la repoblación vendrán condicionada por el objetivo y las condiciones de establecimiento, pudiendo utilizarse plantas de una savia en contenedor forestal, o plantas de dos o tres savias a raíz desnuda. 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 almez no debería presentar muchas dificultades.



Figura 5. Repoblación de *Celtis australis* en la cantera de Valdeazores, Córdoba
(Foto: R.M. Navarro Cerrillo).

Las limitaciones en las condiciones de los terrenos objeto de restauración y los cuidados culturales deben asegurar valores altos de supervivencia y un buen crecimiento.

Las labores más frecuentes para la eliminación de la vegetación existente consisten en el desbroce (manual o mecanizado) en restauraciones de ribera o el laboreo en terrenos agrícolas. En el primer caso los tratamientos pueden ser puntuales y adecuarse a las características particulares del diseño de la repoblación, pudiéndose utilizar el desbroce químico. Por las características de las plantaciones de almez en terrenos agrícolas, el tratamiento previo más frecuente ha sido el laboreo con grada ligera aunque, en algunas forestaciones en climas mediterráneos secos, el tratamiento previo venía asociado a la preparación del suelo, dado el escaso porte de los matorrales existentes.

Al igual que en el caso de otras especies de ribera, el procedimiento de preparación del suelo más recomendable en estas condiciones es el ahoyado, preferiblemente mecanizado (ahoyadora helicoidal, retroexcavadora). Los procedimientos mecanizados de alta intensidad (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 normativa del Programa de Forestación de Tierras Agrarias establece una densidad mínima de 300 pies·ha⁻¹ para el almez. En el caso de plantaciones de enriquecimiento o mezcladas en trabajos de restauración de riberas, las densidades recomendadas son inferiores a 200 plantas ha⁻¹. Montero (2003) recomienda valores próximos a los 1.000 pies·ha⁻¹ en plantaciones de producción, aunque se han realizado ensayos a densidades muy inferiores (200 plantas ha⁻¹) (Ripoll *et al.*, 2009). Un uso importante de esta especie es en la fijación de laderas y márgenes y para la formación de setos vivos, en cuyo caso se podría trabajar a densidades superiores.

El almez es un árbol que soporta bien el calor, pero es sensible a las bajas temperaturas. Por ello resulta conveniente utilizar tubos invernadero, en particular en localidades con presencia de heladas. Al ser una especie apetecida por el ganado, en el caso de que exista riesgo de depredación, es recomendable utilizar mallas cinegéticas.

Al tratarse de una especie exigente en humedad, hay que evitar la competencia herbácea durante los primeros años después del establecimiento, por lo que es recomendable realizar escardas o binas. En repoblaciones en terrenos agrícolas éstas prácticas, durante los años posteriores a la plantación, son fundamentales para el éxito de la repoblación. El laboreo con cultivadores o escardadores es el método más utilizado, aunque salvo el caso de repoblaciones de producción no es recomendable realizarlo a partir del quinto año. En el caso de trabajos de restauración de riberas, al realizarse la mayor parte de las repoblaciones mediante ahoyado y con un diseño irregular, el control de la competencia, cuando es necesario, se reduce a escardas puntuales cuando las condiciones lo requieren. No hay experiencia de control de malezas con herbicidas, aunque podría realizarse si se dispone de productos legalizados para tal efecto.

En las forestaciones con almez el uso del riego puede estar justificado cuando se trata de trabajos de arboricultura y paisajismo. En estos casos conviene realizar un riego de implantación y mantenimiento si las condiciones en el momento de la plantación

son desfavorables y riegos de mantenimiento durante el primer verano (3 a 4 riegos abundantes). Al ser una especie muy utilizada en jardinería y paisajismo existe abundante experiencia sobre el uso de riegos, incluso con goteo, para esta especie. Se han probado diferentes tratamientos para mejorar el crecimiento del almez en plantaciones urbanas, en particular la respuesta a la compactación utilizando inóculo de *Glomus mosseae*, *mulch*, aireación vertical, sustitución radial del suelo y tratamiento con maquinaria de descompactación y aireación (Junqueras *et al.*, 2010).

El almez es una especie con tendencia a formar horquillas recurrentes (Drénou, 2000), este hecho, unido a que la plantación puede tener vocación maderera, hace necesario un buen planteamiento de las podas. Las podas de formación deben iniciarse al segundo año de la plantación (Montero, 2003), para evitar la formación de horquillas y conseguir un fuste recto libre de defectos. El almez no soporta bien las podas intensas. Las podas se realizarán durante el invierno (noviembre-febrero), coincidiendo con el paro estacional del árbol.

La regeneración natural ha sido un aspecto muy poco estudiado en los trabajos de restauración con almez, aunque es una especie que se establece con cierta facilidad en el medio natural, llegando a formar grandes almechales, por ejemplo el de Mieza en Salamanca. Su manejo en poblaciones naturales y el fomento de su regeneración natural podría ser una alternativa para el control de especies invasoras (*Ailanthus altissima*), tanto en antiguas olmedas, como en riberas mediterráneas.

6. Bibliografía

- BLANCO E., 1996. Horcas y bastones de madera de almez. *Quercus* 128, 8-11.
- BONNER F.T., 1974. *Celtis* 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. 298-300.
- BUTOLA B.S., UNİYAL A.K., 2005. Rooting response of branch cuttings of *Celtis australis* L. to hormonal applications. *Forests, Trees and Livelihoods* 15, 307-310.
- CASTRO-DÍEZ P., MONTSERRAT-MARTÍ G., CORNELISSEN J., 2003. Trade-off between phenology, relative growth rate, life form and seed mass among 22 Mediterranean woody species. *Plant Ecol.* 166, 117-129.
- CATALÁN G., 1991. Semillas de árboles y arbustos forestales. Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid. pp. 163-164.
- DEMIR F., DOĞAN H., OZCAN M., HACISEFEROGULLARI H., 2002. Nutritional and physical properties of hackberry (*Celtis australis* L.). *J. Food Eng.* 54 (3), 241-247.
- DIRR M., HEUSER C.W., 1987. The reference manual of woody plant propagation. From seed to tissue culture. Varsity Press, Athens, Georgia, USA.
- DRÉNOU C., 2000. Pruning trees: the problem of forks. *J. Arboric.* 26(5), 264-269.
- ERCLYE A., KARAOSMANOĞLU F., CLVELEKOĞLU H., 1989. Fruit oils of four plant species of Turkish origin. *JAOCS* 66(10), 1459-1464.
- FONT QUER P., 1987. Plantas medicinales. El Dioscórides renovado. Editorial Labor, Barcelona.
- FLORES D., ÚBEDA D., OROZCO E., MARTÍNEZ-SÁNCHEZ J.J., 2001. Estudio del crecimiento y supervivencia de *Celtis australis* L. en repoblaciones de terrenos agrícolas de la región de Murcia. En: Actas del III Congreso Forestal Español. Mesa 3. (Junta de Andalucía, ed.). Granada. pp. 360-365. Disponible en: <http://congresoforestal.es>.

- 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. 13.
- GARFI G., 2000. Climatic signal in tree-rings of *Quercus pubescens* s.l. and *Celtis australis* L. in South-eastern Sicily. *Dendrochronologia* 18, 41-51.
- HALL K., 2001. Recommended native plants species for stream restoration in North Carolina [en línea]. NC State University Stream Restoration Program. Disponible en: <http://www.ncsu.edu/sri/riparian.html> [21 Abril, 2010]
- HERNÁNDEZ R., 1998. El almez como especie dominante en una formación forestal. *Ecología* 12, 285-292.
- HOSNER J.F., BOYCE S.G., 1962. Tolerance to water saturated soil of various bottomland hardwoods. *For. Sci.* 6 (3), 246-251.
- ISTA (Internacional Seed Testing Association), 1999. International rules for seed testing. *Seed Sci. Technol.* 27, (Supplement) Rules 1999.
- JORDANO P., HERRERA C., 1981. The frugivorous diet of blackcap populations *Sylvia atricapilla* wintering in southern Spain. *Ibis* Vol 123(4), 502-507.
- JUNQUERAS R., MARCH A., CHUECA J., FÁBREGAS F., Respuesta de *Celtis australis* a mejoras en el suelo [en línea]. Disponible en: <http://www.drac.com/pers/chueca/respuesta.htm> [15 Mar, 2010]
- KHOSLA P., TOKY O., BISHT R., HAMIDULLAH S., 1992. Leaf dynamics and protein content of six important fodder trees of the western Himalaya. *Agrofor. Syst.* 19, 109-118.
- LÓPEZ GONZÁLEZ G., 1982. La guía INCAFO de los árboles y arbustos de la Península Ibérica. Ed. INCAFO, Madrid.
- LOUREIRO J., RODRIGUEZ E., GOMES A., SANTOS C., 2007. Genome size estimations on *Ulmus minor* Mill., *Ulmus glabra* Huds., and *Celtis australis* L. using flow cytometry. *Plant Biol.* 9, 541-544
- 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.
- MAIKHURI R., SEMWAL R., RAO K., SINGH K., SAXENA K., 2000. Growth and ecological impacts of traditional agroforestry tree species in Central Himalaya, India. *Agrofor. Syst.* 48, 257-272.
- MONTERO G. (coord.), 2003. Manual de selvicultura para plantaciones de especies productoras de madera de calidad. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. Ministerio de Ciencia y Tecnología. Ed. Mundi-Prensa, Madrid.
- NAVARRO C., CASTROVIEJO S., 1990. *Celtis* L. En: Flora iberica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares. Vol III. *Plumbaginaceae* (partim)-*Capparaceae*. (Castroviejo S., Aedo C., Cirujano S., Lainz M., Montserrat P., Morales R., Muñoz Garmendia F., Navarro C., Paiva J., Soriano C., eds.). Real Jardín Botánico, Madrid. pp. 248-250.
- NAVARRO CERRILLO R.M., 2003. Informe de control de calidad de repoblaciones forestales de la restauración de la cantera de Valdeazores. Universidad de Córdoba-Lafarge. 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. 103-105.
- NAVARRO CERRILLO R.M., SAIZ J.L., del CAMPO A., CHECA R., ÁLVAREZ A., 2001. Sistema de control de calidad de repoblaciones forestales. La obra de restauración del río Guadiamar. En: Actas del III Congreso Forestal Español. Mesa 3. (Junta de Andalucía, ed.). Granada. pp. 817-823. Disponible en: <http://congresoforestal.es>.

- RIPOLL M., NAVARRO F., JIMÉNEZ N., MONTOSA J.M., GALLEGO E., TERRÓN L., de SIMÓN E., 2009. Cultivos forestales para la producción de madera de calidad en la vega de Granada: crecimiento inicial y comportamiento forestal de *Juglans regia* L.; *Celtis australis* L., *Platanus hispanica* Munchh, *Prunus avium* L. En: Actas del 5 Congreso Forestal Español. [cd-rom]. (Sociedad Española de Ciencias Forestales, Junta de Castilla y León, eds.). Ávila. Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- 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., 1990, Mapa Forestal Español. Instituto para la Conservación de la Naturaleza, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid.
- RUIZ DE LA TORRE J., 2006. Flora Mayor. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Dirección General para la Biodiversidad, Madrid. pp. 561-564.
- SHAMET G.S., NAVEEN C.R., 2005. Study of rooting in stem cuttings of Khrik (*Celtis australis* L.). Indian J. For. 28, 363-369.
- SINGH B., BHATT B., PRASAD P., 2006. Variation in seed and seedling traits of *Celtis australis*, a multipurpose tree, in Central Himalaya, India. Agrofor. Syst. 67, 115-122.
- SINGH B., BHATT B., PRASAD P., 2010. Altitudinal variation in nutritive value of adult-juvenile foliage of *Celtis australis* L.: A promising fodder tree species of Central Himalaya, India. J. Am. Sci. 6(2), 108-112.
- TAKOS I., EFTHIMIOU G., 2003. Germination results on dormant seeds of fifteen tree species autumn sown in a Northern Greek nursery. Silvae Genet. 52 (2), 67-71.
- TOMMASINI S., DAVIES G., ELLIOTT T., 2000. Lead isotope composition of tree rings as bio-geochemical tracers of heavy metal pollution: a reconnaissance study from Firenze, Italy. Appl. Geochem. 15, 891-900.
- TRABA J., ARRIETA S., HERRANZ J., CLAMAGIRAND M.C., 2006. Red fox (*Vulpes vulpes* L.) favour seed dispersal, germination and seedling survival of Mediterranean Hackberry (*Celtis australis* L.). Acta Oecol. 30 (1), 39-45.
- VERMA K.S., MISHRA V.K., SHARMA S.K., NAUTIYAL R.K., 1992. Nutrient dynamics in *Celtis australis* leaves. Adv. Hort. For. 2, 194-199.

Ceratonia siliqua L.

Algarrobo, garrobo, garrobo; *cat.*: garrofer; *gall.*: farrobeira

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

1. Descripción

1.1. Morfología

El algarrobo es una especie del género *Ceratonia*, familia *Caesalpiniaceae*. Es un árbol de hasta 10 m de alto, aunque su altura media es de 5-6 m, que mantiene las hojas todo el año, de tronco ensanchado y nudoso en la base; corteza casi lisa, grisácea. El algarrobo se ramifica en una copa muy densa, frondosa y globosa, siempre verde y exuberante, cuyas ramas principales adoptan un porte casi horizontal en una longitud de hasta 6 m. Las ramas secundarias son casi erectas en la parte superior de la copa, mientras que son inclinadas o péndulas en la parte periférica (Ortiz, 1999; Ruiz de la Torre, 2006). El sistema radical es muy largo y penetrante, muy robusto, tortuoso, con muchas raíces laterales que adquieren gran desarrollo y que se alargan más allá de la proyección de la copa. Alcanzan más de 20 metros formando, así, una masa de raíces que alcanzan incluso a los estratos del suelo más profundos. Las raíces penetran en el suelo, serpenteado entre las fisuras de las rocas, buscando agua y elementos nutritivos y creando un adecuado anclaje de la planta contra el viento. Estas raíces a veces afloran, en parte, a la superficie. En terrenos calizos fisurados contribuyen, junto con el agua de lluvia y la alternancia de bajas y altas temperaturas, a la formación de suelo fértil.

Las hojas tienen entre 4-24 cm de longitud compuestas por 1 a 5 pares de folíolos elípticos o suborbiculares de 3-7 cm de longitud por 3-6 cm de anchura, coriáceas, con el borde entero, verde - oscuras y lustrosas por el haz y de un verde más pálido por la cara inferior (Ortiz, 1999; Ruiz de la Torre, 2006). Situadas sobre un raquis de 12-24 mm de longitud, coriáceo, persistente, brillante y de un color verde intenso más claro por el envés; con un alto contenido de taninos. Las hojas se insertan en las ramas mediante un pecíolo de unos 3 cm el cual tiene un engrosamiento carnoso en el punto de inserción de hasta 0,5 mm. Estípulas muy pequeñas y caducas. El algarrobo es una planta perenne que renueva sus hojas en primavera (abril a mayo), cada 15-18 meses (Diamantoglou y Mitrakos, 1981). Brotan en primavera para caer en julio y septiembre del año siguiente, adquiriendo cuando se desecan un color rojo oscuro (Ruiz de la Torre, 2006).

El carácter esclerófilo de las hojas favorece unas limitadas necesidades hídricas de la especie, lo que permite a la especie una buena adaptación a la sequía (Correia *et al.*, 2001). Es capaz de sobrevivir a largos periodos sin lluvia y tolerar altas radiaciones, en particular los individuos adultos. Desde el punto de vista anatómico, las hojas presentan adaptaciones a la xericidad por su carácter coriáceo y por estar cubiertas por una cutícula gruesa, lo que limita las pérdidas de agua. Existe, además, una correlación negativa

entre el contenido de agua en el suelo y la capacidad de absorción de agua de rocío, aunque esta absorción no es en absoluto suficiente para compensar las pérdidas diarias por transpiración. Lo que se explica teniendo en cuenta que el algarrobo apenas reduce su conductancia estomática ante situaciones de estrés hídrico (Lo Gullo y Salleo, 1988; Correia y Martins-Louçao, 1990 y 1995; Correia *et al.*, 2001).

1.2. Biología reproductiva

El algarrobo es una especie polígama dioica, esto es, algunos individuos tienen sólo flores masculinas, otros sólo femeninas, otros tienen masculinas y femeninas y otros flores masculinas y hermafroditas en la misma planta. Casi todos los cultivares son dioicos, aunque puedan existir flores de ambos sexos en forma de vestigios del otro sexo (Catarino, 1993). La inflorescencia está formada por racimos derechos, solitarios y agregados, ubicados en correspondencia con los nudos de las ramas gruesas que ya han perdido las hojas; de hecho, la zona de las ramas provistas de hojas casi siempre está privada de racimos florales. Las inflorescencias tienen una longitud de 6-11 cm y llevan unas 40-60 flores completamente privadas de corola, aunque con un cáliz en forma de copa que sobrepasa el receptáculo carnoso que es de color verdoso. La inflorescencia femenina es, al principio, de color rojo-carmín oscuro y luego verdoso-amarillento. Las flores femeninas tienen un pistilo de aproximadamente 1 cm, de color verdoso, forma alargada, cubierto de una leve pilosidad blanca brillante, ligeramente surcado en la sutura dorsal. El estilo termina en un estigma sentado esponjoso, de color verde claro o amarillento en la fecundación y negro tras la realización de la misma. Las flores masculinas son más numerosas y compactas en las inflorescencias que las femeninas y hermafroditas. Es de color rojo apenas brotada y amarillenta o rojiza en la madurez según la variedad. Las flores masculinas, más pequeñas que las femeninas, están constituidas por un receptáculo en forma de disco sobre el que se insertan horizontalmente de 5 a 7 estambres dispuestos en corona, éstos terminan en anteras de color rojo o amarillo que contienen el polen de color amarillo claro. Las flores masculinas se reúnen en número de 10-12 en inflorescencias en racimo. Las flores hermafroditas contienen estambres y pistilos completamente desarrollados como en las flores unisexuales normales. Las flores, que segregan sustancias azucaradas, se reúnen en grupos de 30 a 60 formando inflorescencias de 7-12 cm de longitud e insertadas sobre ramas adultas y a veces también sobre gruesas ramas muy viejas y nacen, como se ha indicado, casi siempre de excrescencias o nudos existentes en las ramas más viejas, los cuales van engrosando por las sucesivas fructificaciones que se desarrollan cada año. Florece a partir de julio y hasta el otoño (de septiembre a enero) (Arroyo, 1988 y 1990; Ortiz *et al.*, 1995; Ortiz, 1999; Ruiz de la Torre, 2006).

Se ha constatado que las semillas de algarrobo dan origen, tratándose de una planta polígama dioica, a un 49,5% de plantas masculinas, un 49,5% de plantas femeninas y apenas un 1,1% de plantas de flores hermafroditas. Las plantas masculinas son de dos tipos “machos amarillos” y “machos rojos” (Batlle y Tous, 1997). Los primeros tienen un desarrollo rápido y vigoroso, que en plena antesis tienen un colorido amarillo limón característico, con flores que resisten los vientos fríos y se reúnen en inflorescencias más largas que las de tipo “rojo”. Las plantas del tipo “macho rojo” son de menor desarrollo, floración más abundante, pero con flores más delicadas en la relación con el frío y el viento, y con anteras de color rojo. La antesis de las flores tiene lugar en agosto, antes

de la recolección, y se prolonga hasta noviembre con emisión de un olor característico penetrante, que se difunde en las áreas colonizadas con algarrobo. La polinización es entomófila y anemófila. Este árbol mediterráneo posee unas características que lo hacen diferente de la generalidad de las especies que son polinizadas por insectos: su periodo de floración comprende los meses de septiembre a fin de noviembre, que es una época del año poco propia para los insectos polinizadores (Retana *et al.*, 1994). El algarrobo parece solventar este inconveniente generando un gran número de flores y aprovechándose del servicio de insectos no típicamente polinizadores como moscas, abejas o polillas (Retana *et al.*, 1990).

El fruto se origina después de la fecundación y comienza a desarrollarse sólo en primavera, para completar su desarrollo y maduración en agosto-septiembre, momento en que se produce el aborto de los frutos no viables (Bosch *et al.*, 1996). La formación del fruto maduro tarda un año en producirse. Cuando los frutos se recogen, el árbol ha florecido ya para la siguiente fructificación, ya que las algarrobas deben permanecer durante largo tiempo sobre las plantas. La coincidencia del periodo de maduración y de floración provoca una competencia por el uso de los recursos, lo que se relaciona con la vecería característica de los algarrobos (cada dos años). El atípico comportamiento reproductor de este árbol se traduce en un reducido porcentaje de frutos maduros, como resultado de la limitada polinización y del elevado porcentaje de frutos desprendidos antes de alcanzar la madurez (Bosch *et al.*, 1996), en lo cual también puede influir las condiciones climáticas variables propias del mediterráneo, el contenido de nutrientes y la constitución del suelo, pero también a un inadecuado número de plantas masculinas en el caso de plantaciones, así como de la falta de vectores de polinización.

El fruto es una legumbre, indehisciente, llamado lomento o más comúnmente algarroba o garrofa, de 4,5-23 x 1-3 cm, coriáceo, de contorno linear-elíptico, engrosado en los bordes, de caras planas, verde primero, de color castaño oscuro en la madurez (Fig. 1). La fructificación del algarrobo se produce cuando se superan las 5.000-6.000 horas acumuladas de temperatura sobre 9-10 °C (Batlle y Tous, 1997). Las semillas o garrofines son de forma plana-aovadas (lenticulares), con un tamaño de 8-10 x 6-7,5 mm, de color pardo rojizo lustroso, provistas de una gruesa e impermeable testa (Ortiz, 1999; Ruiz de la Torre, 2006) (Fig. 2). Son muy duras, de albumen compacto y abundante, con embrión y cotiledones aplanados de un color más bien claro, mientras el endospermo es duro, abundante, blanco sucio y rico en sustancias gomosas (Avallone *et al.*, 1997; Aubin *et al.*, 2007; Bengoechea *et al.*, 2008). El eje hipocótilo-radícula, de muy pequeño tamaño, presenta una posición apical en la semilla, con la radícula orientada hacia el ápice (Shepperd, 2008). Cada fruto contiene 5(10)-17 semillas y pesa en total 25 a 40 g, teniendo las semillas un peso constante. Los dos componentes principales de la legumbre de algarrobo son la pulpa (90%) y la semilla (10%). La composición química del fruto ha sido descrita para poblaciones mediterráneas (Ahmet *et al.*, 2007).

Las semillas están recubiertas por un tegumento duro (Fig. 2) que impide la imbibición de agua, por lo que la germinación es muy lenta. Cuando el tegumento se rompe, la semilla absorbe agua con bastante rapidez, facilitándose la germinación. El tegumento favorece la longevidad de las semillas, habiéndose constatado que con 4 años de edad aún mantienen una viabilidad semejante a las semillas recientes (Ortiz *et al.*, 1995). Por

consiguiente, la persistencia del banco de semillas del suelo puede ser una estrategia reproductiva importante en el caso del algarrobo. Algunos rasgos de los frutos indican adaptación a la dispersión por mamíferos: gran tamaño, algo carnosos, semillas duras y resistentes a la masticación y digestión, que no afectan a la viabilidad de las semillas (Ortiz *et al.*, 1995), obteniéndose una tasa de germinación similar a las no consumidas. La cubierta puede así favorecer la dispersión a larga distancia por medio de los mamíferos, que consumen el fruto pero no destruyen la semilla. Muchos de estos consumidores expulsan la semilla previamente a la digestión, en contra de lo que se cree normalmente. Posiblemente los pequeños mamíferos, como el zorro (*Vulpes vulpes*), son vectores más adecuados de dispersión a larga distancia que los grandes mamíferos (equinos), dado que en cada ingesta digiere menos semillas, pero estas aparecen en un porcentaje mayor en las deposiciones. Las semillas de algarrobo parecen estar, también, adaptadas al fuego. El embrión no se ve afectado por las altas temperaturas; de hecho, si la temperatura alcanzada es muy alta, se incrementa la dureza e impermeabilidad de la cutícula, lo que sugiere una posible adaptación a las condiciones posteriores a un incendio, de modo que se demore la germinación hasta que mejoren las condiciones ambientales (Ortiz *et al.*, 1995). Se reproduce fácilmente por semilla y brota de forma vigorosa de cepa y raíz, soportando bien el recorte.

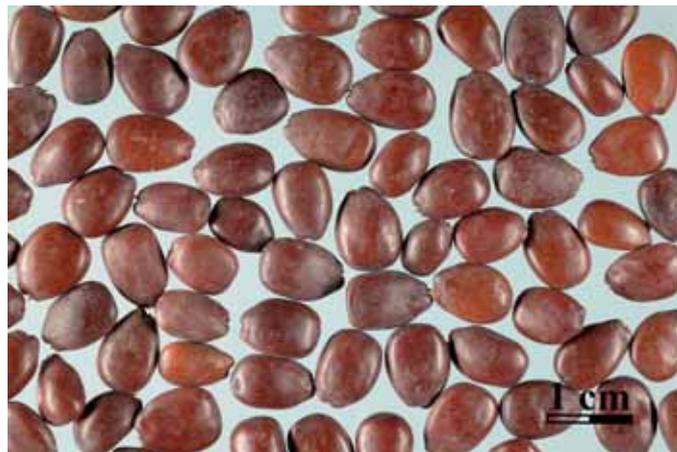


Figura 2. Semillas de *Ceratonia siliqua*.

Figura 1. Fruto maduro de *Ceratonia siliqua*
(Foto: J.I. García Viñas).

1.3 Distribución y ecología

Distribución general en todos los países de la cuenca del Mediterráneo: España, Costa Azul, Córcega, Cerdeña, Sicilia, Grecia meridional, Turquía mediterránea, Chipre, Siria, Líbano, Israel, Egipto, Túnez, Argelia, Marruecos, Portugal; entre los 27-42° de latitud norte y en condiciones favorables puede superar los 44° N, como en la costa de Liguria (Talhok *et al.*, 2004; Ramón-Laca y Mabberley, 2004; Barracosa *et al.*, 2007; Naghmouchin *et al.*, 2009; Mahmoud *et al.*, 2009) Es extremadamente difícil establecer

el área de origen del algarrobo aunque se considera que procede de la zona mediterránea (Hillcoat *et al.*, 1980). Formaciones extensas de algarrobo silvestre sólo aparecen actualmente en Anatolia meridional, Siria, Líbano, Israel y la Cirenaica septentrional (Spina, 1989; Martins-Louçao, 1990). Artificialmente se encuentra en zonas de clima mediterráneo de Estados Unidos (California y Texas), de México y de Chile. En la Península Ibérica se encuentra en las provincias costeras, desde Cataluña hasta Andalucía, y es cultivado sobre todo en Cataluña, Región Valenciana, Islas Baleares y Portugal. Por ser una planta cultivada desde antiguo es difícil precisar sus límites naturales, aunque se duda que sea autóctona de la Península Ibérica (Ruiz de la Torre, 2006).

El área de distribución natural de la especie (Fig. 3) coincide con la asociación de esta especie con el acebuche (*Olea europea* var. *sylvestris*) y el palmito (*Chamaerops humilis*), donde aparece junto a plantas de hoja perenne xerófitas como la encina (*Quercus ilex*), el labiérnago (*Phillyrea angustifolia*), el mirto (*Myrtus communis*), la cornicabra (*Pistacia terebinthus*) o el lentisco (*Pistacia lentiscus*) y, en menor medida, con especies como el alcornoque (*Quercus suber*).

El algarrobo habita en climas mediterráneos típicos (fitoclimas IV₂ y, en menor medida, IV₃ y IV₄). Uno de los factores fundamentales en la distribución del algarrobo es la temperatura. Es una especie que vegeta y fructifica bien en las regiones donde la temperatura media invernal está en torno a los 10 °C y la temperatura media estival no es inferior a los 20 °C durante, al menos, cuatro meses al año y con un régimen térmico moderado (López González, 1995; Ruiz de la Torre, 2006). El algarrobo es muy sensible a las heladas y a las bajas temperaturas, pudiéndose considerar una especie termohigrófila, con requerimientos térmicos parecidos a los del naranjo. No soporta temperaturas inferiores a los 0 °C (-4 °C); las plantas jóvenes pueden ser dañadas por debajo de 4 °C, mientras que soporta más de 40 °C durante el periodo estival sin estrés aparente. Las lluvias de otoño e invierno son importantes para el buen desarrollo del algarrobo, aunque se adapta a una pluviometría anual de 250-300 mm (Batlle y Tous, 1997; Ruiz de la Torre, 2006), siendo recomendable su establecimiento en zonas con precipitaciones superiores a los 500-550 mm.

Es una especie de media luz a media sombra, de temperamento delicado en las primeras edades. Vegeta bien en llanuras y laderas suaves, aunque también se la puede encontrar en áreas de baja montaña sobre laderas abruptas, por ejemplo, en los montes de Málaga. La altitud óptima para la especie es entre 0 y 500 m, aunque puede llegar a los 900 (1.000 m), lo que depende de la latitud, la pendiente y la exposición. En las laderas orientadas al sur crece más exuberante y produce una mayor cantidad y calidad de frutos (López González, 1995; Ruiz de la Torre, 2006).

Los algarrobos aparecen generalmente sobre suelos calizos superficiales, incluso rocosos, en cuyas hendiduras profundizan las raíces y donde son capaces de vegetar e incluso fructificar. No obstante, esta especie se puede adaptar a diferentes suelos, y aunque prefiere los calizos de textura arenosa o franco-arenosa que tienen un buen contenido en calcio y potasio, se adapta a terrenos arenosos, a los moderadamente ácidos y a los pedregosos. Por el contrario, no tolera los suelos mal drenados o los arcillosos, aunque parece ser tolerante a la salinidad (Winer, 1980). La rusticidad y modestas exigencias de esta planta

permiten aprovechar terrenos en los cuales, a veces, no hay otra alternativa válida. Es una especie de crecimiento relativamente lento, alcanzando una gran longevidad.

La interacción del algarrobo con otros organismos del componente biológico del suelo no ha sido muy estudiada y, a pesar de ser una leguminosa, no puede fijar nitrógeno (Martins-Loução *et al.*, 1996). Es una especie muy consumida por la fauna silvestre, en particular sus frutos, pero también son palatables sus hojas jóvenes, rebrotando con facilidad.

2. Materiales forestales de reproducción

2.1. Marco normativo. Identificación de los materiales de reproducción

A nivel nacional, los materiales de reproducción de esta especie no están regulados por el RD. 289/2003. Dentro de Andalucía se ha incluido al algarrobo en las siguientes Regiones de Identificación y Utilización de Material Forestal de Reproducción: Litoral sur-oriental andaluz (38), Subbética granadina (40), Orla meridional de la depresión del Guadalquivir (41), Serranía de Ronda (42), Litoral meridional andaluz (43), Depresión del Guadalquivir (44) y Sierra Morena meridional (45) (García del Barrio *et al.*, 2001) (Fig. 3). Estas regiones coinciden con las procedencias propuestas para la especie por Rosúa *et al.* (2001), a saber: Andalucía termófila, que agrupa las RIUs de la 40 a la 45, y Sudeste semiárido, correspondiente a la RIU 38.

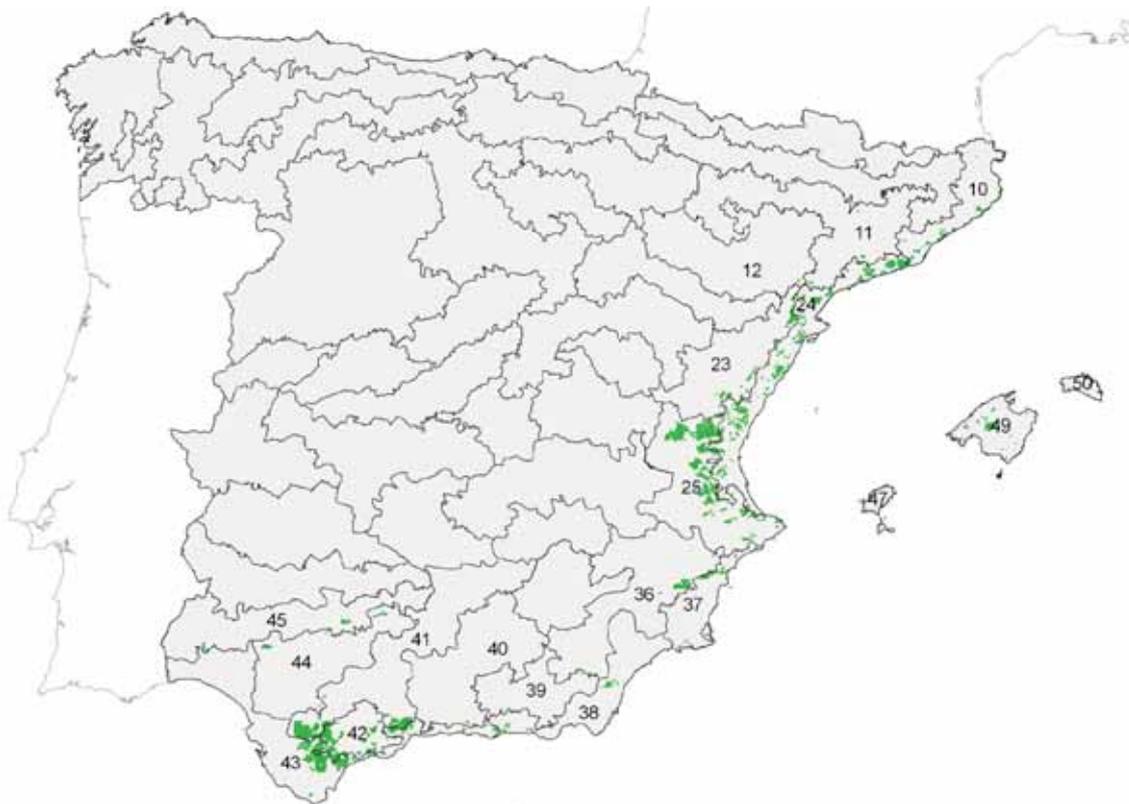


Figura 3. Distribución de *Ceratonia siliqua* y Regiones de Identificación de sus materiales de reproducción (Fuente: Mapa Forestal de España, 1:200.000).

Tabla 1. Características agronómicas de los principales cultivares españoles de *Ceratonia siliqua* (Battle y Tous, 1994).

Cultivar	Sexo ⁽¹⁾	Patrón de crecimiento	Precocidad ⁽²⁾	Resistencia a la abscisión de los frutos ⁽²⁾	Susceptib. a <i>Oidium</i> ⁽²⁾	Tamaño del fruto ⁽³⁾	Forma del fruto	Contenido en pulpa (peso seco de la pulpa)	Producción de semillas (unidades por fruto)	Contenido de endospermo (% peso seco de las semillas)
'Negra'	F	Abierto	Media	A	A	Corta	Recta	A	7-9	-
'Matalafera'	F	Abierto	Media	B	B	Media-Larga	Recta	M	12-14	58,0
'Duraíó'	F	Weeping	Temprana	M	M	Media	Recta	B-M	16-17	58,0
'Rojal'	F	Erecto	Muy temprana	B	B	Larga	Curva	M	10-11	56,2
'Sayalonga'	F	Abierto	Temprana	B	B	Larga	Curva	M	13-14	56,0
'Ramillete'	H	Weeping	Muy temprana	A	M	Media-Larga	Curva	A	8-10	50,6
'Banya Cabra'	F	Abierto	Tardía	M	M	Larga	Torcida	B	13-14	54,3

⁽¹⁾ F: femenino; H: hermafrodita⁽²⁾ A: alto; M: medio; B: bajo⁽³⁾ Longitud media de la algarroba: 15 cm

El material forestal de reproducción del algarrobo suele ser de carácter local, dada la fácil cosecha y almacenamiento de la algarroba y la relativa disponibilidad de pies buenos productores en la cercanía de casi todos los viveros que producen esta especie (Vardar *et al.*, 1980; Batlle y Tous, 1994). Al tratarse de una especie de notable interés económico, se han realizado estudios de caracterización del germoplasma en algunos países (Barbagallo *et al.*, 1997). En España existe un banco de germoplasma en el IRTA-Mas de Bover-INIA (Reus-Tarragona), que dispone de 93 cultivares de algarrobo, y dos colecciones en Villajoyosa (Alicante) y Palma de Mallorca. En Portugal existe un banco de germoplasma en Tavira (Algarbe). El banco de germoplasma del IRTA es el que dispone de más información sobre la respuesta de los cultivares más promisorios (Batlle y Tous, 1994). Sería muy interesante la colecta y establecimiento de material de base andaluz, ya que se está produciendo una progresiva pérdida de individuos de esta especie en muchas áreas (Rodríguez y Frutos, 1988), que puede paliarse, en parte, mediante un programa de conservación *in situ*.

Los materiales de reproducción de *C. siliqua* no están obligados a ir acompañados por un pasaporte fitosanitario durante su circulación y comercio.

El largo proceso histórico de domesticación de la especie ha conducido a la selección de diferentes cultivares, habiéndose mencionado más de 50 en todo el mundo (Sebastian y McComb, 1986; Tous y Batlle, 1990). Los cultivares de algarrobo muestran una gran variación en sus características morfológicas, agronómicas y tecnológicas, aunque presentan una escasa diferenciación genética entre ellas y los individuos naturalizados (Tous y Batlle, 1990; Russo y Polignano, 1996; Batlle *et al.*, 1996; Barracosa *et al.*, 2008). Los criterios de selección han sido el tamaño de la algarroba, el contenido de pulpa y azúcares, y la producción de semilla (Tabla 1), siendo Andalucía una importante zona de colección de materiales de base para la especie (Tous *et al.*, 1993; Batlle y Tous, 1997). Se ha descrito el tamaño del genoma de la especie, observándose la existencia de variación local, siendo el estrés hídrico el factor modelador de esa variabilidad (Buresi *et al.*, 2004; Makrem *et al.*, 2006).

2.2. Técnicas de manejo y propagación

2.2.1. Semillas

La colecta de los frutos se realiza, según zonas, a partir de agosto, prolongándose durante septiembre (octubre), en función del estado de maduración del fruto, que puede variar mucho, incluso dentro del mismo árbol. El momento más adecuado es cuando el fruto está de color marrón oscuro y consistente. El procedimiento de cosecha es la recogida del suelo tras vareo, o cortando directamente las legumbres, evitando el exceso de calor durante el transporte, que debe ser rápido y sin solear las bolsas.

Una vez recolectados los frutos, hay que extraer la semilla con cierta rapidez, ya que la pulpa tiende a fermentar o endurecerse, lo que puede condicionar la viabilidad de la misma. La extracción de la semilla es complicada, por la dificultad que conlleva tanto la rotura de la legumbre como la separación de la semilla, y se realiza mediante trillado, cribado y método densimétrico. Con los métodos de limpieza empleados la pureza del lote puede ser muy elevada (más del 90%), con un rendimiento entre el 8-25% (Tabla 2).

Las semillas presentan un comportamiento ortodoxo, pues son tolerantes a la desecación. Una vez limpias las semillas se almacenan a 4-5 °C, en seco (contenido de humedad del 4-8%) y dentro de envases herméticos en cámara frigorífica hasta el momento de la siembra. El almacenamiento puede ser bastante prolongado, siendo relativamente independiente de la temperatura y las condiciones de conservación, al menos durante los 18 primeros meses, aunque también admite el almacenaje al exterior (Piotto y Piccini, 1996; Hong *et al.*, 1996).

Las semillas de algarrobo presentan una cutícula dura e impermeable, que limita el proceso de germinación, si bien germinan fácilmente con un tratamiento previo de inmersión en agua caliente. Los mejores resultados se han obtenido mediante la inmersión de la semilla en agua durante un periodo entre 10 y 15 días, germinación del 95-100% en semilla seleccionada, retirando cada tres días las que estén hinchadas (Tabla 2). También se obtienen buenas germinaciones escaldando la semilla durante 1-10 minutos en agua hirviendo y dejándolas en agua durante 24 horas, o por inmersión en ácido sulfúrico, solución al 80%, durante 30 minutos, germinación 99%, y dejarlas en agua 24 horas (Frutos, 1988; Navarro Cerrillo y Gálvez Ramírez, 2001). Las normas ISTA (2011) no incluyen referencias específicas para la realización de ensayos de germinación con el algarrobo.

Germinación epigea. Plántula de 4-5 cm con dos cotiledones oblongos, con dos hojas primordiales algo acuminadas, de color rojizo y con los bordes enteros (Navarro Cerrillo y Gálvez Ramírez, 2001).

Tabla 2. Datos característicos de lotes de semillas de *Ceratonia siliqua*.

Rendimiento semilla/fruto (% en peso)	Pureza (%)	Facultad germinativa (%)	Nº semillas kg ⁻¹	Referencia
15-25	95-98	70-80	4.500-5.200-5.600	Catalán (1991)
	98-99		5.215-5.681	Navarro-Cerrillo y Gálvez (2001)
5-14		(80)	4.400-5.500	Shepperd (2008)
	93-100	74-98	5.400-6.200	Banc de Llavors Forestals (Anexo II)
8-16	95-98	65-90	5.000-5.600	CNRGF <i>El Serranillo</i> (Anexo III)

2.2.2. Vegetativa

La especie ha sido propagada vegetativamente por diferentes técnicas, como el estaquillado, el injerto, el acodo y la micropropagación, en particular, con fines productivos. Los resultados obtenidos en la propagación vegetativa del algarrobo son muy irregulares, habiéndose obtenido porcentajes de enraizamiento superiores al 80%. El material vegetal debe proceder de plantas madre jóvenes, previamente sometidas a repetidas podas para estimular la brotación vigorosa y colectado en primavera (marzo-abril).

Las estaquillas leñosas, preferentemente apicales, deben tener 20 cm de longitud y se colocan enterradas unos 10 cm sobre un sustrato suelto, preferiblemente perlita pura, en mesas de enraizado con calentamiento basal (25 °C), temperatura ambiente entre 10

y 15 °C y nebulización cada 2 minutos durante el día. Las estaquillas deben tratarse con hormonas: 2.500 mg l⁻¹ de ácido indolbutírico (AIB) + 2.500 mg l⁻¹ de ácido naftalenacético (ANA) (90% de enraizado); 2.500 mg l⁻¹ de AIB + 2.500 mg l⁻¹ de ANA + 25% de captan (80% de enraizado); y 5.000 mg l⁻¹ de AIB + 25% de captan (40% de enraizado) (Dirr y Heuser, 1987) ó 8.000 mg l⁻¹ de AIB (85%) (Alorda *et al.*, 1987).

La micropropagación se utiliza en el cultivo comercial de algarrobo, en particular para la propagación de cultivares con buenas características productivas y para bancos de germoplasma (Custodio y Carneiro, 2005). Se han obtenido buenos resultados utilizando yemas axilares procedentes de árboles femeninos en propagación *in vitro*, en medio de cultivo benciladenina, y Murashige y Skoog (Androulakis, 1994; Alorda y Medrano, 1996; Carimi *et al.*, 1997; Pauteleitchouk *et al.*, 2009). Romano *et al.* (2002) y Canhoto *et al.* (2006) hacen una descripción muy detallada de las técnicas de cultivo *in vitro* para la especie.

3. Producción de plantas

El algarrobo es una especie fácil de cultivar en vivero, por lo que la producción de planta ha sido muy abundante, inicialmente con destino productor. Más recientemente la producción de esta especie se ha dirigido a cubrir la demanda de los programas de forestación de tierras agrarias y las repoblaciones de protección (Navarro Cerrillo *et al.*, 1998).

El algarrobo se cultiva principalmente en contenedor, siendo poco frecuente el cultivo de planta a raíz desnuda. Es recomendable el cultivo en envases que permitan un buen manejo del cepellón y aseguren un buen sistema radical, dada la dificultad de esta especie para formar cepellón (Navarro Cerrillo *et al.*, 1998 y 2001 a). La siembra suele hacerse directamente en los alveolos (2-3 semillas por alveolo), una vez aplicado el tratamiento pregerminativo, en siembras de primavera (marzo-abril) con semilla limpia, en viveros que tengan condiciones invernales suaves, en umbráculos o al exterior, según las condiciones climáticas. Previo a la siembra se recomienda eliminar las semillas vanas mediante flotación. La temperatura óptima de germinación es de 25 °C, con una máxima de 35 °C y una mínima de 15 °C, condiciones que sólo pueden asegurarse si se realiza la fase de germinación en invernaderos o túneles. La emergencia se produce a lo largo de la primavera.

El cultivo de planta en contenedor se realiza a una o dos savias, con programas de cultivo muy variables en función de la localización del vivero (Navarro Cerrillo *et al.*, 1998). El tamaño de los envases oscila entre 200 y 300 cm³, a densidades entre 247 y 387 plantas m⁻² (Fig. 4), aunque la tendencia debería ser a envases de más de 300 cm³ y al cultivo con pregerminación en alveolo de siembra (Navarro Cerrillo y Pemán, 1998) para favorecer una buena arquitectura radical, como ya se practica en algunos viveros. Al ser una especie que puede utilizarse en trabajos especiales de restauración, en particular plantaciones en infraestructuras, o de producción, también puede recomendarse la producción de planta de mayor tamaño en envases de gran volumen tipo maceta, de 3.500 cm³ hasta 25 l, o a raíz desnuda, para planta de tipo 1-1 ó 1-2. El cultivo de planta a raíz desnuda debe evitarse por el mal crecimiento de las raíces y la fragilidad de las raíces laterales.

No obstante, uno de los principales limitantes de su cultivo es la susceptibilidad a las heladas, que pueden ser letales para la planta con tan sólo unos pocos grados bajo cero. Ello obliga a que los viveros ubicados en las zonas más frías deban considerar el uso de invernaderos para la producción de esta especie. Las plántulas también se han producido en invernadero a temperatura entre 14 y 17 °C y con fotoperiodo de 12 horas de luz natural suplementado con 250 w de lámpara halógena (Rhizopoulos y Davis, 1991).

Es una especie exigente en cuanto a la formulación del sustrato. Normalmente se formulan 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). Las plántulas suelen presentar sistemas radicales poco ramificados y débiles, con escasas raíces laterales de menos de 1 cm de longitud (Rhizopoulos y Davis, 1991). Por ello, son frecuentes aquellas mezclas que incluyen algún componente de baja porosidad, tipo arcilla o limonitas (menos del 10%), que parecen ser los más adecuados al obtenerse una planta con un mayor crecimiento y más equilibrada. El hecho de que la fertilización en vivero suela ser deficiente ha llevado, en algunos casos, a incorporar como componente el suelo natural, con el fin de propiciar un mejor desarrollo radical de la especie, cosa que es innecesaria si se cuida la fertilización nitrogenada y fosfórica. 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.

Aunque no existe un programa de fertilización propio para la especie, sí se han estudiado diferentes formulaciones y dosis de fertilizantes propios para su cultivo. El viverista, no obstante, 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). El algarrobo es una especie de crecimiento relativamente rápido en su estado juvenil, por lo que es necesaria una fertilización adecuada cuando se cultiva en vivero. Se ha comprobado que dosis medias o bajas de fertilizante son inadecuadas para un buen desarrollo de la planta (Del Campo 2002; Correia *et al.*, 2003). Igualmente, estos trabajos han puesto de manifiesto la drástica paralización del crecimiento tan pronto se agotan las reservas del fertilizante de liberación lenta, por lo que es recomendable el uso de fertirrigación, en combinación o no con este tipo de fertilización, cuando se espera un pronto agotamiento del fertilizante. Algunas dosis recomendables en fertilizantes de liberación lenta pueden ser 3,5 g l⁻¹ sustrato para un fertilizante 16-8-9 ó 5 g l⁻¹ para un fertilizante 19-13-18. También se pueden establecer programas de fertirrigación (Navarro Cerrillo *et al.*, 1998), recomendándose una fertilización inicial de base con 12-6-6, que favorezca el crecimiento de la raíz, seguido de fertilizaciones ricas en N y P durante la fase de crecimiento (20-15-5 con un quelato Fe-6%) y una fertilización de finalización de 10-7-9. Este programa produce, para un cultivo en contenedor de más de 250 cm³, plantas con altura final de 9,36 cm, de 3,38 mm de diámetro en el cuello de la raíz, con una biomasa seca total de 2,62 g y una concentración de N en hoja de 12,8 mg·g⁻¹. Planelles *et al.* (2001) han mostrado que con dosis de 150 mg l⁻¹ de N el valor de distintas variables de la especie, entre las que se incluyen pesos secos aéreos, radicales y totales, aumenta significativamente con el incremento de la dosis de fósforo de 10 a 70 mg l⁻¹ (cultivo en ForestPot 300 cm³, altura final de 16,9 cm, diámetro de 2,98 mm, biomasa seca total 4,28 g, N: ~6 mg·g⁻¹). Se han

descrito las deficiencias de nutrientes en hojas (Correia *et al.*, 2003; Navarro-Cerrillo *et al.*, 2003). Las concentraciones nutricionales en hoja pueden acercarse a los siguientes valores: 24 mg g⁻¹ de N, 1,4 mg g⁻¹ de P y 13 mg g⁻¹ de K. A su vez, es importante mantener unos aportes adecuados de micronutrientes, especialmente el Fe, que habrá de estar en formas disponibles para la planta, especialmente si el agua de riego es alcalina y conlleva un aumento del pH del sustrato. El riego de endurecimiento en algarrobo debería ser objeto de investigaciones más profundas, pero en principio, puede recomendarse su práctica a fin de lograr menores potenciales hídricos al alba (-0,75 MPa).

Existen trabajos en donde se han definido valores orientativos para los atributos morfológicos, fisiológicos y de respuesta de brinzales de algarrobo de una savia (Navarro-Cerrillo *et al.*, 1998 y 2006 a, Del Campo, 2002) (Tabla 3). En general, se considera que es una especie de crecimiento rápido en vivero, por lo que debe favorecerse el máximo crecimiento que proporcione plantas de buen valor comercial. Las plantas con altura inferior a 15 cm deben evitarse para los trabajos de repoblación. La distribución de la biomasa entre la parte aérea y radical es equilibrada, con valores de relaciones parte aérea-parte radical superiores a 1,5 (Navarro Cerrillo *et al.*, 1998).

En los distintos ensayos realizados (Planelles *et al.*, 2001; Navarro Cerrillo *et al.*, 2001 a; Del Campo, 2002) no se pone de manifiesto una relación clara entre los atributos de planta en vivero y la respuesta en campo. No obstante, parece desprenderse la mayor importancia en esta especie de los índices morfológicos (peso seco aéreo/peso seco radical, índice de Dickson-QI), lo que se explica teniendo en cuenta que el algarrobo apenas reduce su conductancia estomática ante situaciones de estrés hídrico (Lo Gullo y Salleo, 1988; Correia y Martins-Loução, 1990 y 1995; Correia *et al.*, 2001), por lo que resulta esencial un equilibrio entre superficie transpirante y absorbente. Igualmente, se ha comprobado la influencia importante del estado nutritivo, sobre todo del fósforo, dada la necesidad de un adecuado desarrollo radical de la especie, lo que se verá favorecido por un apropiado nivel de reservas nutricionales para traslocar hacia las zonas con mayor demanda (Correia y Martins-Loução, 1997 y 2004; Correia *et al.*, 1999 y 2002).

El uso de micorrizas para el cultivo de algarrobo no ha sido muy estudiado, aunque se conoce el efecto beneficioso de los hongos simbioses sobre el establecimiento de brinzales de la especie (Correia y Martins-Loução, 1996 b).



Figura 4. Planta de una savia de *Ceratonia siliqua* en contenedor (Foto: Red de Viveros de Andalucía).

Tabla 3. Valores de atributos morfológicos, fisiológicos y de respuesta (media \pm desviación típica, en su caso) de brinzales de *Ceratonia siliqua* de una savia (Navarro Cerrillo *et al.*, 1998 y 2006; Del Campo, 2002).

Atributo	Valores de referencia	Valores recomendados	Valores mínimos recomendados
Atributos morfológicos			
Altura (cm)	9,3 \pm 4,4	8-10	7
Diámetro del cuello de la raíz (mm)	3,3 \pm 0,8	3-4	2,5
Peso seco aéreo - PA (g)	1,4 \pm 0,8	1,3-1,6	1,2
Peso seco radical - PR (g)	1,1 \pm 0,7	1,2-1,5	1,1
Peso total (g)	2,5	2,5	
PA/PR	1,7 \pm 1,1	1,5-1,8	1,5
Esbeltez (cm mm ⁻¹)	2,7 \pm 0,9	2,5-3	2,4
Atributos fisiológicos			
N foliar (mg g ⁻¹)	12,8 \pm 4,7	12-14	11
P foliar (mg g ⁻¹)	1,3 \pm 0,7	1,2-1,4	1,1
K foliar (mg g ⁻¹)	7,0 \pm 3,7	6-8	5,5
Ca foliar (mg g ⁻¹)	7,8 \pm 0,8	7-9	6,5
Mg foliar (mg g ⁻¹)	2,9 \pm 1,1	2,5-3,5	2
Atributos de respuesta			
PRR ⁽¹⁾ - número de raíces >1 cm de longitud	6,1 \pm 6,6		
PRR - peso seco de raíces nuevas (g)	0,03 \pm 0,05		

⁽¹⁾ PRR: potencial de regeneración radical

4. Uso en repoblaciones y restauraciones

El algarrobo se cultiva en España desde tiempos lejanos. Fue difundido por los fenicios y posteriormente por los árabes por toda la región mediterránea. Se usaba como alimento para el ganado. Tras unos siglos de decadencia en el cultivo del algarrobo actualmente está en fase de expansión debido a los numerosos estudios que se han realizado sobre los frutos que han permitido un mayor uso industrial, tanto de la pulpa como de las semillas. A esto debemos añadir su uso en la conservación de áreas en vías de desertización en climas mediterráneos. Actualmente la parte más apreciada y que alcanza mayores precios es la semilla, garrofín, que se usa en industrias químicas, farmacéuticas y agroalimentarias. El algarrobo es una especie que se ha utilizado muy frecuentemente en repoblaciones forestales (Cruz *et al.*, 2003; Sakcali y Ozturk, 2004). Las primeras plantaciones de esta especie posiblemente datan de la época romana, discutiéndose incluso el carácter natural de esta especie en nuestro país, o bien su carácter asilvestrado, procedente de antiguos cultivos (Ruiz de la Torre, 2006).

El algarrobo, por sus características ecológicas, tiene su mayor potencial repoblador en las zonas con clima mediterráneo genuino con precipitaciones mayores a los 450 mm,

en la fachada meridional de Sierra Morena, el Valle del Guadalquivir, Sierras Gaditanas y las zonas litorales del Levante, incluidas las Islas Baleares. Por otro lado, aunque es abundante en las zonas de clima mediterráneo subsahariano, abarcando la franja litoral de la provincia de Almería y Murcia, el establecimiento en estas condiciones es complejo y el porcentaje de marras observado en trabajos de forestación en tierras agrícolas ha sido muy elevado, por lo que debe considerarse cuidadosamente su plantación. La supervivencia obtenida ha sido muy variable, entre un 18-30% en Guadiamar (Navarro Cerrillo *et al.*, 2001 b), el 0-65% en Córdoba (Navarro Cerrillo *et al.*, 2001 a) y un 40-60% en Almería (Planelles *et al.*, 2001).

No obstante, los primeros trabajos de repoblación en terrenos forestales son mucho más recientes, limitándose al inicio de la década de los 90, con el impulso a los programas de forestación en tierras agrarias. En este marco de ayudas se han repoblado en España un total de 9.621 ha de algarrobo (1994-1999), principalmente en masas monoespecíficas y casi en su totalidad en Andalucía y, en menor medida, en Murcia, Comunidad Valenciana y Baleares. El destino final de la mayor parte de estas plantaciones debe ser la producción de algarroba, en sistemas extensivos o en formaciones adehesadas, promoviendo lo antes posible su uso silvopastoral, mediante el aprovechamiento ordenado de la vegetación herbácea. El abandono, o el inadecuado mantenimiento de los trabajos de forestación, bien por problemas económicos o administrativos, pueden comprometer la viabilidad a largo plazo de muchos de los trabajos realizados.

El algarrobo se considera que puede ser una especie potencialmente interesante en las siguientes situaciones:

- Recuperación de áreas degradadas en clima mediterráneo seco o semiárido, asociadas a especies como *Pinus halepensis*, *P. pinea*, *Olea europaea*, o *Pistacia lentiscus*, con funciones protectoras. En conjunto, estas formaciones mixtas contribuyen al control de los procesos erosivos, al aumento de nichos ecológicos y a la mayor diversidad de flora y fauna.
- Diversificación de especies en masas forestales con baja madurez, favoreciendo los procesos de restauración de vegetación y la densificación de cubiertas, como repoblaciones de *Pinus halepensis* y *P. pinea*. Este efecto es particularmente importante en repoblaciones de zonas más xéricas, donde contribuye a formar mosaicos de vegetación con una función crucial en la recuperación de la flora y la fauna.
- Plantaciones de producción, con uso intensivo (cultivos leñosos) o extensivos (sistemas silvopastorales), con potencial aprovechamiento ganadero, caprino y ovino.
- Plantaciones en sistemas de “recolección de agua”, oasificación, en trabajos de restauración en zonas áridas y semiáridas (Mongil y Evlagón, 2009).

El algarrobo es una especie de gran rusticidad y resistencia a la sequía, que en condiciones adecuadas crece con rapidez, por lo que se recomienda como planta forestal para mejorar extensas zonas de terreno accidentado, sin considerar el aspecto productivo, si no sólo la protección del suelo. Por tanto, puede contribuir a la formación de suelo en terrenos rocosos y desnudos y ser utilizado para la revalorización de estos terrenos ya que aunque

la edafogénesis es lenta, contribuye a mejorar su estructura y, por lo tanto, su capacidad de infiltración.

La abundante producción de frutos, a lo largo de prácticamente todo el año, hace de esta especie un elemento importante en ambientes muy degradados, donde contribuye a la alimentación de la fauna doméstica y silvestre.

Un uso, alternativo al carácter protector de la especie, son las plantaciones de producción. En la Península Ibérica y las Baleares existen más de 100.000 ha de cultivos, en particular por todo el levante peninsular. También se ha cultivado en numerosos países de su área de distribución, en particular en Turquía e Israel. El cultivo, casi en su totalidad, se realiza en secano, aunque últimamente debido a los buenos precios pagados por el fruto, se están haciendo riegos donde es posible. Tanto la superficie en plantación como el número de pies diseminados ha disminuido en los últimos 40 años. Las plantaciones inician su producción a partir de los 6-8 años, teniendo su plena productividad a los 15-20 años (Spina, 1989), con buenas cosechas cada dos años aunque, en condiciones óptimas, con plantas procedentes de injerto se puede empezar a producir entre el 3 y el 4 año. La producción aumenta hasta los 25 años de edad de la planta, para luego estabilizarse, entre los 1.500 kg ha⁻¹ y los 3.000 kg ha⁻¹ (Spina, 1989; Batlle y Tous, 1997), con una producción media por árbol entre 50(90) y 70(200) kg. La intensificación del manejo de las plantaciones, lo cual es excepcional en expedientes de forestación de tierras agrarias, puede aumentar la producción por encima de los 5.000 kg ha⁻¹ (Tous *et al.*, 1993).

El algarrobo es una especie que se adapta muy bien al establecimiento de sistemas agrosilvopastorales (Martins-Louçao, 1990; Batlle y Tous, 1997; Papanastis *et al.*, 2008), en particular, en climas mediterráneos secos (Sakcali y Oztuck, 2004). Se puede compatibilizar el aprovechamiento de fruto, cosechado o no, con el ramón, actuando la especie como un árbol forrajero y con la explotación del estrato herbáceo, en particular, en zonas donde no existen grandes cantidades de alimento como las Sierras orientales de Málaga y Sierras de Murcia. Las algarrobas son consumidas paulatinamente durante todo el año, permaneciendo en el árbol durante todo el invierno y la primavera, aunque son muy apetecidas por el ganado es necesario diversificar la alimentación (Batlle y Tous, 1997; Papanastis *et al.*, 2008). En zonas de escasa producción de pastos, como las zonas basales de las montañas mediterráneas, aporta un complemento alimentario fundamental, aunque progresivamente en desuso por el abandono de la ganadería extensiva, y constituye un importante elemento de la cultura rural (Islas Baleares, Málaga, etc.). Una nueva alternativa de producción es la miel, debida a que las flores de algarrobo son muy frecuentadas por abejas, en periodos donde hay poca floración (Batlle y Tous, 1997). En el sur de Portugal (Algarve) es frecuente ver plantaciones silvopastorales de algarrobo, establecidas como masas puras con baja densidad, menos de 200 pies ha⁻¹, y un estrato herbáceo mejorado.

5. Planificación de la repoblación

El método de repoblación del algarrobo, tanto en plantaciones de producción como en restauración de sistemas forestales, ha sido la plantación. No obstante, en muchos casos se ha recomendado la siembra, aunque en la actualidad es muy poco frecuente.

La plantación se realiza de forma manual y la siembra se realiza por golpes, colocando 6-7 semillas. Resulta fundamental la elección de la procedencia de la semilla para asegurar el éxito de la repoblación. En el caso de plantaciones de producción se debe elegir un material forestal más seleccionado, eligiendo el cultivar más adecuado a la zona de establecimiento. La valoración del incremento de los costes de la plantación, planta y mantenimiento debe ser tenida en cuenta, aunque los gastos pueden ser compensados, sobradamente, durante el periodo de producción. En plantaciones en el medio natural, donde las posibilidades de cuidados culturales son muy limitadas, la plantación debe hacerse en otoño, debiéndose evitar los retrasos que pueden comprometer la supervivencia de las plantaciones, en particular, en suelos muy pedregosos o de escasa profundidad efectiva. En plantaciones de producción es preferible el trasplante de plántones con cepellón, con dimensiones mínimas de 26 x 10 cm, al comienzo de la primavera (febrero-marzo) y asegurar riegos de establecimiento. Deben evitarse en zonas con riesgo de heladas, dada la gran sensibilidad de la especie a las bajas temperaturas.

Las características de la planta tipo para la repoblación vendrán determinadas por el objetivo y las condiciones de establecimiento, pudiendo utilizarse plantas de una savia en contenedor forestal, en repoblaciones genéricas, o plantas de dos savias en envase de gran volumen, mayor de 1.000 cm³, para repoblaciones de producción. 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.

Entre los tratamientos de desbroce que pueden realizarse cabe citar el desbroce mecanizado con desbrozadoras, bien de cadenas o martillos, o como método más extendido por su economía y facilidad de aplicación, el laboreo con grada de monte. En terrenos forestales se puede utilizar el desbroce puntual que permite un carácter más selectivo de forma simultánea a la preparación del suelo. Los procedimientos de preparación utilizados en el establecimiento del algarrobo vienen condicionados por los objetivos de la restauración, por lo que lo más frecuente son las preparaciones mediante subsolado, simples o preferiblemente dobles, o los acaballados con desfonde en terrenos agrícolas (no calizos), donde se justifican cuando el objetivo de la repoblación es productor (Fig. 5). En trabajos de restauración en terrenos de vocación forestal puede recurrirse a preparaciones puntuales mediante ahoyado, preferiblemente mecanizado (retroexcavadora de cadenas) con hoyos de gran tamaño.

La densidad de plantación propuesta para esta especie varía mucho según los autores (Tous y Batlle, 1990), aunque por sus características ecológicas parece recomendable que se adecuen al objetivo de la repoblación. Se han recomendado densidades altas para plantaciones de protección, más de 1.000 pies ha⁻¹, aunque en la actualidad no parece recomendable superar los 600 pies ha⁻¹, marco aproximado de 4 x 4 m (Navarro-Cerillo *et al.*, 2009). En el caso de terrenos rocosos o en pendiente se deberá renunciar a la regularidad de la plantación; por el contrario, se ubicarán las plantas donde las rocas se puedan desmenuzar y donde sea posible aprovechar un poco de suelo. En plantaciones de producción, el diseño de la plantación más general es a marco real o rectangular (9 x 9 m, 7 x 8 m), con densidades finales de 100-175 pies ha⁻¹ (Tous y Batlle, 1990) para optimizar

la producción de fruto. En terrenos agrícolas, el objetivo de cumplir la densidad mínima de plantación hace recomendable aumentar la densidad dentro de la línea (4,5 x 9 m, 246 pies ha⁻¹; 3,5 x 8 m, 357 pies ha⁻¹).



Figura 5. Repoblación de *Ceratonia siliqua* en el sur de la provincia de Sevilla (Foto: R.M. Navarro Cerrillo).

No obstante, en el caso de proyectos de restauración, el algarrobo suele beneficiarse de una cierta protección cuando no sea posible dar cuidados culturales a las plantaciones, por lo que en este caso parece más conveniente la repoblación por golpes, agrupada en las localizaciones más favorables, dejando sin repoblar las zonas con más dificultad. En este caso hay que orientar la plantación a aquellos microhábitats con mayor disponibilidad hídrica y mayor profundidad de suelo y donde puede emplearse una densidad en torno a 200 pies ha⁻¹, que irá disminuyendo progresivamente hacia las partes altas y zonas convexas, que se dejarían para otras especies menos exigentes y en densidad variable, menor de 100 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.

La respuesta funcional de los brinzales al establecimiento ha sido estudiada por varios autores (Marques *et al.*, 2001; Padilla *et al.*, 2011). En términos prácticos y, en parte, para compensar el estrés asociado al establecimiento, es muy frecuente el uso de tubos invernadero en las forestaciones con esta especie ya que, además de la protección física que aportan a la semilla o a la planta, mejoran sus expectativas de arraigo y crecimiento en altura. En este sentido, se ha constatado que el tubo invernadero, por efecto del

sombreo, mejora la dominancia apical de la planta y favorece su supervivencia (Marques *et al.*, 2001; Padilla *et al.*, 2011). Los resultados encontrados para otras especies ponen de manifiesto la conveniencia de utilizar tubos perforados, en particular, en localizaciones con altas temperaturas (Oliet *et al.*, 2003; Padilla *et al.*, 2011).

En casi todos los casos, salvo en localizaciones muy favorables climáticamente, el arraigo de las plantas de algarrobo se ve muy beneficiado por 1 ó 2 riegos de establecimiento. El primero debe realizarse en el momento de la plantación y el segundo dentro de las dos semanas siguientes, siendo muy recomendable que se repitan durante el segundo año. Cruz *et al.* (1993) recomiendan una fertilización con nitrógeno en formas amónicas de forma simultánea al segundo riego. Las plantas pueden necesitar tutores si son de gran tamaño. Los hidrogeles han sido poco utilizados en repoblaciones forestales con algarrobo, aunque se considera que pueden mejorar la supervivencia y el crecimiento de las plantas en zonas áridas y semiáridas (Callagan *et al.*, 1989). En conjunto, la respuesta a los hidrogeles, aunque aparentemente puede ser favorable, presenta una gran variabilidad según las especies y las condiciones edáficas (Navarro Cerrillo *et al.*, 2001 a; Oliet *et al.*, 2003), existiendo dudas sobre la importancia relativa de estas mejoras frente a otros aspectos de la repoblación, como son los tipos e intensidad de la preparación o el control de la vegetación espontánea. Por este motivo, su generalización a las repoblaciones forestales está en cuestión, por el desconocimiento de su efecto real y su viabilidad económica.

Una práctica repobladora más sencilla en repoblaciones de algarrobo es el uso de *mulch* de piedra, siendo una practica tradicional en el campo forestal en ambientes áridos y semiáridos, en particular, en algunas repoblaciones en el Levante peninsular. En los últimos años, algunas casas comerciales empiezan a ofrecer productos de tipo *mulch* que consisten en piezas de plástico o material textil de forma cuadrada o rectangular que son colocadas alrededor de la planta para mejorar el éxito en el establecimiento. En términos de supervivencia, los resultados no son concluyentes (Navarro Cerrillo *et al.*, 2005).

En repoblaciones en terrenos agrícolas son fundamentales para el éxito de la repoblación las actuaciones para el control de la competencia durante los años posteriores a la plantación (Fig. 5) (Navarro Cerrillo *et al.*, 2001). El método más frecuente es el laboreo con cultivadores a una profundidad máxima de 15-20 cm. La primera labor se hace en otoño, antes de las primeras lluvias otoñales, para impedir la nascencia de las malas hierbas y preparar el suelo para el invierno, la segunda, a finales del invierno o principio de la primavera, a fin de eliminar las malas hierbas. Finalmente, entre mayo y agosto, mediante un ligero gradeo se intenta disminuir la pérdida de humedad del suelo por capilaridad y evaporación. Sólo ocasionalmente se han utilizado herbicidas en el mantenimiento de trabajos de forestación con algarrobo, en particular glifosato y simazina (Tous y Batlle, 1990), aunque recientemente se han ensayado otros principios activos como el tiazopir y el oxifluorfen (Ruiz *et al.*, 2001). En sistemas silvopastorales con algarrobo no es recomendable realizar estas actuaciones a partir del quinto año, por los daños observados en las raíces de los árboles y por su ineficacia en cuanto a la disminución del riesgo de propagación de incendios y a la disminución de la competencia del estrato herbáceo. Lo más recomendable, en estos casos, es fomentar el uso silvopastoral con pastoreo controlado con ganado ovino complementado, o no, con siembras de pratenses, que favorecen la evolución del estrato herbáceo hacia estructuras adhesionadas.

El algarrobo no es una especie que necesite fertilización, siendo aplicada de manera muy ocasional en plantaciones productoras. Sin embargo, y a pesar de ser una leguminosa, no puede fijar nitrógeno (Martins-Loução *et al.*, 1996), por lo que se ve muy beneficiada por un buen aporte de elementos nutritivos (Lloveras y Tous, 1992; Correia y Martins-Loução, 1993 y 2005; Correia *et al.*, 1996 a; Cruz *et al.*, 1997 y 2003). En plantaciones productoras de 50 pies ha⁻¹ se recomiendan fertilizaciones de 50 kg de N, 20 kg de P₂O₅ y 50 kg de K₂O por hectárea; las dos últimas, junto al 25% del N, en otoño después de la cosecha, y el resto del N en forma de sulfato amónico en febrero (Tous y Batlle, 1990). De forma simultánea al riego se puede aplicar el K y el N, haciendo coincidir con la fase de mayor crecimiento en mayo. Como complemento se debe incorporar 30-40 kg de materia orgánica por árbol, cada 3-4 años, durante el laboreo de otoño (Batlle y Tous, 1997). Es necesario, por tanto, para una buena producción, un abonado orgánico (15-20 kg árbol⁻¹) y químico en función de la edad de los árboles y de la naturaleza física y química del suelo.

Las plantaciones deben ser sometidas a podas de formación desde edades muy tempranas, en particular en las plantaciones de producción. Desde el comienzo de las podas deben tenerse en cuenta una serie de consideraciones (Tous y Batlle, 1990): (i) tendencia a tener un eje apical con una fuerte prevalencia de ramas laterales, (ii) la fructificación se produce en madera de más de 2 años, (iii) sensibilidad a grandes cortes que cicatrizan muy lentamente. En los individuos jóvenes se debe buscar formas esféricas, dejando la altura de la primera inserción de las ramas entre 1 y 1,5 m del suelo, eliminando todas las ramas y chupones que frecuentemente pueden aparecer en la parte basal del tronco. La poda está sujeta al tipo de manejo de la plantación; para manejos extensivos las ramas pueden ser más abundantes y de menor tamaño. En el caso de plantaciones productoras, que se vayan a cosechar mediante medios mecánicos, es recomendable una copa con menos ramas pero más gruesas. Los individuos adultos de algarrobo necesitan pocas podas, limitándose a podas de fructificación ligeras después de la cosecha y podas sanitarias. Las podas pueden realizarse en otoño, una vez terminado el periodo de cosecha (Batlle y Tous, 1997), siendo muy recomendable el uso de algún cicatrizante.

En plantaciones de producción, posteriormente a la plantación, es frecuente la realización de injertos con púas del cultivar seleccionado (Tous y Batlle, 1990). El injerto suele realizarse en primavera (abril a junio); siendo las técnicas más frecuentes el injerto en T y de yema, sobre planta de un año en campo, preferiblemente de 1-2 cm de diámetro. En caso de fallar el injerto este puede intentarse en el otoño del mismo año. Un factor que debe tenerse en cuenta, a la hora de realizar el injerto, es la selección mayoritaria de individuos femeninos (cultivares femeninos) y la inclusión de un número suficiente de individuos o ramas masculinas para garantizar la polinización, recomendándose un individuo masculino o hermafrodita por cada ocho femeninos (Tous y Batlle, 1990).

Su temperamento y rusticidad la hace apta para trabajos de jardinería y trabajos de restauración de infraestructuras. Es muy frecuente verla en jardines de la zona mediterránea o en labores de mejora paisajística, en trabajos de restauración de autovías, canteras y espacios mineros (Clemente *et al.*, 2004).

El algarrobo es una especie que presenta una baja incidencia de plagas y enfermedades.

La enfermedad de mayor incidencia es el *Oidium ceratoniae* Comes, causante del “mal blanco”. El hongo ataca a las hojas, a las yemas jóvenes y a los frutos inmaduros, ocasionando sensibles daños. Sobre las hojas aparecen manchas puntiformes, que posteriormente se unen entre sí, irregulares, rojizas, sobre las que se extiende una especie de tenue lanosidad pulverulenta de color blanco. Las hojas atacadas se acartonan y se desarticulan del pecíolo central, el cual, desprovisto de folíolos, queda adherido a la rama (Spina, 1989). Sobre los tallos jóvenes se observa una eflorescencia blanquecina que, a veces, invade toda la superficie. Mientras, los frutos dejan de crecer y quedan atrofiados. La infección en floración puede causar el aborto de flores que se desecan y caen antes de la fecundación. La difusión e intensidad de los daños está en relación con las condiciones del cultivo, la orientación de los árboles, la sensibilidad varietal (Tous y Batlle, 1990) y la evolución de las condiciones climáticas. Es más frecuente en ramas bajas y es más grave en zonas húmedas, aunque pueden darse daños extremos en épocas de sequía. Generalmente, la enfermedad no causa graves defoliaciones ni daños serios en frutos. Algunas variedades de algarrobo (Amele di Bari, Racemosa) parecen demostrar una cierta resistencia a los ataques sobre las hojas. Los daños se pueden controlar mediante tratamientos con azufre y productos antioidio de síntesis. Otras enfermedades que producen daños en las plantaciones de algarrobo son *Phyllosticta ceratoniae* Berk, *Ramularia australis* Sacc., *Polyborus sulphureus*, dos hongos responsables de manchas foliares que a menudo provocan defoliaciones y daños en las ramas. Ocasionalmente se han señalado daños por *Armillaria mellea*, *A. obscura* (Loreto *et al.*, 1993) y *Pseudocercospora ceratoniae*, así como alteraciones provocadas por la bacteria *Pseudomonas ciccaroni* sp. que ha sido aislada en Italia. La selección de variedades resistentes y el buen manejo de la plantación puede ser la alternativa mejor para el control de la enfermedad. Por último, los hongos de la madera *Polyporus sulphureus* (bull ex Fr. Karst) comestible y muy apreciado y *P. igniavivus* L. ex Fr. que se localiza sobre el tronco y ramas gruesas, provocan la aceleración del decaimiento de los árboles más viejos.

6. Bibliografía

- AHMET AYAZ F., TORUN H., AYAZ S., CORREIA P., ALAIZ M., SANZ C., GRÚZ J., STRNAD M., 2007. Determination of chemical composition of Anatolian carob pod (*Ceratonia siliqua* L.): sugars, amino and organic acids, minerals and phenolic compounds. *J. Food Qual.* 30, 1040-1055.
- ALORDA M., MEDRANO H., 1996. Micropropagation of *Ceratonia siliqua* L.: a method to clone mature carob trees selected from the field. En: *Proceedings of the III International Carob Symposium*. Cabanas, Tavira, Portugal.
- ALORDA M., ESTADES J., GALMES J., MEDRANO H., 1987. Promotion of rooting in carob cuttings. *Gartenbauwissenschaft* 52(1), 31-34.
- ANDROULAKIS G., 1994. Attempts for *in vitro* propagation of selected carob trees (*Ceratonia siliqua* L.) on the island of Crete. MSc Thesis, CIHEAM-MAICH.
- ARROYO J., 1988. Fenología de la floración en especies del matorral del Sur de España. *Lagascalía* 15, 593-606.
- ARROYO J., 1990. Ritmos climáticos y de floración en matorrales del SW de España. *Lagascalía* 16(1), 25-50.
- AUBIN DAKIA P., WATHELET B., PAQUOT M., 2007. Isolation and chemical evaluation of carob (*Ceratonia siliqua* L.) seed germ. *Food Chem.* 102(4), 1368-1374.

- AVALLONE R., PLESSI M., BARALDI M., MONZANI A., 1997. Determination of chemical composition of Carob (*Ceratonia siliqua*): protein, fat, carbohydrates and tannins. *J. Food Compos. Anal.* 10(2), 166-172.
- BARBAGALLO M., DI LORENZO R., MELI R., CRESCIMANNO F., 1997. Characterization of carob germoplasm (*Ceratonia siliqua* L.) in Sicily. *J. Hort. Sci.* 72(4), 537-543.
- BARRACOSA P., OSORIO J., CRAVADOR A., 2007. Evaluation of fruit and seed diversity and characterization of carob (*Ceratonia siliqua* L.) cultivars in Algarve region. *Sci. Hort.* 114(4), 250-257.
- BARRACOSA P., LIMA M., CRAVADOR A., 2008. Analysis of genetic diversity in Portuguese *Ceratonia siliqua* L. cultivars using RAPD and AFLP markers. *Sci. Hort.* 118(3), 189-199.
- BATLLE I., TOUS J., 1994. Carob germoplasm in Andalusia. *NUCIS Newsletter* 2, 10-11.
- BATLLE I., TOUS J., 1997. Carob tree. *Ceratonia siliqua* L. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. Vol. 17. IPGRI-IPK, Rome.
- BATLLE I., ROVIRA M., TOUS J., 1996. Carob germoplasm characterization using isoenzymes. En: *Proceedings of the III International Carob Symposium*. Cabanas-Tavira, Portugal.
- BENGOECHEA C., ROMERO A., VILLANUEVA A., MORENO G., ALAIZ M., MILLAN F., GUERRERO A., PUPPO M., 2008. Composition and structure of carob (*Ceratonia siliqua* L.) germ proteins. *Food Chem.* 107(2), 675-683.
- BOSCH J., GARCÍA DEL PINO F., RAMONEDA J., RETANA J., 1996. Fruiting phenology and fruit set of carob *Ceratonia siliqua* L. (*Cesalpinaceae*). *Israel J. Plant Sci.* 44, 359-368.
- BURESÍ P., PAVLIÁČEK T., HOROVAĀ L., NEVO E., 2004. Microgeographic genome size differentiation of the Carob Tree, *Ceratonia siliqua*, at 'Evolution Canyon', Israel. *Ann. Bot.* 93, 529-535.
- CALLAGHAN T.V., ABDELNOUR H., LINDLEY D.K., 1989. The environmental crisis in the Sudan: the effect of water-absorbing synthetic polymers on tree germination and early survival. *J. Arid Environ.* 14(3), 301-317.
- CANHOTO J., RAMA S., CRUZ G., 2006. Somatic embryogenesis and plant regeneration in carob (*Ceratonia siliqua* L.). *In Vitro Cell. Dev. Biol.-Plant* 42(6), 514-519.
- CARIMI F., DI LORENZO R., GIULIO CRESCIMANNO F., 1997. Callus induction and somatic embryogenesis in carob (*Ceratonia siliqua* L.) from ovule culture. *Sci. Hort.* 70(1), 73-79.
- 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. 167-169.
- CATARINO F., 1993. The Carob tree: anexemplary plant. *Naturopa* 73, 14-15.
- CUSTODIO L., CARNEIRO M.L., 2005. Microsporogenesis and anther culture in carob tree (*Ceratonia siliqua* L.). *Sci. Hort.* 104, 65-77.
- CLEMENTE A., WERNER A., MAGUAS C., CABRAL M., MARTINS-LOUCAO M., CORREIA O., 2004. Restoration of a limestone quarry: effect of soil amendments on the establishment of native Mediterranean sclerophyllous shrubs. *Restor. Ecol.* 12(1), 20-28.
- CORREIA P.J., MARTINS-LOUÇÃO M.A., 1990. Effect of different water quantities on the vegetative growth of young carob-trees (*Ceratonia siliqua* L.). *Actas Hort.* 6, 412-417.
- CORREIA P.J., MARTINS-LOUÇÃO M., 1993. Effect of N-nutrition and irrigation on fruit production of carob (*Ceratonia siliqua* L.). *Physiol. Plantarum* 89, 669-672.
- CORREIA P.J., MARTINS-LOUÇÃO M.A., 1995. Seasonal variations of leaf water potential and growth in fertigated carob-trees (*Ceratonia siliqua* L.). *Plant Soil* 172, 199-206.
- CORREIA P.J., MARTINS-LOUÇÃO M.A., 1996 a. Effect of N fertilization and irrigation on the development of carob-tree (*Ceratonia siliqua* L. cv "Mulata"). En: *Proceedings of the III International Carob Symposium*. Cabanas, Tavira, Portugal.

- CORREIA P.M., MARTINS-LOUÇÃO M.A., 1996 b. Preliminary studies on mycorrhizas of *Ceratonia siliqua* L. En: Mycorrhizas in integrated systems from genes to plant development. (Azcón-Aguilar C., Barea J., eds.). EUR 16728 EN DG XII. ECSC-EC-EAEC, Brussels. pp. 86-88.
- CORREIA P.J., MARTINS-LOUÇÃO M.A., 1997. Leaf nutrient variation in mature carob (*Ceratonia siliqua* L.) trees in response to irrigation and fertilization. *Tree Physiol.* 17, 813-819.
- CORREIA P.J., MARTINS-LOUÇÃO M.A., 2004. Effect of nitrogen and potassium fertilization on vegetative growth and flowering of mature carob trees (*Ceratonia siliqua*): variations in leaf area index and water use indices. *Aust. J. Exp. Agric.* 43, 83-89.
- CORREIA P., MARTINS-LOUCAO M., 2005. The use of macronutrients and water in marginal Mediterranean areas: the case of carob-tree. *Field Crops Res.* 91(1), 1-6.
- CORREIA P.J., ANASTÁCIO I., MARTINS-LOUÇÃO M.A., 1999. The effect of NK fertilization on growth patterns and leaf nutrient concentration of carob trees (*Ceratonia siliqua* L.). En: Improved crop quality by nutrient management. (Anaç D., Martin-Prével P., eds.). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. pp. 31-34.
- CORREIA P.J., COELHO D., DAVID M., 2001. Response to seasonal drought in three cultivars of *Ceratonia siliqua*: leaf growth and water relations. *Tree Physiol.* 21, 645-653.
- CORREIA P.J., ANASTÁCIO I., CANDEIAS M.F., MARTINS-LOUÇÃO M.A., 2002. Nutritional diagnosis in carob-tree (*Ceratonia siliqua* L.): relationships between yield and leaf mineral concentration. *Crop Sci.* 42, 1577-1583.
- CORREIA P.J., PESTANA M., MARTINS-LOUÇÃO M.A., 2003. Nutrient deficiencies in carob (*Ceratonia siliqua* L.) grown in solution culture. *J. Hortic. Sci. Biotechnol.* 78, 847-852.
- CORREIA P., GAMA F., PESTANA M., MARTINS-LOUCAO M., 2010. Tolerance of young (*Ceratonia siliqua* L.) carob rootstock to NaCl. *Agric. Water Manage.* 97(6), 910-916.
- CRUZ C., LIPS S., MARTINS-LOUÇÃO M., 1993. Uptake of ammonium and nitrate by carob (*Ceratonia siliqua*) as affected by root temperature and inhibitors. *Physiol. Plantarum* 89, 532-543.
- CRUZ C., LIPS S., MARTINS-LOUCZAO M., 1997. Changes in the morphology of roots and leaves of carob seedlings induced by nitrogen source and atmospheric carbon dioxide. *Ann.Bot.* 80(6), 817-823.
- CRUZ C., LIPS S., MARTINS-LOUCAO M., 2003. Nitrogen use efficiency by a slow-growing species as affected by CO₂ levels, root temperature, N source and availability. *J. Plant Physiol.* 160(12), 1421-1428.
- DEL CAMPO A., 2002. Régimen de cultivo, desarrollo en vivero, calidad de planta y respuesta al establecimiento en cuatro especies de frondosas mediterráneas. Tesis Doctoral Universidad de Córdoba, Córdoba.
- DIAMANTOGLOU S., MITRAKOS K., 1981. Leaf longevity in Mediterranean evergreen sclerophylls. En: Components of productivity of Mediterranean-climate regions. Basic and applied aspects. (Margaris N., Mooney H., eds.). Junk Publishers, The Hague. pp. 17-19.
- DIRR M.A., HEUSER A.C., 1987. The reference manual of woody plant propagation: from seed to tissue culture. VarsityPress, Georgia, USA.
- FRUTOS D., 1988. Efecto de los ácidos sulfúrico y giberélico (GA₃) en la germinación del algarrobo (*Ceratonia siliqua* L.). En: Proceedings of the II International Carob Symposium. (Fito P., Mulet A., eds.). Valencia, Spain. pp. 265-280
- 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.
- HILLCOAT D., LEWIS G., VERDCOURT B., 1980. A new species of *Ceratonia* (*Leguminosae-Caesalpinioideae*) from Arabia and the Somali Republic. *Kew Bulletin* 35, 261-271.
- HONG T.D., LININGTON S., ELLIS R., 1996. Seed storage behavior: a compendium. Handbooks for genebanks: No. 4. International Plant Genetic Resources Institute, Rome.
- LLOVERAS J., TOUS J., 1992. Response of carob tree to nitrogen fertilization. *HortScience* 27, 849.

- LO GULLO M., SALLEO S., 1988. Different strategies of drought resistance in three Mediterranean sclerophyllous trees growing in the same environmental conditions. *New Phytol.* 108, 267-276.
- LÓPEZ GONZÁLEZ G., 1995. La guía INCAFO de los árboles y arbustos de la Península Ibérica. Ed. INCAFO, Madrid.
- LORETO F., BURDSALL H., TIRRÓ A., 1993. *Armillaria* infection and water stress influence gas exchange properties of Mediterranean trees. *HortScience* 28(3), 222-224.
- MAHMOUD SIDINA M., EL HANSALI M., WAHID N., OUATMANE A., BOULLI A., HADDIOUI A., 2009. Fruit and seed diversity of domesticated carob (*Ceratonia siliqua* L.) in Morocco. *Sci. Hort.* 123(1), 110-116.
- MAKREM A., NAJEH B., LAARBI K., MOHAMED B., 2006. Genetic diversity in Tunisian *Ceratonia siliqua* L. (*Caesalpinioideae*) natural populations. *Genet. Resour. Crop Evol.* 53, 1501-1511.
- MARQUES P.M., FERREIRA L., CORREIA O., MARTINS-LOUÇÃO M.A., 2001. Tree shelters influence growth and survival of carob (*Ceratonia siliqua* L.) and cork oak (*Quercus suber* L.) plants on degraded Mediterranean sites. *Adv. Ecol. Sci.* 10, 635-644.
- MARTINS-LOUÇÃO M.A., 1985. Estudos fisiológicos e microbiológicos da associação da alfarrobeira (*Ceratonia siliqua*, L.) com bactérias de *Rhizobiaceae*. PhD Thesis, Univ. of Lisbon, Portugal.
- MARTINS-LOUÇÃO M.A., 1990. Carob (*Ceratonia siliqua* L.). *Biotechnol. Agric. For.* 10, 658-675.
- MARTINS-LOUÇÃO M.A., CORREIA P., PEREIRA F., 1996. The role of plant/soil microorganisms interactions in carob development. En: *Proceedings of the III International Carob Symposium*. Cabanas, Tavira, Portugal.
- MONGIL J., EVLAGÓN D., 2009. Recolección de agua para la restauración forestal en Israel. En: *Hidrología de conservación de aguas. Captación de precipitaciones horizontales y escorrentías en zonas secas* (Navarro Hevia J., Martínez de Azagra A., Mongil Manso J., eds.). Universidad de Valladolid, Valladolid. pp. 357-370.
- NAGHMOUCHI S., KHOUJA M., ROMERO A., TOUS J., BOUSSAID M., 2009. Tunisian carob (*Ceratonia siliqua* L.) populations: morphological variability of pods and kernel. *Sci.Hort.* 121(2), 125-130.
- NAVARRO CERRILLO R.M., PEMÁN J., 1998. *Apuntes de Producción de Planta Forestal*. Universidad de Córdoba, Córdoba.
- 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. 106-108.
- NAVARRO CERRILLO R.M., DEL CAMPO A., ALEJANO R., ALVAREZ L., 1998. Caracterización de calidad final de planta de encina (*Quercus ilex* L.), alcornoque (*Quercus suber* L.), algarrobo (*Ceratonia siliqua* L.) y acebuche (*Olea europaea* L. var. *sylvestris*) en cinco viveros en Andalucía. *Informaciones Técnicas* 49/98. Junta de Andalucía, Consejería de Agricultura y Pesca, Sevilla.
- NAVARRO CERRILLO R.M., DEL CAMPO A., CEACEROS C., 2001 a. Caracterización del cultivo y determinación de calidad de planta de *Ceratonia siliqua* L. y *Olea europaea* L. var. *sylvestris* Brot. en varios viveros forestales. En: *Actas del III Congreso Forestal Español*. Mesa 3. (Junta de Andalucía, ed.). Granada. pp. 861-868. Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- NAVARRO CERRILLO R.M., SAIZ J.L., DEL CAMPO A., CHECA R., ALVAREZ A., 2001 b. 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., ARRIBAS M.A., GALLEGOS V., ALCÁNTARA E., 2003. Deficiencias minerales en plantas de una savia de dos especies de frondosas mediterráneas (*Quercus suber* L.; *Ceratonia siliqua* L.) *Invest. Agrar.: Sist. Recur. For.* 12(1), 61-73.

- NAVARRO CERRILLO R.M., MORENO J., PARRA M.A., GUZMÁN ÁLVAREZ J.R., 2005. Utilización de tubos invernaderos, mulch plásticos y polímeros en el establecimiento de encina y acebuche en el semiárido almeriense. ITEA 2, 129-144.
- NAVARRO CERRILLO R.M., VILLAR P., DEL CAMPO GARCÍA A., 2006 a. Morfología y establecimiento de los plantones. En: Calidad de planta forestal para la restauración en ambientes mediterráneos. Estado actual de conocimientos. (Cortina J., Peñuelas J.L., Puértolas J., Savé R., Vilagrosa A., coords.). Organismo Autónomo Parques Nacionales, Ministerio de Medio Ambiente, Madrid. pp. 67-88.
- NAVARRO CERRILLO R.M., FRAGEIRO B., CEACEROS C., DEL CAMPO A., DE PRADO R., 2006 b. Establishment of *Quercus ilex* L. subsp. *Ballota* Desf. Samp. using different weed control strategies in Southern Spain. Ecol. Eng. 25, 332-342.
- NAVARRO CERRILLO R.M., PEMÁN J.; DEL CAMPO A.; MORENO SÁNCHEZ J.; LARA M.A.; DÍAZ HERNÁNDEZ J.L., POUSA F., PIÑÓN F., 2009. Manual de especies para la forestación de tierras agrarias de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca, Sevilla. pp. 129-159.
- OLIET J., NAVARRO CERRILLO R.M., CONTRERAS O., 2003. Evaluación de la aplicación de tubos y mejoradores en repoblaciones forestales. Junta de Andalucía, Córdoba.
- ORTIZ P., ARISTA M., TALAVERA S., 1995. Germination ecology of *Ceratonia siliqua* L. (*Caesalpinaceae*) in Mediterranean trees. Flora 190, 89-95.
- PADILLA F.M., MIRANDA J., ORTEGA R., HERVÁS M., SÁNCHEZ J., PUGNAIRE F., 2011. Does shelter enhance early seedling survival in dry environments? A test with eight Mediterranean species. Appl.Veg.Sci. 14(1), 31-39.
- PANTELEITCHOUK A., CRUZ L., LOPES M., ROCHA-SANTOS T., DUARTE A., CANHOTO J., 2009. Effect of NaCl on the growth and proline content of micropropagated *Ceratonia siliqua* L. plantlets. New Biotechnol. 25, S312.
- PAPANASTASIS V., YIAKOULAKI M., DECANDIA M., DINI-PAPANASTASI O., 2008. Integrating woody species into livestock feeding in the Mediterranean areas of Europe. Anim. Feed Sci. Technol. 140(1-2), 1-17.
- PIOTTO B., PICCINI C., 1996. Storage of scarified carob seeds: influence of container, temperature and duration on seed quality. Fruits 51, 261-267.
- PLANELLES R., OLIET J.A., ARTERO F., LOPEZ M., 2001. Efecto de distintas dosis N-P-K sobre la calidad funcional de planta de *Ceratonia siliqua*. Respuesta en plantación. En: Actas del III Congreso Forestal Español. Mesa 3. (Junta de Andalucía, ed.). Granada. pp. 599-605. Disponible en: <http://congresoforestal.es>.
- RAMÓN-LACA L., MABBERLEY D., 2004. The ecological status of the carob-tree (*Ceratonia siliqua*, *Leguminosae*) in the Mediterranean. Bot. J. Linn. Soc.144, 431-436.
- RETANA J., RAMONEDA J., GARCÍA DEL PINO F., 1990. Importancia de los insectos en la polinización del algarrobo. Bol. San. Veg. Plagas16, 143-150.
- RETANA J., RAMONEDA J., GARCÍA DEL PINO F., BOSCH J., 1994. Flowering phenology of carob, *Ceratonia siliqua* L. (*Caesalpinaceae*). J. Hort. Sci. 69(1), 97-103.
- RHIZOPOULUS S., DAVIS W.J., 1991. Influence of soil drying on root development, water relations and leaf growth. Oecologia 88, 41-47.
- RODRÍGUEZ J., FRUTOS D., 1988. Primeros estudios sobre las poblaciones de algarrobo (*Ceratonia siliqua* L.) en el Sureste y Sur de España. En: Proceedings of the II International Carob Symposium (Fito P., Mulet A., eds.). Valencia, Spain. pp. 255-267.
- ROMANO A., BARROS S., MARTINS-LOUÇÃO M., 2002. Micropropagation of the Mediterranean tree *Ceratonia siliqua*. Plant Cell Tiss. Organ Cult. 68, 35-41.
- 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. 934-939.
- RUIZ J., NAVARRO CERRILLO R.M., DE PRADO R., 2001. Efecto del glifosato, oxifluorfen, simazina, paracuat+dicuat y tiazopir sobre plantaciones de algarrobo (*Ceratonia siliqua* L.). En: Uso de herbicidas en la agricultura del siglo XXI. (de Prado R L., Jorrin J., eds.).Universidad de Córdoba, Córdoba. pp. 497-502.
- RUSSO G., POLIGNANO G., 1996. Variation of seed and fruit characters in *Ceratonia siliqua* L. cultivars. Genet. Resour. Crop Evol.43, 525-531.
- SAKCALI M., OZTURK M., 2004. Eco-physiological behavior of some Mediterranean plants as suitable candidates for reclamation of degraded areas. J. Arid Environ. 57(2), 141-153.
- SALLEO S., LO GULLO M.A., 1989. Different aspects of cavitation resistance in *Ceratonia siliqua*, a drought-avoiding mediterranean tree. Ann. Bot. 64, 325-336.
- SEBASTIAN K., MCCOMB J., 1986. A micropropagation system for carob (*Ceratonia siliqua* L.). Sci. Hort. 28(1-2), 127-131.
- SHEPPERD W.D., 2008- *Ceratonia siliqua* 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. 371-373.
- SPINA P., 1989. El algarrobo. Ed. Mundi-Prensa, Madrid.
- TALHOUK S.N., VAN BREUGEL P., ZURAYK R., AL-KHATIB A., ESTEPHAN J., GHALAYINI A., DEBIAN N., LYCHAA D., 2004. Status and prospects for the conservation of remnant semi-natural carob *Ceratonia siliqua* L. populations in Lebanon. For. Ecol. Manage. 206(1-3), 49-59.
- TOUS J., 1995. Carobs. A world-wide perspective on the industry and management. En: Proceedings of a Symposium on Olives and Carobs for land care and for profit. Univ. of Adelaide, South Australia. pp.46-52.
- TOUS J., BATLLEI., 1990. El algarrobo. Ed. Mundi-Prensa, Madrid.
- TOUS J., BATLLE I., ROMERO A., 1993. El algarrobo: orientaciones modernas para su cultivo. Fruticultura Profesional 54, 82-87.
- VARDAR Y., SEÇMEN O., ÖZTÜRK M., 1980. Some distributional problems and biological characteristics of *Ceratonia* in Turkey. Portug. Acta Biol. 16(1-4), 75-86.
- WINER N., 1980. The potential of the carob tree (*Ceratonia siliqua*). Int. Tree Crops J. 1, 15-26.

Chamaerops humilis L.

Palma enana, palma menor, palmitera, palmito; *cat.*: bargalló, garballonera, margalló, palma, palma d'escombres, palmella, palmereta, palmereta borda, palmereta de secà, palmerola; *eusk.*: astapalma, palmondo naona

Antonio Dámaso DEL CAMPO GARCÍA, María Aránzazu PRADA SÁEZ

1. Descripción

1.1. Morfología

El palmito es la única palmera autóctona de la España peninsular. Se trata de un arbusto, normalmente multicaule, de 2 a 3 m de altura, y aún más en suelos profundos y jardines. Su sistema radical es superficial, fasciculado y muy compacto (Cornelini *et al.*, 2008). El tronco se encuentra cubierto por las fibras envejecidas de las bases de las hojas y está rematado por una corona de hojas palmeadas, muy grandes, con una envergadura hasta de 60 cm.

Las hojas están sustentadas por un largo pecíolo, hasta de 55 cm de longitud, espinoso en sus márgenes (Galán y Castroviejo, 2008); una vez muertas, pueden permanecer en la planta durante un cierto tiempo.

1.2 Biología reproductiva

Las flores femeninas y masculinas del palmito se encuentran en pies separados. Las inflorescencias aparecen en las axilas de las hojas, protegidas por una espata membranosa, verdosa a amarillenta, muy vistosa, con abundantes fibras pardas en los bordes. Las flores femeninas, hasta de 9 mm, presentan tres sépalos, tres pétalos y tres carpelos. Las flores masculinas tienen 6 estambres cortos, con los filamentos soldados en la base.



Figura 1. Frutos de *Chamaerops humilis* en proceso de maduración (Foto: A. Prada).



Figura 2. Semillas de *Chamaerops humilis* incluidas en el endocarpo.

El palmito está considerado como especie dioica, si bien Herrera (1989) observa la presencia de flores bisexuales en un ejemplar cultivado. Cabe señalar que Galán y Castroviejo (2008) describen la existencia de flores femeninas con estaminodios semejantes a estambres y flores masculinas con diminutos carpelos. El palmito florece en primavera, entre los meses de febrero y mayo, o incluso algo más tarde. Se considera que el viento es el agente dispersor del polen (Herrera, 1989; Bassani *et al.*, 1994; Pacini *et al.*, 1997); sin embargo, no se descarta la dispersión entomófila, ya que existe mutualismo entre las flores del palmito y un gorgojo (Anstett, 1999). Este insecto, cuyas larvas son capaces de desarrollarse en el raquis de las inflorescencias masculinas, es atraído por los compuestos volátiles emitidos por las hojas de los individuos de ambos sexos durante la antesis (Dufay *et al.*, 2003 y 2004; Caissard *et al.*, 2004; Dufay y Anstett, 2004).

Cada carpelo se desarrolla en una drupa elipsoidal, de 1 a 4 cm, con cubierta lisa, inicialmente de color verde y pardo a rojizo en la madurez, mesocarpo carnoso y endocarpo poco desarrollado. Los frutos maduran durante el otoño, entre octubre y diciembre. El desequilibrio en la proporción de individuos de diferente sexo, en favor de los pies femeninos, podría ser la causa de las bajas tasas de cuajado de frutos que se observa en algunas poblaciones (Herrera, 1989). Las semillas son globosas a elipsoidales (López González, 2001; Galán y Castroviejo, 2008) y son dispersadas por pájaros y mamíferos.

1.3. Distribución y ecología

Su área de distribución natural está confinada al mediterráneo occidental. Se encuentra en Malta, sur de Italia, Francia, España, Portugal, Marruecos, Argelia, Túnez y Libia. En España está presente en Baleares y en las provincias costeras del Mediterráneo, adentrándose en zonas térmicas de Andalucía y sur de Extremadura, hasta una altitud de 1.100 m.

Es una especie propia de zonas cálidas, donde la temperatura media de las mínimas no suele bajar de 0 °C, aunque tolera el frío. Está adaptada al clima mediterráneo, tolerando sin problemas precipitaciones estivales hasta de 10 mm. Vegeta en todo tipo de sustratos, desde rocosos, pedregosos a arenosos y margosos, siendo más abundante en exposiciones soleadas. Se asocia a encinares y alcornoques termomediterráneos y a pinares de pino carrasco, haciéndose abundante en matorrales degradados de zonas semiáridas y áridas, ya que rebrota tras el fuego y soporta la acción del pastoreo (Ladd *et al.*, 2005; Navarro *et al.*, 2006); en ocasiones puede dominar formando extensos palmitares.

2. Materiales forestales de reproducción

2.1. Marco normativo. Identificación de los materiales de reproducción

Los materiales forestales de reproducción del palmito no están regulados en la normativa estatal de comercialización de semillas. Sin embargo, su uso frecuente en actuaciones en el semiárido alicantino ha llevado a que se haya incluido en la normativa valenciana en esta materia; por ello, su recolección y producción están sometidos al sistema de autorización y control establecido por el Decreto 15/2006.



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

Cuando la identidad del material de reproducción no esta sujeta a un sistema de control oficial, la asignación de su origen puede hacerse, de forma oficiosa, mediante la delimitación territorial establecida en las regiones de identificación (García del Barrio *et al.*, 2001). En la medida de lo posible, se recomienda el empleo de materiales de reproducción de la misma procedencia en la que se va a efectuar la plantación, como medio para promover la conservación de los recursos genéticos de las poblaciones locales.

En la Región de Murcia se ha declarado al palmito como “De interés especial” (D. 50/2003) y se recomienda que su uso esté supeditado o, de alguna manera, vinculado al plan de manejo previsto por la normativa. Esta misma recomendación se extiende a Extremadura, donde está incluido como “Vulnerable” en su Catálogo de especies amenazadas (D. 37/2001) y para el que se tiene previsto la redacción de un plan de conservación. En Baleares, la recolección con fines comerciales requiere autorización administrativa previa (D. 75/2005). En Cataluña, la recolección de sus semillas y su corta y desenraizamiento también necesita autorización administrativa, de acuerdo con la Orden de 5 de noviembre de 1984. El aprovechamiento tradicional de las fibras de las hojas del palmito ha conducido a que, en algunas regiones, se hayan promulgado normas para su regulación. Así, en Andalucía, está considerada especie de interés etnobotánico, sometida a protección en terrenos forestales de propiedad privada (Orden de 2 de junio de 1997) y es preceptiva una autorización administrativa previa para la recolección de sus frutos y partes de plantas.

Por otra parte, las plantas de palmito deben ir acompañadas de pasaporte fitosanitario y cumplir con los requisitos especiales establecidos en la Decisión 2007/365/CE y sus modificaciones posteriores (Decisión 2008/776/CE), con el fin de evitar la introducción y propagación del picudo de las palmeras (*Rhynchophorus ferrugineus*) en la UE. Las plantas de palmito con un diámetro superior a 5 cm deben cumplir, además, con los requisitos especiales establecidos para evitar la introducción y proliferación de *Paysandisia archon* (Directiva 2000/29/CE).

2.2. Técnicas de manejo y propagación

2.2.1. Semillas

Los frutos del palmito se recolectan manualmente, entre los meses de septiembre y diciembre. Se puede recoger las infrutescencias enteras, cortándolas con unas tijeras de podar. La eliminación de los elementos carnosos de los frutos se efectúa sumergiéndolos en agua durante unas horas con el fin de macerarlos; éstos se desprenden con una batidora. Posteriormente, parte de la fracción de impurezas se separa por flotación y otra parte por cribado, ayudándose con agua a presión, y aventado, quedando las semillas limpias, recubiertas sólo por el endocarpo (en adelante, se denomina “semillas” a toda esta unidad). Conviene eliminar la pulpa de los frutos ya que contienen inhibidores de la germinación y facilitan la proliferación de patógenos (Piotto y Di Noi, 2001).

Generalmente se recomienda emplear las semillas en un plazo breve, una vez recolectadas, porque la desecación reduce su capacidad germinativa (Hartmann y Kester, 1987; Meerow, 1991). Sin embargo, se puede conservar semillas, previamente deshidratadas manteniéndolas a 4 °C (García-Fayos, 2001), a -18 °C, o bien a -80 °C (González Benito *et al.*, 2006). La criopreservación (-196 °C) parece tener efectos negativos en las semillas (González Benito *et al.*, 2006).

Las semillas del palmito se sumergen en agua durante 24 a 48 horas y se siembran. Sin otros tratamientos previos pueden tardar varias semanas en germinar. Por ello, González-Benito *et al.* (2006) recomiendan tratar las semillas con ácido sulfúrico concentrado durante 15 minutos, ya que mejora sensiblemente los resultados. Estos autores sugieren, como alternativa, el mantenimiento de las semillas a 15 °C durante un año, sin tratamiento previo. Las temperaturas de germinación más adecuadas para esta especie termófila oscilan entre los 20 y los 25 °C (Navarro-Cerrillo y Gálvez, 2001; Piotto y Di Noi, 2001). En condiciones controladas se puede mantener la temperatura constante en el rango recomendado, o bien someter a las semillas a un régimen de oscilación diaria de 15 °C (8 h, en oscuridad) y 25 °C (16 h, con luz) (González Benito *et al.*, 2006).

El palmito tiene una germinación “remota”, ya que el eje de la plántula se desarrolla a cierta distancia de las semillas. La primera estructura que emerge de ésta es el pecíolo cotiledonar (que puede confundirse con una radícula). Esta estructura crece de manera plagiotrópica y en su extremo se produce un engrosamiento que da lugar a la radícula y la plúmula. El verdadero cotiledón permanece dentro de la semilla, que funciona transfiriendo nutrientes desde el endospermo a la joven plántula (Meerow, 1991). Las primeras hojas que desarrollan son lineal lanceoladas. El crecimiento del palmito en los primeros años es lento.

Tabla 1. Datos característicos de lotes de semillas de *Chamaerops humilis*.

Rendimiento semilla/fruto (% en peso)	Pureza (%)	Facultad germinativa (%)	Nº semillas kg ⁻¹	Referencia
			598-2.139	García-Fayos (2001)
	99-100	87-99	880-1.000	Navarro-Cerrillo y Gálvez (2001)
		80-90	1.630	Piotto y Di Noi (2001)
		90	600-2.000	Cervelli (2005)
28,5-56	85-100	56-100	590-1.760	Banc de Llavors Forestals (Anexo II)
37-52	98-100		600-1.300	CNRGF <i>El Serranillo</i> (Anexo III)

2.2.2. Vegetativa

La aplicación de técnicas para la propagación vegetativa del palmito se basa en la capacidad de sus rizomas de emitir retoños. En primavera se divide el retoño de la planta principal, empleando un instrumento cortante. El retoño puede trasplantarse rápidamente o puede dejarse en el mismo sitio para que se desarrolle de manera independiente; una vez que se asegura su supervivencia, se extrae del sitio con la mayor cantidad de raíz posible. Este material se trasplanta a envases individuales y se mantiene protegido de la insolación directa y con riego abundante durante, por lo menos, un año; después puede ser plantado en el sitio definitivo (Meerow, 1991).

3. Producción de plantas

El palmito se cultiva en viveros bajo una amplia variedad de formatos, dado su interés polivalente; así, puede encontrarse producido en alveolos forestales, para su uso exclusivo en repoblaciones, o bien en contenedores, cubriendo prácticamente toda la serie de diámetros y volúmenes, en correspondencia con una gran variedad de tallas y desarrollos de las plantas. Obviamente, la planta en contenedor no es la más idónea para una labor extensiva de repoblación forestal, pero en ocasiones ha sido empleada en obras con una mayor aplicación de cuidados culturales como riegos, escardas, etc. (Navarro *et al.*, 2000). En este sentido, conviene controlar el origen de las plantas para evitar la adquisición de variedades destinadas a uso ornamental.

Las semillas de palmito tardan varios meses en germinar, requiriendo temperaturas altas y humedad abundante (Navarro-Cerrillo y Gálvez, 2001), lo que condiciona extraordinariamente su calendario de cultivo y las posibilidades de producirlo en viveros ubicados en zonas menos templadas. Normalmente, las siembras se realizan a principios de año (en viveros del piso termomediterráneo) y la fase de germinación se completa a finales de primavera o principios de verano. Esto supone un cierto retraso en el desarrollo de las plantas, que lleva en numerosos casos a producirlas con dos savias. Se recomienda su cultivo a pleno sol.

Los envases empleados son variables en cuanto a volumen y densidad debido a los problemas que presenta el desarrollo del sistema radical secundario de las plantas. Puede

decirse que la dificultad de formar un cepellón coherente es el principal problema para la producción de esta especie en un periodo de cultivo, siendo frecuente su desmoronamiento al intentar extraerlo del alveolo; a veces sólo salen las gruesas raíces principales. Por ello, lo más usual es producir plantas de dos o más savias. En bandejas forestales, los volúmenes empleados oscilan entre 200 y 400 cm³, mientras que en contenedores individuales se han usado tamaños hasta de 15 cm de diámetro. En cualquier caso, es muy importante que el envase tenga un sistema de repicado eficaz, de forma que se estimule la formación de raíces secundarias.

El sustrato para su cultivo debe mantener una proporción de macro y microporos que optimice el desarrollo radical (15-20% de porosidad de aireación) y seguir las especificaciones generales para la producción de plantas forestales (Landis *et al.*, 1990). Se suele emplear componentes de turba rubia y fibra de coco enmendados con perlita o vermiculita al 5-10%.

Aunque la planta es resistente a la sequía una vez establecida, es sensible en su fase de cultivo, por lo que es conveniente mantener un adecuado régimen de riegos (Landis *et al.*, 1989).

El pH del medio de cultivo debe hallarse en el rango 5,5-7 para maximizar la absorción de nutrientes y el desarrollo de la planta. Se recomienda una fertilización de crecimiento con 150-200 ppm de nitrógeno y no descuidar el aporte de fósforo, de modo que se favorezca su desarrollo radical. La planta presenta sus mayores tasas de crecimiento radical en el verano (julio-septiembre), seguido del otoño (octubre-diciembre) (Hodel *et al.*, 2005);

si se emplean fertilizantes de liberación controlada lenta, debe tenerse en cuenta este patrón para que el fertilizante mantenga reservas suficientes en estas fechas. Los fertilizantes del tipo Osmocote Plus 8-9 meses a 5 kg m⁻³ (Nowak *et al.*, 1995 citado en Martínez-Sánchez *et al.*, 2008) son los que han dado mejor resultado.



Figura 4. Planta de *Chamaerops humilis* de una savia cultivada en envase de 200 cm³ (Foto: CNRGF El Serranillo).

Los tratamientos fitosanitarios que se deben aplicar son principalmente de naturaleza preventiva, alternándose con la utilización de alguno de los principios activos más comunes (thiram, captan, himexazol o iprodiona). No obstante, en esta especie se ha descrito la afección en vivero de *Fusarium proliferatum*, que produce marchitamiento de la base de las hojas y muerte de las plantas (Armengol *et al.*, 2005). Las malas hierbas pueden combatirse en preemergencia con oxifluorfén o glifosato; si se trata de eliminar gramíneas, se puede emplear herbicidas selectivos aplicados en postemergencia. Las escardas también son efectivas, siendo recomendable efectuarlas cada 6-8 semanas para eliminar hierbas resistentes a los productos químicos.

No existen referencias bibliográficas que indiquen cuáles son los parámetros de calidad de las plantas que propician una mejor respuesta en plantación. Los datos recogidos por Navarro *et al.* (2000) en lotes de plantas de una savia, que se ofrecen en la Tabla 2, pueden servir como base, aunque se recomiendan valores más altos.

Tabla 2. Valores medios de atributos morfológicos de plantas de *Chamaerops humilis* de una savia empleadas en la restauración del río Guadamar (Navarro *et al.*, 2000) (los problemas de conformación del cepellón de estos lotes hace suponer que las dimensiones deseables son mayores).

Atributo	Valores medios
Altura (cm)	22,2
Diámetro del cuello de la raíz (mm)	2,26
Peso seco aéreo - PA (g)	0,22
Peso seco radical - PR (g)	0,62
Peso seco total (g)	0,85
PA/PR	0,44
Esbeltez (cm mm ⁻¹)	9,5
Índice de Dickson - QI	0,089

4. Uso en repoblaciones y restauraciones

El palmito es una especie de uso minoritario en forestación, habiendo sido la jardinería extensiva y la restauración ambiental sus nichos tradicionales. No obstante, como ocurre con la mayoría de las especies consideradas accesorias, su uso se ha incrementado considerablemente a partir de los años 1990 con el programa de ayudas a la forestación de tierras agrarias, si bien hay que remarcar que su importancia relativa es muy baja. De hecho, en las estadísticas del Ministerio de Agricultura hasta el año 1999 sólo figura 1 ha repoblada con palmito, en Baleares.

En cualquier caso, la especie suele estar presente en programas de restauración en zonas templadas, fundamentalmente en el piso termomediterráneo, como se refleja en algunos trabajos publicados en los últimos años (Navarro *et al.*, 2000; Alloza, 2003; Padilla *et al.*, 2004; Vilagrosa *et al.*, 2008; Castillo *et al.*, 2009). De estos trabajos se desprende que el palmito es una especie de establecimiento un tanto difícil, pues suele presentar tasas de arraigo por debajo del 50%, con casos en los que no se alcanza el 20%. Además, en algunos trabajos (Castillo *et al.*, 2009) se ha observado que gran parte de la mortalidad se produce en el periodo preestival, lo que significaría, bien una calidad de planta deficiente, bien una técnica repobladora por mejorar o bien una combinación de ambas.

5. Planificación de la repoblación

Aunque el crecimiento radical de la planta se maximiza con la temperatura, también presenta actividad invernal (Hodel *et al.*, 2005); este hecho y la termicidad de los lugares de plantación hacen muy recomendable adelantar las plantaciones entre noviembre y enero.

Las labores de desbroce y preparación del terreno se pueden hacer de forma mecanizada, abriendo manualmente hoyos de 40 x 40 x 40 cm. Hoyos con mayores dimensiones no parecen mejorar la respuesta de esta especie a corto plazo (Vilagrosa *et al.*, 2008; Castillo *et al.*, 2009).

La densidad de plantación del palmito depende, en buena medida, de la densidad total definida en la repoblación, ya que se trata de una especie acompañante. Para repoblaciones de 700-1.100 pies por hectárea, es normal incluir un porcentaje de 5%-15% de palmito. Su plantación puede hacerse en pequeñas áreas o bosquetes de extensión reducida (aprovechando enclaves especialmente favorables como laderas soleadas, pedregosas, con suelos arenosos, etc.), o bien distribuyendo los pies de forma más o menos regular en toda la matriz del rodal que se va a repoblar. Es una especie que puede aguantar cierto nivel de sombra y, por ello, puede intercalarse con pies arbóreos. Las plantaciones puras de palmito no suelen ser mayores de 1-2 hectáreas.

Existen muy pocas referencias relacionadas con los cuidados que requieren las plantas de palmito con posterioridad a su plantación. Castillo *et al.* (2009) concluyen que crece



Figura 5. Ejemplar de *Chamaerops humilis* tras 5 años en campo, plantado con malla para su protección frente a herbívoros en el semiárido alicantino, Albaterra (Foto: E. Chirino).

mejor bajo sombra, lo que lleva a pensar que el tubo protector puede ser beneficioso en este sentido. Igualmente, dado su carácter termófilo, el tubo puede recomendarse en las zonas sensibles a heladas y también puede ser útil para evitar los daños por depredación de lagomorfos. No obstante, al tratarse de una especie heliófila, los resultados de varias investigaciones (Oliet *et al.*, 2003, del Campo *et al.*, 2008 b, Puértolas *et al.*, 2010) desaconsejan el uso de protectores, o bien indican la preferencia de colores claros para potenciar el desarrollo radical de la planta.

Los riegos se deben aplicar en el momento de la implantación y, a ser posible, durante el primer año de establecimiento. Si se planta en terrenos secos y arenosos, los hidrogeles pueden tener efectos positivos, al mantener húmedo por más tiempo el suelo, si bien este efecto es sólo ligero y poco duradero (del Campo *et al.*, 2008 a).

6. Bibliografía

- ALLOZA J.A., 2003. Análisis de repoblaciones forestales en la Comunidad Valenciana. Desarrollo de criterios y propuestas de evaluación. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Valencia.
- ANSTETT M.C., 1999. An experimental study of the interaction between the dwarf palm (*Chamaerops humilis*) and its floral visitor *Derelomus chamaeropsis* throughout the life cycle of the weevil. *Acta Oecol.* 29, 551-558.
- 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].
- ARMENGOL J., MORETTI A., PERRONE G., VICENT A., BENGOCHEA J.A., GARCIA-JIMENEZ J., 2005. Identification, incidence and characterization of *Fusarium proliferatum* on ornamental palms in Spain. *Eur. J. Plant Pathol.* 112, 123-131.
- BASSANI M., PACINI E., FRANCHI G.G., 1994. Humidity stress responses in pollen of anemophilous and entomophilous species. *Grana* 33, 146-150.
- CAISSARD J.C., MEEKIJIRONENROJA., BAUDINO S., ANSTETT M.C., 2004. Localization of production and emission of pollinator attractant on whole leaves of *Chamaerops humilis* (*Arecaceae*). *Am. J. Bot.* 91, 1190-1199.
- CASTILLO V.M., BARBERÁ G.G., QUEREJETA J.I., MARTÍNEZ SÁNCHEZ M.A., MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ F., 2009. Diversificación de masas repobladas de pino carrasco mediante claras e introducción de sotobosque. En: *Actas del 5 Congreso Forestal Español*. [cd-rom]. (Sociedad Española de Ciencias Forestales, Junta de Castilla y León, eds.). Ávila. Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- CERVELLI C., 2005. Le specie arbustive della macchia mediterranea. Un patrimonio da valorizzare. *Colla Siciliana Foreste* 26. Azienda regionale Foreste Demaniali, Palermo.
- CORNELINI P., FEDERICO C., PIRRERA G., 2008. Arbusti autoctoni mediterranei per l'ingegneria naturalistica. Primo contributo alla morfometria degli apparati radicali. *Azienda Regionale Foreste Siciliana, Collana Sicilia Foreste* 40.
- DEL CAMPO A.D., AGUILLELLA A., LIDÓN A., SEGURA G., 2008 a. Influencia del tipo y dosis de hidrogel en las propiedades hidrofísicas de tres suelos forestales de distinta textura. *Cuad. Soc. Esp. Cienc. For.* 25, 137-143.
- DEL CAMPO A.D., NAVARRO CERRILLO R.M., AGUILLEA A., FLORS J., 2008 b. Influencia microclimática del diseño del tubo protector y respuesta de diez especies forestales al tubo ventilado. *Cuad. Soc. Esp. Cienc. For.* 28, 81-87.
- DUFAY M., ANSTETT M.C., 2004. Cheating is not always punished: killer female plants and pollination by deceit in the dwarf palm *Chamaerops humilis*. *J. Evol. Biol.* 17, 862-868.

- DUFAY M., HOSSAERT MCKEY M., ANSTETT M.C., 2003. When leaves act flowers: how dwarf palms attract their pollinators. *Ecol. Lett.* 6, 28-34.
- DUFAY M., HOSSAERT MCKEY M., ANSTETT M.C., 2004. Temporal and sexual variation of leaf-produced pollinator-attracting odours in the dwarf palm. *Oecologia* 139, 392-398.
- GALÁN A., CASTROVIEJO S., 2008. *Chamaerops* L. En: Flora ibérica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares. Vol XVIII *Cyperaceae-Pontederiaceae* (Castroviejo S., Luceño M., Galán A., Jiménez Mejías P., Cabezas F., Medina L., eds.). Real Jardín Botánico, Madrid. pp. 273-275.
- 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. 15.
- GONZÁLEZ BENITO M.E., HUERTAS MICÓ M., PÉREZ GARCÍA F., 2006. Seed germination and storage of *Chamaerops humilis* (dwarf palm). *Seed Sci. Technol.* 34, 143-150.
- HARTMANN H.T., KESTER D.E., 1987. Propagación de plantas. Principios y prácticas. Compañía Editorial Continental SA, México.
- HERRERA J., 1987. Flower and fruit biology in Southern Spanish Mediterranean shrublands. *Ann. Mo. Bot. Gard.* 74, 69-78.
- HERRERA J., 1989. On the reproductive biology of the dwarf palm, *Chamaerops humilis* in Southern Spain. *Principies* 33, 27-32.
- HODEL D., PITTENGER R., DOWNER A.J., 2005. Palm root growth and implications for transplanting. *J. Arboric.* 31, 171-181.
- LADD P.G., CROSTI R., PIGNATTI S., 2005. Vegetative and seedling regeneration after fire in planted Sardinian pinewood compared with that in other areas of Mediterranean-type climate. *J. Biogeogr.* 32, 85-98.
- LANDIS T.D., TINUS R.W., MCDONALD S.E., BARNETT J.P., 1989. Seedling nutrition and irrigation. The container tree nursery manual. Vol 4. United States Department of Agriculture, Forest Service, Agriculture Handbook 674, Washington.
- LANDIS T.D., TINUS R.W., MCDONALD S.E., BARNETT J.P., 1990. Seedling nutrition and irrigation. The container tree nursery manual. Vol 2. United States Department of Agriculture, Forest Service, Agriculture Handbook 674, Washington.
- LÓPEZ GONZÁLEZ G.A., 2001. Los árboles y arbustos de la Península Ibérica e Islas Baleares. Tomo I. Ed. Mundi-Prensa, Madrid. pp.387-389.
- MARTÍNEZ SÁNCHEZ J.J., FRANCO J.A., VICENTE M.J., MUÑOZ M., BAÑÓN S., CONESA E., FERNÁNDEZ HERNÁNDEZ J.A., VALDÉS ILLÁN R., OCHOA J., MIRALLES J., AGUADO M., ESTEVA J., LÓPEZ MARÍN J., AZNAR L., 2008. Especies silvestres mediterráneas con valor ornamental. Selección, producción viverística y utilización en jardinería. Serie técnica nº 7. Servicio de Protección y Conservación de la Naturaleza, Dirección General de Patrimonio Natural y Biodiversidad, Consejería de Agricultura y Agua, Región de Murcia, Murcia.
- MEEROW A.W., 1991. Palm seed germination. Florida Cooperative Extension Service Bull 274, Gainesville.
- 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. 87-88.
- NAVARRO R.M., DEL CAMPO A.D., CHECA R., ÁLVAREZ A., 2000. Propuesta de seguimiento de los trabajos de restauración del río Guadiamar. Informe de la Anualidad 99-00. EGMASA - (CMA Junta de Andalucía) - Universidad de Córdoba. Inédito.

- NAVARRO T., ALADOS C.L., CABEZUDO B., 2006. Changes in plant functional types in response to goat and sheep grazing in two semi-arid shrublands of SE Spain. *J. Arid Environ.* 64, 298-322.
- NOWAK J.S., STROJNY Z., WISNIEWSKA-GRZESZKIEWICZ H., 1995. Influence of controlled-release fertilizers on the growth of *Philodendron selloum* and *Chamaerops humilis*. *Zeszyty Naukowe Instytutu Sadownictwa i Kwiaciarstwa e Skierniewicach* 2, 107-116.
- OLIET J.A., NAVARRO R.M., CONTRERAS O., 2003. Evaluación de la aplicación de tubos y mejoradores en repoblaciones forestales. *Manual de restauración forestal 2*. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía.
- PACINI E., FRANCHI G.G., LISCI M., NEPI M., 1997. Pollen viability related to type of pollination in six angiosperm species. *Ann. Bot.* 80, 83-87.
- PADILLA F.M., PUGNAIRE F.I., MARÍN R., HERVÁS M., ORTEGA R., 2004. El uso de especies arbustivas para la restauración de la cubierta vegetal en ambientes semiáridos. *Cuad. Soc. Esp. Cienc. For.* 17, 103-107.
- PIOTTO B., DI NOI A. (eds.), 2001. *Propagazione per seme di alberi e arbusti della flora mediterranea*. ANPA, Roma.
- PUÉRTOLAS J., OLIET J., JACOBS D., BENITO L., PEÑUELAS J.L., 2010. Is light the key factor for success of tube shelters in forest restoration plantings under Mediterranean climates? *For. Ecol. Manage.* 260, 610-617.
- VILAGROSA A., CHIRINO E., BAUTISTA S., URGEGHE A.M., ALLOZA J.A., VALLEJO V.R., 2008. Proyecto de demostración de lucha contra la desertificación: Regeneración y plan de manejo de zona semiáridas degradadas en el término municipal de Albuera, Alicante. *Cuad. Soc. Esp. Cienc. For.* 28, 317-322.

Cistus albidus L.

Estepa, estepa blanca, estepilla, estrepilla, jaguarzo blanco, jara blanca, jarastepa, quiebraollas, rosajo; *cat.*: estepa blanca, argenti blanc, botja blanca, estepa, estepa d'escurar, estepa margalida, estépara, estépara blanca, estepera, estepera fina, estrepa, estrepa blanca, rentaplats; *eusk.*: estrepa zuria.

Cistus ladanifer L.

Jara, jara común, jara de las cinco llagas (f. *maculatus*), jara mora, jara negra, jara pringosa, lada ladón; *cat.*: estepa ladanífera, estepa negra; *eusk.*: txara, txaraka, txaraska; *gall.*: esteva.

Cistus laurifolius L.

Estepa, jara estepa, estrepa; *cat.*: estepa de muntanya, argentí, bordiol, estepa borda, estepó, guàrdol; *eusk.*: txara, txaraka, txaraska.

Cistus monspeliensis L.

Jaguarzo, hoalgazo, juagarzo, juagarzo prieto, zaguarzo; *cat.*: estepa negra, ajoca-sapes, estepa llimonenca, estepa morisca, estepa mosquera, estépara negra, mòdega, moixera.

Cistus populifolius L.

Jara cervuna, jara cerval, estepa, hojaranzo, jara estepa, jara jarguna, jara macho, jaranzo, jarón, ojaranzo; *cat.*: estepa populifòlia.

Amaya ÁLVAREZ LAFUENTE, Luis Fernando BENITO MATÍAS, Nieves HERRERO SIERRA

1. Descripción

1.1. Morfología

Género ampliamente distribuido en la Península Ibérica que agrupa a 12 especies, compuesto por arbustos o arbustillos olorosos, de corteza aparente, cuyas hojas aparecen

opuestas, siendo sentadas, pecioladas, o con ambos tipos en la misma planta, y sin estípulas.

Se considera como especies más representativas las siguientes (López González, 1982; Muñoz Garmendia y Navarro, 1995; Ruiz de la Torre, 2006):

- *Cistus albidus*: arbusto de 0,4-1,5 m de altura, corteza grisácea, con hojas y tallo cubierto de tomento blanco. Hojas sésiles, elípticas u oval-lanceoladas, margen revoluto, con 3-5 nervios anastomosados en el envés, cinco sépalos y pétalos de color rosado-purpúreos.
- *Cistus ladanifer*: arbusto de 0,5-3,0 m, erecto, de leño duro y corteza pegajosa, por estar impregnada de una sustancia olorosa, el ládano. Hojas sésiles, linear-lanceoladas, margen resolutivo, coriáceos, de color verde oscuro. Flores solitarias, con dos sépalos, pétalos blancos con pequeña mancha amarillenta en la base, en ocasiones otra purpúrea encima.
- *Cistus laurifolius*: arbusto de 1-3 m, de cepa leñosa, erecto y con corteza no pegajosa. Hojas agrupadas a pares (Fig. 1), soldadas entre sí en la base, opuestas, aovado-lanceoladas, con peciolo largo, de 3-5 nervios anastomosados, pegajosas por la producción de ládano. Las flores tienen tres sépalos y los pétalos son blancos con una uña amarilla.
- *Cistus monspeliensis*: arbusto de 0,6-1,8 m de altura, erecto, oloroso, hojas largas y estrechas, subsésiles, linear lanceoladas, con tres nervios principales, color verde, brillantes y resinosa en el haz y cubiertas de pelos densos y más pálidas en el envés. Flores con cinco sépalos y pétalos de color blanco.
- *Cistus populifolius*: arbusto de 0,8-2,5 m de altura, muy ramoso, verde intenso y oloroso. Hojas simples, largamente pecioladas, aovado-acuminadas, acorazonadas en la base, sin pelos y con gran cantidad de nervios dibujando un retículo, color verde intenso en el haz. Flores con cinco sépalos, pétalos de color blanco-marfil con una mancha basal amarilla

1.2. Biología reproductiva

Las flores se presentan en inflorescencias cimosas, umbeliformes o racemiformes, terminales o axilares y, en ocasiones, con flores solitarias (*C. ladanifer*). Tienen flores hermafroditas y los órganos masculinos son capaces de producir ingentes cantidades de polen. Ovario con estilo más o menos largo.

El fruto es una cápsula (Fig. 1) sobre pedúnculos erguidos, con dehiscencia loculicida casi completa en 5-12 valvas, dependiendo de la especie. Producen numerosas semillas de pequeño tamaño y poliédricas (Fig. 2), que presentan letargo de tipo físico (Herrera, 1992; Muñoz Garmendia y Navarro, 1995; López Nieto, 1996; Ruiz de la Torre, 2006).

Un esquema de ciclo reproductivo válido para todas las especies es el que corresponde a *C. ladanifer* y que se expone a continuación. La floración ocurre desde marzo-mayo y es bastante amplia en el tiempo. De polinización entomófila, las flores tienen mecanismos para evitar la autopolinización. Una vez producida la fecundación, las hojas y brácteas que rodean a la inflorescencia caen y el pedicelo de la misma crece y se lignifica. A

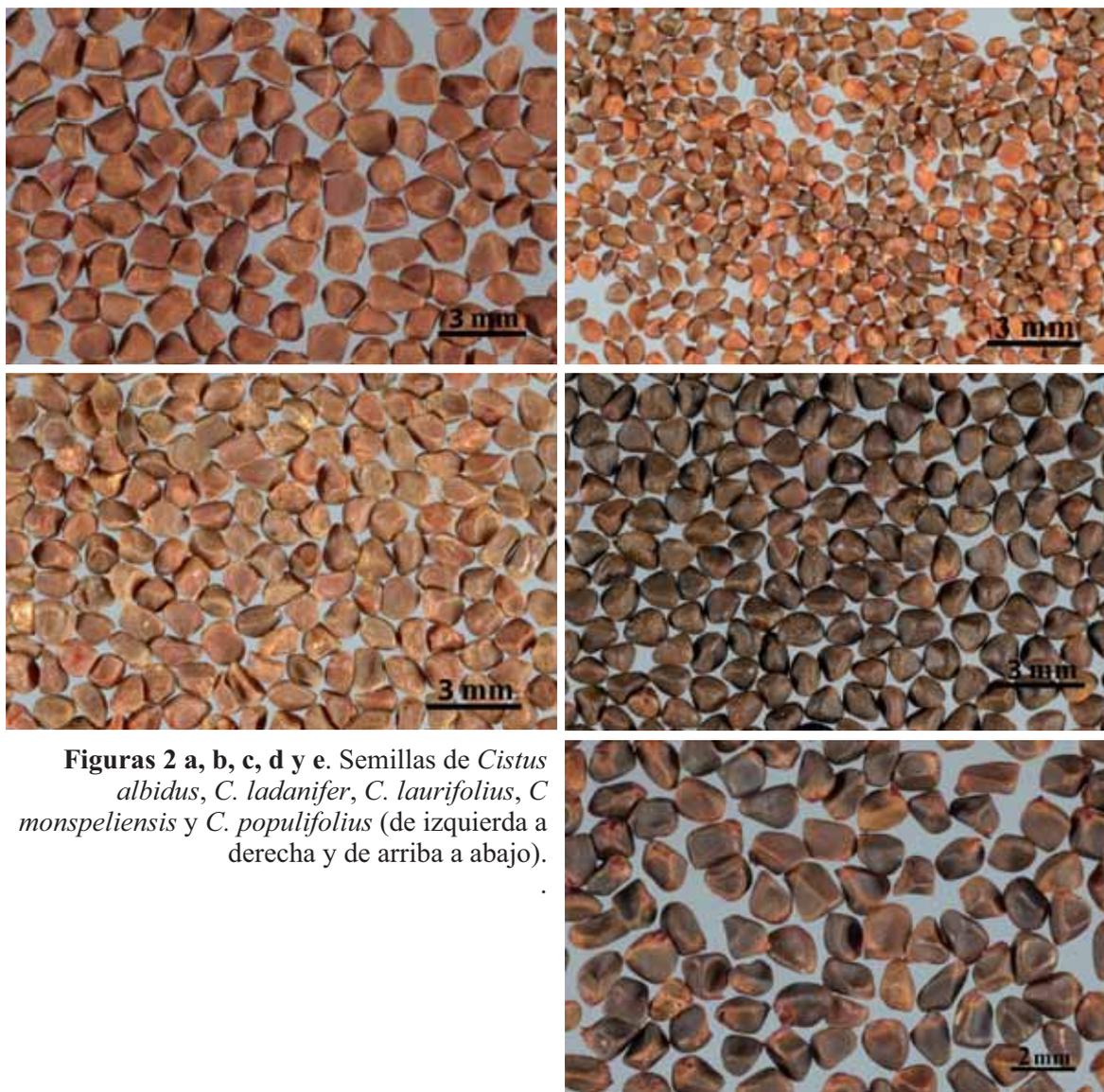


Figuras 1 a, b, c, d y e. Cápsulas de *Cistus albidus* (Foto: C. Soriano), *C. ladanifer* (Foto: R. Serrada), *C. laurifolius* (Foto: J.I. García Viñas), *C. monspeliensis* (Foto: C. Soriano) y *C. populifolius* (Foto: C. Soriano) (de izquierda a derecha y de arriba a abajo).

principios del estío, los frutos están maduros, los sépalos se caen y la cápsula queda al exterior. A lo largo del verano, ésta se va secando y abriendo para que, a principios de otoño, se produzca la diseminación de las semillas al ser golpeada la cápsula por la lluvia y el viento (Talavera *et al.*, 1993). La dispersión es anemócora y, de forma secundaria, mirmecócora (por las hormigas). Todas las especies de *Cistus* son pirófitas, es decir, con letargo que en gran medida superan tras un incendio (Thanos y Georghiu, 1988). Las jaras se regeneran exclusivamente por semilla y no son capaces de rebrotar de raíz.

1.3. Distribución y ecología

Las jaras se encuentran en la región mediterránea y macaronésica y son abundantes en todas las regiones de la Península Ibérica de clima mediterráneo, formando parte de los típicos matorrales mediterráneos de áreas muy degradadas, ya que muchas veces



Figuras 2 a, b, c, d y e. Semillas de *Cistus albidus*, *C. ladanifer*, *C. laurifolius*, *C. monspeliensis* y *C. populifolius* (de izquierda a derecha y de arriba a abajo).

se comportan como especies pioneras, creando grandes extensiones monoespecíficas paraclimáticas tras incendios forestales, favorecidas por sus características pirofíticas. En otras ocasiones, forman parte de la corte de etapas más maduras de bosques mediterráneos. Más abundantes sobre suelos ácidos, en algunos casos toleran suelos básicos.

Centrándonos en las especies tratadas en este capítulo, las condiciones ecológicas de los hábitats en los que se encuentran son los siguientes:

- *Cistus albidus*: forma parte de matorrales de etapas regresivas de encinares y otros bosques mediterráneos en zonas de clima seco, poco frías en invierno y muy calurosas en verano (temperatura media de las máximas del mes más cálido: 28,6-36,9 °C) (Anexo I). Vive sobre suelos calizos, pero sin presencia de cal activa, entre 0 y 1.400 m de altitud.

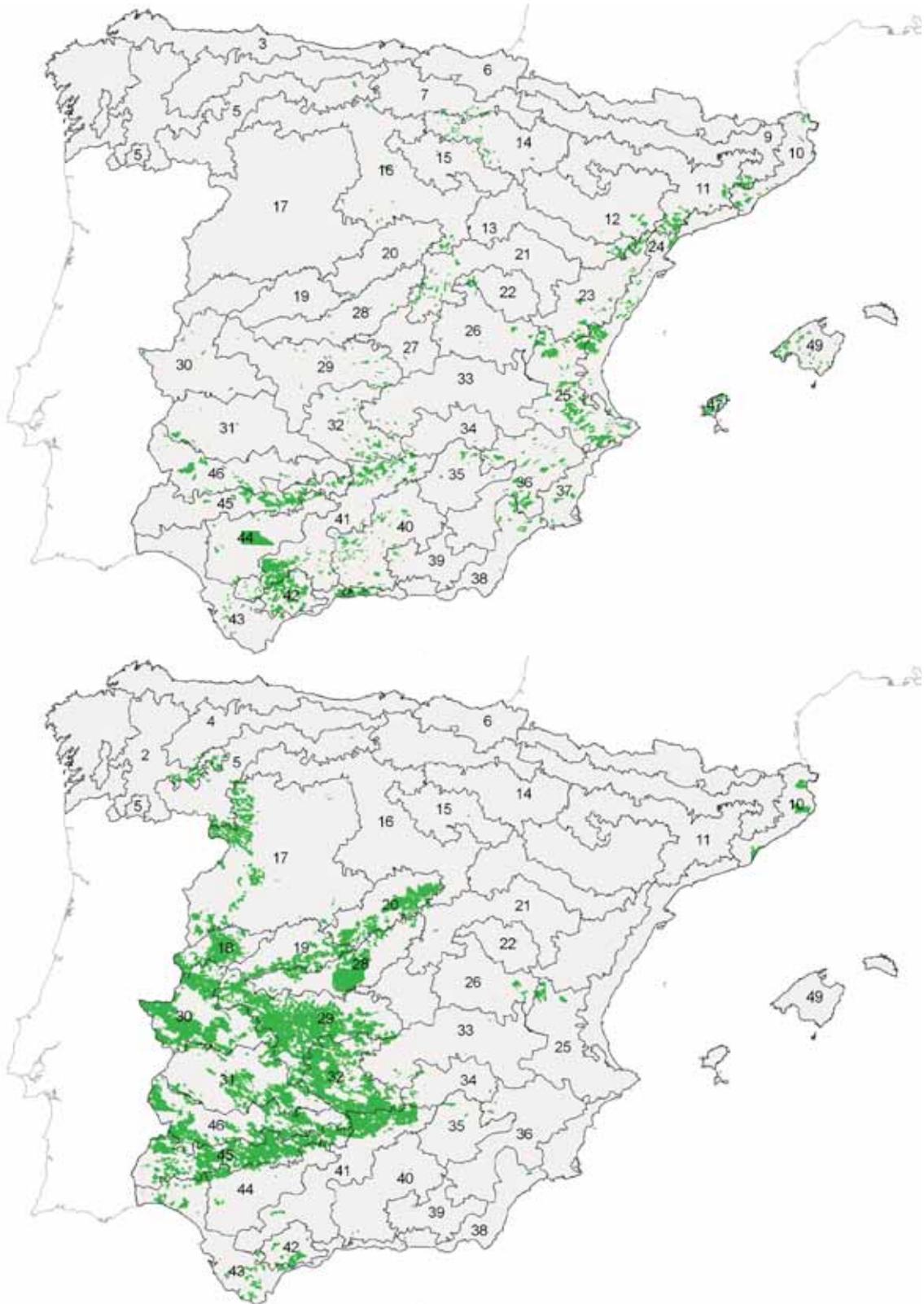
- *Cistus ladanifer*: habita en lugares de veranos secos y calurosos, sobre suelos silíceos de pizarras y granitos, principalmente. No obstante, la subespecie *africanus* también coloniza las peridotitas del sur de España (Ruiz de la Torre, 2006). *Cistus ladanifer* vive entre 0 y 1.500 m de altitud y resiste bien las condiciones extremas en verano e invierno (temperatura media de las mínimas del mes más frío: 0,9 a 7,8 °C; temperatura media de las máximas del mes más cálido: 28,6-36,9 °C) (Anexo I).
- *Cistus laurifolius*: ocupa robledales, encinares y pinares, parameras o lugares sobrepastoreados, laderas y suelos pedregosos de montañas mediterráneas, sobre suelos silíceos o calizos descalcificados, entre 400 y 1.900 m de altitud (López Nieto, 1996; Costa *et al.*, 1998; Ruiz de la Torre, 2006). Requiere cierto grado de precipitación estival (entre 75 y 135 mm) (Anexo I).
- *Cistus monspeliensis*: forma parte de matorrales densos de etapas degradadas de encinares, alcornocales y quejigares, en climas cálidos de otoños lluviosos (temperatura media anual: 14,1-18,1 °C) (Anexo I). Sobre sustratos ácidos o muy descalcificados, entre 0 y 1.200 m de altitud.
- *Cistus populifolius*: ocupa principalmente umbrías y barrancos frescos, con precipitaciones no demasiado escasas (precipitación anual media: 560-1.090 mm) (Anexo I), de clima no muy frío, sobre suelos frescos y húmedos. Calcífuga, habita entre 200 y 1.500 m de altitud.

Las jaras son especies muy adaptadas a la sequía estival. La facilidad de prosperar en diferentes hábitats es atribuida a la plasticidad que presentan en las hojas, que las hacen ser capaces de disminuir enormemente el área de las mismas entre cohortes. También parece afectar a esta amplia distribución ciertos aspectos de su crecimiento (erectofilia de las hojas, u orientación vertical de las hojas más viejas) y la lignificación del xilema y del esclerénquima (Núñez-Olivera *et al.*, 1996; Jubany-Marí, 2009). Son especies que pueden tolerar bien ciertos niveles de salinidad en el suelo, con estrategias fenológicas como reducir la cantidad de biomasa aérea, para disminuir la evapotranspiración y, fisiológicamente, aumentando la capacidad para captar agua (Torrecillas *et al.*, 2003).

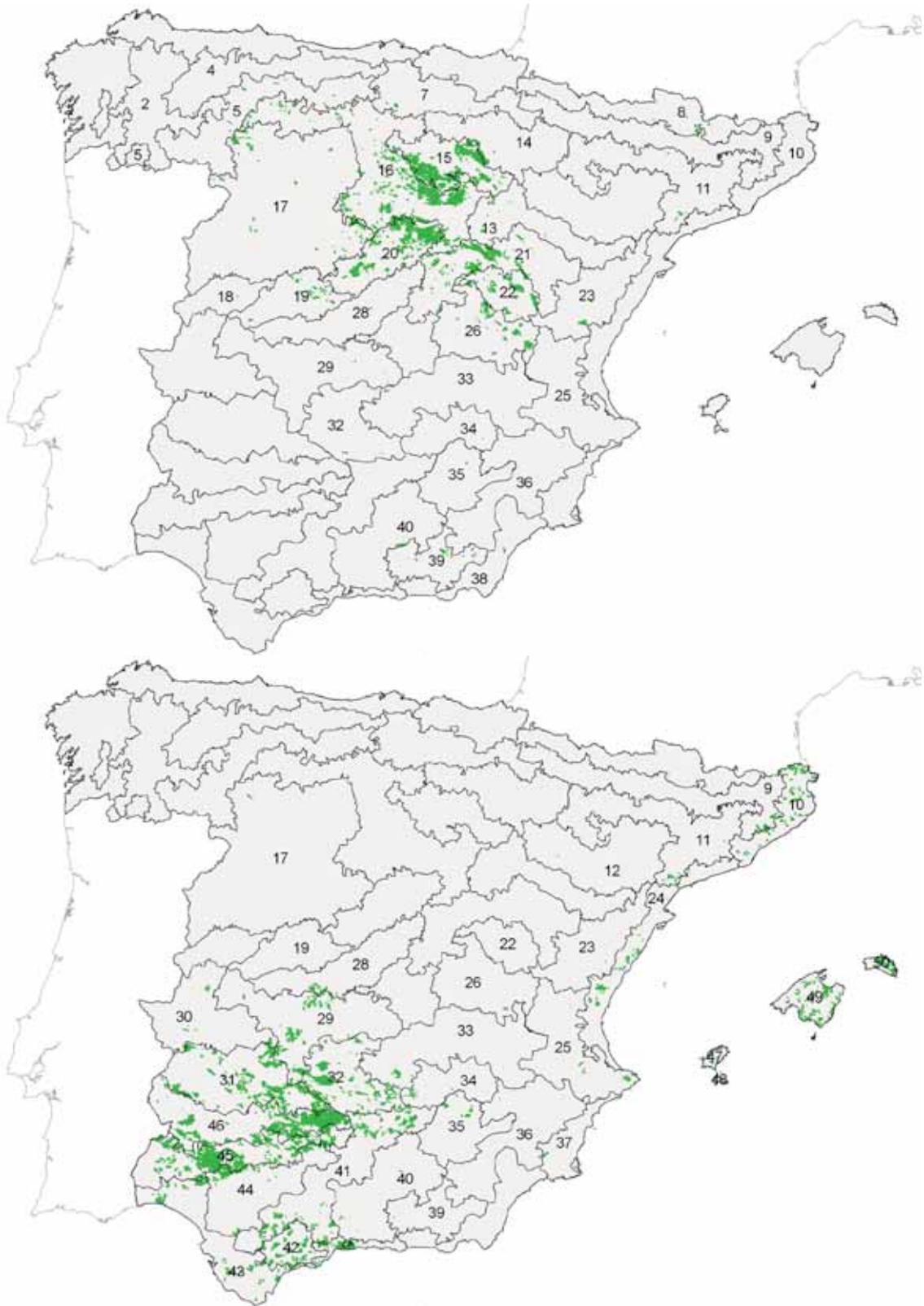
2. Materiales forestales de reproducción

2.1. Marco normativo. Identificación de los materiales de reproducción

Las especies de *Cistus* no están sometidas a la normativa de comercialización de sus materiales, por lo que no cabe asignarles de forma oficial regiones de procedencia ni materiales de base. Las regiones de identificación, (García del Barrio *et al.*, 2001) donde se encuentran poblaciones naturales de las principales especies de jaras se recogen en la Figura 3. De las cinco especies de *Cistus* reseñadas, sólo *C. ladanifer* y *C. populifolius* tienen asignada alguna figura de protección. Así, el Catálogo Regional de Flora Silvestre Protegida de la Región de Murcia (D. 50/2003) las clasifica como “De interés especial”. Por su parte, el Catálogo de Flora Amenazada de Cataluña (D. 172/2008) las considera como “Estrictamente protegidas” en cierta parte de su territorio: Gavarres y Sierra de Collserola, en el caso de *C. ladanifer*, y Montaña de Prades, en el de *C. populifolius*. Las especies del género *Cistus* no están obligadas al pasaporte fitosanitario.



Figuras 3 a y b. Distribución de *Cistus albidus* (superior) y *C. ladanifer* (inferior) y Regiones de Identificación de sus materiales (Fuente: Mapa Forestal de España, 1:200.000).



Figuras 3 c y d. Distribución de *Cistus laurifolius* (superior) y *C. monspeliensis* (inferior) y Regiones de Identificación de sus materiales (Fuente: Mapa Forestal de España, 1:200.000).



Figuras 3 e. Distribución de *Cistus populifolius* y Regiones de Identificación de sus materiales (Fuente: Mapa Forestal de España, 1:200.000).

2.2. Técnicas de manejo y propagación

2.2.1. Semillas

Las cápsulas de *Cistus* spp., se recolectan a finales del verano o a principios del otoño, directamente desde la planta, por recolección manual, ya que una vez secas cualquier otro manejo hace que se rompan y dispersen su contenido. Una vez en las instalaciones se dejan secar y, posteriormente, se trituran manualmente o con rodillos para romper las valvas y facilitar la liberación de las semillas, separando mediante cribas y cedazos las impurezas gruesas y el polvo. Para obtener una mayor pureza se utilizan elutriadores, que son máquinas aventadoras adaptadas para semillas de pequeño tamaño, que mediante una corriente de aire seleccionan partículas por diferencia de peso. A diferencia de otras especies con semilla pequeña, en el caso de las jaras es frecuente alcanzar purezas superiores al 90%.

Se almacenan con contenidos de humedad bajos, menores al 10%, en contenedores herméticos, a oscuras y a temperatura entre 3 y 5 °C. Estas condiciones permiten mantener la viabilidad de las semillas durante varios años. Las características medias de los lotes de semillas de jaras se recogen en la Tabla 1.

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

Rendimiento semilla/fruto (% en peso)	Pureza (%)	Facultad germinativa (%)	Nº semillas kg ⁻¹	Referencia
<i>Cistus albidus</i>				
23,6	99	100	860.000	Navarro y Gálvez (2001)
			1.175.000	Piotto y Di Noi (2001)
13-31	90-95		900.000-1.100.000	CNRGF <i>El Serranillo</i> (Anexo III)
<i>Cistus ladanifer</i>				
8	99	96	1.440.000	Navarro y Gálvez (2001)
12-35	90-95		1.300.000-4.800.000	CNRGF <i>El Serranillo</i> (Anexo III)
(4)	(14)		(5.600.000)	Vivero Central JCyL (Anexo IV)
<i>Cistus laurifolius</i>				
10-25	90-95		1.050.000-1.350.000	CNRGF <i>El Serranillo</i> (Anexo III)
<i>Cistus monspeliensis</i>				
10	89.90	78-83	780.000-922.130	Navarro y Gálvez (2001)
			1.250.000	Piotto y Di Noi (2001)
16-23	90-95		850.000-1.200.000	CNRGF <i>El Serranillo</i> (Anexo III)
<i>Cistus populifolius</i>				
5	99		920.000	Navarro y Gálvez (2001)
26-34	90-95		680.000-775.000	CNRGF <i>El Serranillo</i> (Anexo III)

Todas las especies germinan bien con tratamientos de choque térmico seco, que trata de simular las condiciones que se dan en un incendio. Según la especie, se recomienda trabajar a unas temperaturas mínimas de 90 °C y máximas de 105 °C, mientras que la duración del pretratamiento oscila de 30 segundos a 10 minutos. El almacenamiento en condiciones de baja humedad y temperaturas frías puede hacer disminuir la duración del pretratamiento, por lo que se recomienda realizar pruebas previas a grandes semillados (Baskin y Baskin, 1998; Papafiotou *et al.*, 2000; Delgado *et al.*, 2001; Herrero *et al.*, 2007; Olmez *et al.*, 2007; Escribá Baeza *et al.*, 2007; Delgado *et al.*, 2008; Tilki, 2008; Honrubia, 2009; Reyes y Trabaud, 2009). Una recomendación sobre los pretratamientos más adecuados para las especies de jara consideradas sería:

- *Cistus albidus*: choque térmico a 100 °C durante 5-6 minutos. Temperatura de germinación: 25 °C ó 20-30 °C.
- *Cistus ladanifer*: choque térmico a 100 °C durante 5 minutos o a 70 °C durante 1 minuto. Temperatura de germinación: 20 °C ó 20-30 °C.
- *Cistus laurifolius*: choque térmico a 80 °C durante 10 minutos o a 100 °C durante 5 minutos. Temperatura de germinación: 20-30 °C.
- *Cistus monspeliensis*: Choque térmico a 100 °C durante 4-5 minutos. Temperatura de germinación: 20 °C ó 20-30 °C.

- *Cistus populifolius*: Choque térmico a 100 °C durante 5 minutos. Temperatura de germinación: 20 °C ó 20-30 °C.

La ISTA no incluye en sus reglas a las especies del género *Cistus*. Dado el pequeño tamaño de las semillas (Fig. 2) y, en particular, cuando la pureza es baja, cabe realizar los análisis de germinación sobre réplicas iguales en peso (que contengan aproximadamente 100 semillas), expresando el resultado como el número de semillas viables por kilogramo. Una cantidad de referencia para tales réplicas podría ser 0,1-0,2 g.

2.2.2. Vegetativa

La multiplicación vegetativa ha sido en ocasiones utilizada como técnica para reproducir individuos de interés desde un punto de vista ornamental. Las estaquillas se recogen en noviembre-marzo, cuando la planta está en parada vegetativa y se preparan inmediatamente, o se conservan a baja temperatura en papel humectado. El tamaño adecuado de las estaquillas es de 6-20 cm, con 5-6 pares de hojas, de los que se eliminan al menos los dos últimos pares inferiores, de manera cuidadosa, para no producir desgarros en la corteza. Se prepara la estaquilla con un corte oblicuo en la parte inferior, por debajo del último nudo, aproximadamente a un 1 cm del mismo. La mezcla de sustrato puede ser variable, con una proporción 50:45:5 de arena, turba y vermiculita, aunque se pueden usar mezcla de corteza de pino y turba o bien turba y perlita al 50% (Papafitou *et al.*, 2000). También se han utilizado técnicas de cultivo *in vitro* a partir de explantos de yemas axilares crecidas en diferentes medios de cultivo. Las jaras sirven como herramienta para facilitar la asociación de hongos comestibles de interés, como *Tuber* spp. y *Boletus* spp., los cuales se asocian a estas especies (Iriondo *et al.*, 1995; Ventura *et al.*, 2006; Mills, 2009; Ruta y Monroe-Fortunato, 2010).

3. Producción de plantas

La facilidad que tienen las especies de *Cistus* para regenerarse a partir de semilla no ha hecho que sean especies atractivas dentro de los programas de reforestación, con lo que no existen a penas ensayos publicados sobre su producción viverística.

Tras realizar el choque térmico adecuado para el lote de semillas con las que se trabaja, se procede a sembrar directamente en bandeja forestal. Las dosis recomendadas son 0,25-1 g de semillas por bandeja forestal de 45-50 alvéolos. Mezclar las semillas con arena facilita su distribución, aunque también se pueden poner 2-3 semillas por alvéolo y posteriormente eliminar las plántulas excedentes. El trasplante desde semillero es posible, pero resulta laborioso y complica y encarece las labores culturales. La experiencia de cultivo en el CNRGF *El Serranillo* indica que estas especies se pueden producir a una savia. Se han cultivado brinzales en contenedores de 200-300 cm³, con densidades aproximadas de 300 plantas m⁻². Se recomienda utilizar turba rubia como sustrato. La fertilización se convierte en una herramienta útil a la hora de producir plantas de calidad. En el caso de cultivar sobre sustratos no fertilizados, se recomienda fertirrigar las plantas en etapas tempranas después del trasplante debido a la escasez de reservas nutricionales que presentan las semillas. Una buena alternativa se presenta al usar turba fertilizada. Si se aportan fertilizantes de liberación controlada, las dosis adecuadas varían entre 2 y 3,5 g l⁻¹, en formulaciones N-P-K de 16-10-20 ó 18-10-11. Con una dosis al final del cultivo

de 80, 22 y 82 mg por planta de N, P y K respectivamente, se consiguen plantas bien desarrolladas. Es necesario añadir micronutrientes en el caso de no aparecer incorporados en la composición original del fertilizante (Sánchez-Blanco *et al.*, 2002; Munné-Bosch *et al.*, 2003; Honrubia, 2009).

Las jaras parecen ser muy resistentes a los ataques de patógenos en el vivero. Para prevenir la aparición de plántulas atacadas por los hongos responsables del *damping off* conviene tratar con fungicidas de acción sistémica utilizados en preemergencia y emergencia de plántulas. Se ha comprobado que las plantas crecen bien a pleno sol y que el uso de mallas de sombreo produce el ahilado de las plantas.

Forma micorrizas del tipo ectendomicorrizas, con *Boletus* spp., *Tuber* spp., *Lactarius* spp., lo que sin duda despierta el interés respecto a su producción en vivero. Representa un valor añadido la reforestación con plantas inoculadas con estas especies de hongos de interés comercial (Bustan *et al.*, 2006; García Montero *et al.*, 2007; Oria de Rueda *et al.*, 2008; Honrubia, 2009). En la Figura 4 se muestran fotos de plantas de varias especies de jara cultivadas en contenedor.

4. Uso en repoblaciones y restauraciones

Presentan buena tolerancia a la sequía y al estrés hídrico, lo que las hace bastante útiles como acompañantes de *Quercus* spp., *Pinus* spp., *Olea europaea*, *Juniperus* spp., *Celtis australis*, *Ceratonia siliqua* y de arbustivas de la familia de las genistas o de las labiadas. Son especies heliófilas que además tienen interés por sus diferentes aprovechamientos indirectos: son especies melíferas, productoras de hongos comestibles, proporcionan hábitats para especies cinegéticas, etc. Debido a que a menudo tienen elevadas densidades, los jarales tienen un importante valor protector del suelo, por lo que potencialmente son valiosos en proyectos de restauración ecológica. El mayor problema que presentan ciertos tipos de jarales es la dificultad que tienen para progresar a etapas más avanzadas de la sucesión forestal y para erradicarse, en caso de necesidad.

5. Planificación de la repoblación

Las jaras no tienen raíces muy profundas por lo que no son precisos métodos de preparación del suelo muy intensos. Dada su buena capacidad para crecer en vivero, se aconseja la plantación de brinzales de una savia. Las épocas ideales de plantación son el otoño en lugares de inviernos suaves (caso de la mayoría de las jaras), o en la primavera temprana en áreas con inviernos largos (caso de *C. laurifolius*). Se sugiere que estas especies deben ser utilizadas como acompañantes de otras principales, como encinas, alcornoques, quejigos o diferentes especies de pinos, lo que obligará a adaptarse a los marcos diseñados para éstas. En estos casos, las densidades deben ser bajas, de alrededor de 300-350 pies ha⁻¹.

Tampoco hay datos sobre la influencia del empleo de tubos protectores sobre las jaras. No obstante, dado el carácter heliófilo de las mismas y la baja depredación que sufren las plantas, se desaconseja, en principio, su uso. No hay estudios sobre la necesidad de controlar la competencia de otras plantas al establecerse las jaras. No obstante, debido a los



Figuras 4 a, b, c y d. Brinzales de *Cistus albidus*, *C. ladanifer*, *C. laurifolius* y *C. monspeliensis* cultivados en contenedor. Todas las plantas son de una savia, excepto la de *C. laurifolius*, que es de dos savias (de izquierda a derecha y de arriba a abajo) (Fotos: CNRGF El Serranillo).

suelos oligotróficos y a la xericidad de los lugares donde podrían instalarse las jaras, es previsible poca competencia con otras plantas. A pesar de lo anterior, en caso de elevada competencia herbácea el uso de herbicidas o rozas estarían indicados. Las jaras tampoco requieren podas o fertilización en campo.

Respecto a las marras, que no suelen ser excesivas, se recomienda reponerlas tras el primer verano. Los riegos de establecimiento durante los meses más duros se han contemplado en alguna de las experiencias realizadas (Fig. 5) (hasta 20 l m⁻² en los meses de verano), con buenos resultados, aunque es una especie con suficientes mecanismos para afrontar las condiciones de xericidad de los veranos mediterráneos. En ensayos realizados en terrenos bien drenados en plantaciones sin riego estival ni tubos protectores, la supervivencia se ha mantenido después del primer año por encima del 65%.



Figura 5. Ejemplares de *Cistus albidus* en una plantación experimental con riego por goteo (Foto: L.F. Benito).

6. Bibliografía

- BASKIN C., BASKIN A., 1998. Seeds: Ecology, biogeography and evolution of dormancy and germination. Ed. Academia Press, USA.
- 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.

- BUSTAN A., VENTURA Y., KAGAN-ZUR V., ROTH-BEJERANO N., 2006. Optimized conditions for mycorrhiza formation between the pink rockrose (*Cistus incanus*) and the black Perigord truffle (*Tuber melanosporum*). *Isr. J. Plant Sci.* 54, 87-96.
- DELGADO J.A., SERRANO J.M., LOPEZ F., ACOSTA F.J., 2001. Heat shock, mass-dependent germination, and seed yield as related components of fitness in *Cistus ladanifer*. *Environ. Exp. Bot.* 46, 11-20.
- DELGADO J.A., SERRANO J.M., LÓPEZ F., ACOSTA F.J., 2008. Seed size and seed germination in the Mediterranean fire-prone shrub *Cistus ladanifer*. *Plant Ecol.* 197, 269-276.
- ESCRIBÁ BAEZA M.C., ARREGUI J.M., LAGUNA E., 2007. Germinación de *C. heterophyllus* Desf. subsp. *carthaginensis* (Pau) M.B. Crespo & Mateo, taxón gravemente amenazado en la Comunidad Valenciana. *Lazaroa* 28, 101-107.
- 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.
- GARCÍA-MONTERO L.G., PASCUAL C., GARCÍA-ABRIL A., GARCÍA-CAÑETE J., 2007. Problems of using rockroses in *Tuber melanosporum* culture: soil and truffle harvest associated with *Cistus laurifolius*. *Agrofor. Syst.* 70, 251-258.
- HERRERA J., 1992. Flower variation and breeding systems in the *Cistaceae*. *Plant Syst. Evol.* 179, 245-255.
- HERRERO C., SAN MARTIN R., BRAVO F., 2007. Effect of heat and ash treatments on germination of *Pinus pinaster* and *Cistus laurifolius*. *J. Arid Environ.* 70, 540-548.
- HONRUBIA M. (coord.), 2009. Memoria final del Convenio de Colaboración entre la Administración General del Estado - Ministerio de Medio Ambiente (Dirección General para la Biodiversidad) y la Universidad de Murcia, para la aplicación de la simbiosis ectomicorrícica a la restauración y valorización medio ambiental: *Lactarius deliciosus* Fr.; *Boletus edulis* Bull. ex Fr., y *Tuber melanosporum* Vitt. Informe inédito.
- IRIONDO J.M., MORENO C., PÉREZ C., 1995. Micropropagation of 6 Rockrose (*Cistus*) species. *Hort. Sci.* 30, 1080-1081.
- JUBANY-MARÍ T., MUNNÉ-BOSCH S., LÓPEZ-CARBONELL M., ALEGRE L., 2009. Hydrogen peroxide is involved in the acclimation of the Mediterranean shrub, *Cistus albidus* L., to summer drought. *J. Exp. Bot.* 60, 107-120.
- LÓPEZ GONZÁLEZ G., 1982. La guía INCAFO de los árboles y arbustos de la Península Ibérica. Ed. INCAFO, Madrid.
- MILLS D., 2009. Effect of sucrose application, minerals, and irradiance on the *in vitro* growth of *Cistus incanus* seedlings and plantlets. *Biol. Plantarum* 53, 415-421.
- MUNNÉ-BOSCH S., JUBANY-MARÍ T., ALEGRE L., 2003. Enhanced photo- and antioxidative protection, and hydrogen peroxide accumulation in drought-stressed *Cistus clusii* and *Cistus albidus* plants. *Tree Physiol.* 23, 1-12.
- MUÑOZ GARMENDIA F., NAVARRO C., 1995. *Cistus* spp. En: Flora iberica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares. Vol III. *Plumbaginaceae* (partim)-*Capparaceae*. (Castroviejo S., Aedo C., Cirujano S., Laínz M., Montserrat P., Morales R., Muñoz Garmendia F., Navarro C., Paiva J., Soriano C., eds.). Real Jardín Botánico, Madrid. pp. 320-332.
- 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.109-124.
- NÚÑEZ-OLIVERA E., MARTÍNEZ-ABAIGAR J., ESCUDERO J.C., 1996. Adaptability of leaves of *Cistus ladanifer* to widely varying environmental conditions. *Funct. Ecol.* 10, 636-646.
- OLMEZ Z., GOKTURK A., TEMEL F., 2007. Effects of some pretreatments on seed germination of nine different drought-tolerant shrubs. *Seed Sci. Technol.* 35, 75-87.

- ORIA DE RUEDA J.A., MARTÍN-PINTO P., OLAIZOLA J., 2008. Bolete productivity of Cistaceous scrublands in northwestern Spain. *Econ. Bot.* 62, 323-330.
- PAPAFIOTOU M., TRIANDAPHYLLOU N., CHRONOPOULOS J., 2000. Studies on propagation of species of the xerophytic vegetation of Greece with potential floricultural use. *Acta Hort.* 54, 269-272.
- PIOTTO B., DI NOI A. (eds.), 2001. Propagazione per seme di alberi e arbusti della flora mediterranea. ANPA, Roma.
- REYES O., TRABAUD L., 2009. Germination behaviour of 14 Mediterranean species in relation to fire factors: smoke and heat. *Plant Ecol.* 202, 113-121.
- RUIZ DE LA TORRE J., 2006. Flora Mayor. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Dirección General para la Biodiversidad, Madrid. pp. 431-437.
- RUTA C., MORONE-FORTUNATO I., 2010. *In vitro* propagation of *Cistus clusii* Dunal, an endangered plant in Italy. *In Vitro Cell. Dev. Biol.-Plant* 46, 172-179.
- SÁNCHEZ-BLANCO M.J., RODRÍGUEZ P., MORALES M.A., ORTUÑO M.F., TORRECILLAS A., 2002. Comparative growth and water relations of *Cistus albidus* and *Cistus monspeliensis* plants during water deficit conditions and recovery. *Plant Sci.* 162, 107-113.
- TALAVERA S., GIBBS P.E., HERRERA J., 1992. Reproductive biology of *Cistus ladanifer* (Cistaceae) *Plant Syst. Evol.* 179, 245-255.
- THANOS C.A., GEORGHIU K., 1988. Ecophysiology of fire-stimulated seed germination in *Cistus incanus* ssp. *creticus* (L.) Heywood and *C. salvifolius* L. *Plant Cell Environ.* 11, 841-849.
- TILKI F., 2008. Seed germination of *Cistus creticus* L. and *Cistus laurifolius* L. as influenced by dry-heat, soaking in distilled water and gibberellic acid. *J. Environ. Biol.* 29, 193-195.
- TORRECILLAS A., RODRÍGUEZ P., SÁNCHEZ-BLANCO M.J., 2003. Comparison of growth, leaf water relations and gas exchange of *Cistus albidus* and *C. monspeliensis* plants irrigated with water of different NaCl salinity levels. *Sci. Hort.* 97, 353-368.
- VENTURA Y., MILLS D., KAGAN-ZUR V., ROTH-BEJERANO N., BUSTAN A., 2006. Mycorrhized Ri-transformed roots facilitate *in vitro* inoculation of *Cistus incanus* with *Tuber melanosporum*. *Pl. Cell Tissue Organ Cult.* 85, 53-61.

Colutea spp.

Espantalobos, espantazorras, garbancillo, sonajas; *cat.*: espantallops

Antonio Dámaso DEL CAMPO GARCÍA, María Aránzazu PRADA SÁEZ

1. Descripción

1.1. Morfología

El espantalobos es un arbusto o arbolillo caducifolio de corteza grisácea, hasta de 4 m de altura, ocasionalmente 5 m. Tiene una raíz pivotante muy robusta y raíces secundarias también muy desarrolladas (Cornelini *et al.*, 2008). La ramificación es abundante en la parte superior, con ramas que presentan costillas longitudinales y médula hueca. Los tallos jóvenes y las hojas están cubiertos de finos pelos de color blanco. Las hojas son compuestas, imparipinnadas, con 2 a 6 (7) pares de folíolos más un folíolo terminal. Son de color verde más claro en el envés, con un pequeño mucrón en el ápice.

El tratamiento taxonómico de este género en Europa y España presenta ciertas discordancias, según la obra especializada que se consulte, debido a la escasa variación morfológica observada en este ámbito geográfico. En general, se considera el indumento del ovario como rasgo de diagnóstico principal (Fig. 1), que responde a una distribución geográfica más o menos definida y que hace suponer una componente genética en su expresión; sin embargo, se puede encontrar ejemplares con rasgos intermedios cuya existencia es explicada por la aparición de híbridos interespecíficos (Talavera y Arista, 1998) o de formas de transición entre razas geográficas (López González, 2001).

1.2. Biología reproductiva

El espantalobos alcanza la madurez sexual cuando llega a tener una altura de 1,8 a 4,5 m (Pijut, 2008). Las flores son papilionadas y se reúnen en racimos, en número de 3 a 8. El cáliz es acampanado y la corola, de color amarillo, presenta el estandarte con dos callosidades orladas de bandas oscuras en la parte inferior. El androceo tiene 9 estambres soldados y uno libre mucho más robusto que los demás. El ovario es estipitado, glabro o seríceo parcial o totalmente. El estilo está acodado en la base y se resuelve en forma de gancho en el ápice, en cuyo interior se encuentra el estigma.

La floración puede tener lugar en un amplio período, entre marzo y julio (Talavera y Arista, 1999), a veces incluso más tarde (López González, 2001). La polinización es realizada por insectos, que favorecen la fecundación cruzada. En polinizaciones artificiales efectuadas en *C. hispanica* se ha observado que también es posible la autofecundación, hecho que representa una ventaja adaptativa en esta especie, en la que es común el aislamiento genético por la disposición espacial de los pies de manera dispersa (Rabasa *et al.*, 2009).

Las legumbres del espantalobos son grandes, infladas a modo de vejiga, de 40-70 x 20-38 mm, membranoso-papiráceas, con venas marcadas, largamente estipitadas (Fig. 2). Estas

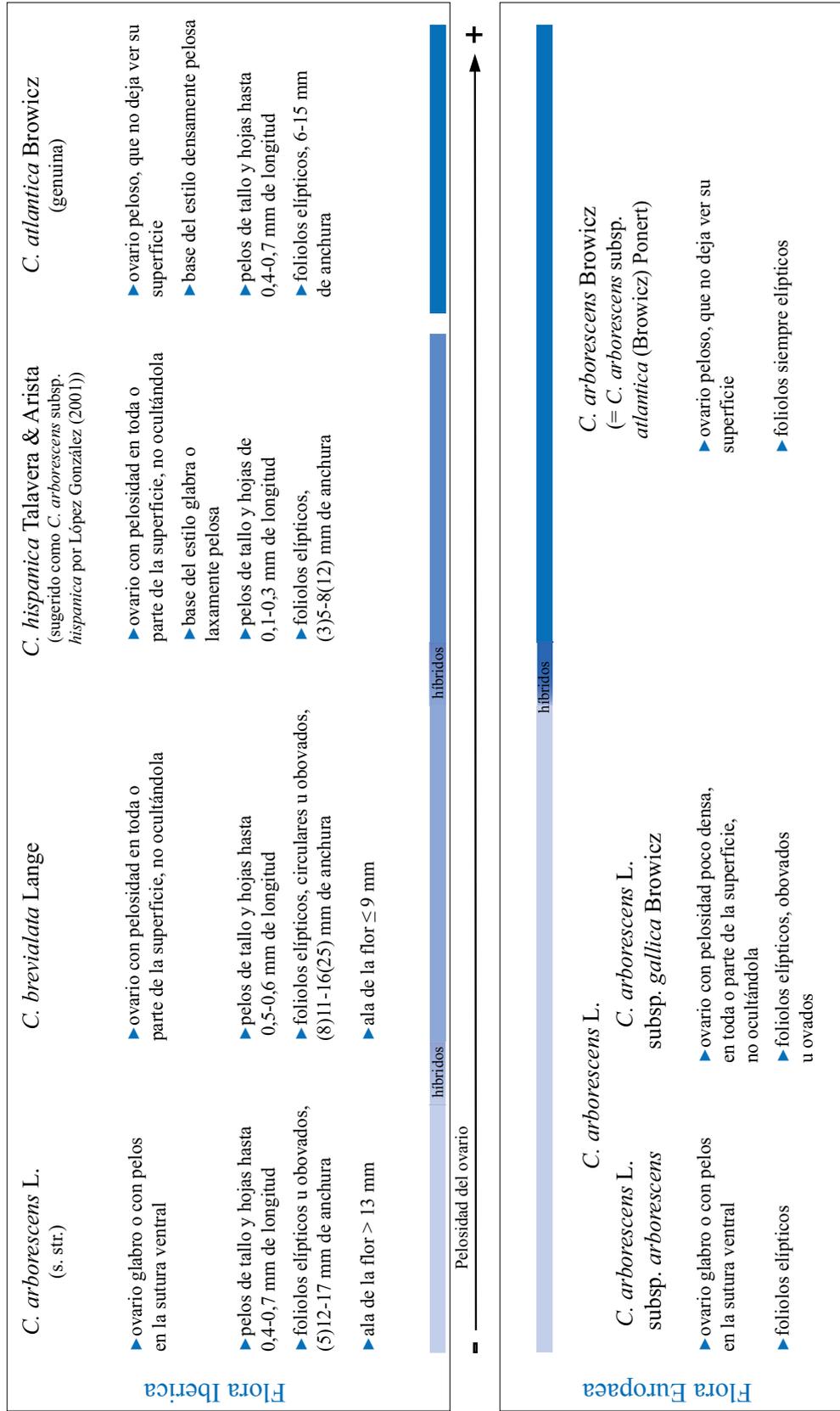


Figura 1. Tratamiento taxonómico del espantalobos y rasgos de diagnóstico según Flora Europaea (Browicz, 1968) y Flora iberica (Talavera y Arista, 1999), con información complementaria de Talavera y Arista (1998) y López González (2001).

legumbres, al madurar, pueden liberar por el ápice una gran cantidad de semillas. Éstas son reniformes, aplastadas, lisas, de 3 a 4,5 mm y de color pardo (Browicz, 1968; López González, 2001) (Fig. 3). La maduración de los frutos se produce normalmente en verano, entre junio y agosto, pudiendo permanecer los frutos en la planta durante un tiempo. La fructificación suele ser abundante (Catalán, 1991). Sin embargo, el ataque de larvas de insectos a flores y frutos es muy significativo y se observa hasta un 40% de semillas infestadas (Piotto y Di Noi, 2001) o la pérdida de prácticamente toda la cosecha (Rabasa *et al.*, 2009), variando enormemente el grado de afección de un año a otro.



Figura 2. Frutos de *Colutea hispanica*
(Foto: L. Serra).



Figura 3. Semillas de *Colutea arborescens*.

1.3. Distribución y ecología

Colutea arborescens subsp. *arborescens* es el taxón más extendido en Europa, alcanzando el este de España en Cataluña, puntos del norte de Aragón y de la Comunidad Valenciana y Cuenca. *Colutea arborescens* subsp. *atlantica* se encuentra en África y ampliamente distribuida en el este, centro y sur de España (*C. hispanica* Talavera & Arista sería endémica de nuestro territorio). *Colutea arborescens* subsp. *gallica* se distribuye desde Austria y la antigua Yugoslavia hasta la Península Ibérica. Los ejemplares españoles, asignados a *C. breviaolata* por Talavera y Arista (1999), se encuentran en el norte, este, centro y sudeste de España, solapándose parte de su territorio con el del taxón típico.

El espantalobos muestra una gran amplitud ecológica, creciendo en climas atlánticos y mediterráneos, desde sublitorales a continentales, aunque prefiere los submediterráneos y los subxéricos atlánticos. En España se encuentra desde 100 m hasta 1.700 m de altitud, en laderas y valles de montañas bajas a medias, altiplanos o parameras. Prefiere los sustratos calizos con todo tipo de perfiles, desde suelos maduros hasta pedregales, roquedos, gleras y karsts.

Esta especie participa de manera eficaz en el ciclo de nutrientes y contribuye a la actividad biológica de los suelos en ambientes semiáridos (Alegre *et al.*, 2004). *C. arborescens* establece relaciones con *rhizobia* específicos del taxón (Ruiz Díez *et al.*, 2009), no mostrándose compatible con bacterias simbiotes de algunas otras leguminosas (González Andrés *et al.*, 2005). Su preferencia por los suelos básicos también se refleja en la tolerancia de su bacteria simbiote a pH extremos (de 7 a 9), que asimismo tolera sin

problemas cierto grado de salinidad y concentraciones moderadas de cadmio (Ruiz Díez *et al.*, 2009). Se distribuye generalmente como pies aislados o pequeños grupos dispersos en bosques caducifolios, subesclerófilos y esclerófilos (López González, 2001; Ruiz de la Torre, 2006).

2. Materiales forestales de reproducción

2.1. Marco normativo. Identificación de los materiales de reproducción

La existencia de variación morfológica dentro de la especie a escala regional, que puede hacer suponer cierta diferenciación genética de las poblaciones a nivel intraespecífico, es suficiente motivo para ser cautos a la hora del movimiento de los materiales forestales de reproducción. En este contexto, por un principio de precaución, se recomienda emplear materiales recolectados en poblaciones naturales de la misma procedencia que la zona en la que se va a efectuar la repoblación. Para ello, puede emplearse, como orientación, divisiones del territorio establecidas teniendo en cuenta criterios biogeográficos, como las regiones de identificación de materiales forestales de reproducción delimitadas por García del Barrio *et al.* (2001).

El género *Colutea* se encuentra incluido en la categoría “De interés especial” en el Catálogo Regional de Especies Amenazadas de Castilla-La Mancha (D. 200/2001). Igual consideración tienen en la Región de Murcia (D. 50/2003) los taxones descritos por Talavera y Arista como *C. breviaolata* y *C. hispanica*, por lo que su aprovechamiento en terrenos particulares está sometido a autorización administrativa previa.

2.2. Técnicas de manejo y propagación

2.2.1. Semillas

La recolección de las semillas del espantalobos se efectúa a partir de finales de agosto o principios de septiembre. Ésta se realiza manualmente desde el suelo, ayudándose de pértigas con ganchos si fuera necesario. Los frutos se extienden en un lugar seco y con buena aireación, para facilitar su secado. Posteriormente se rompen las legumbres mediante frotado o trillado y las semillas se separan de las impurezas por cribado y aventado.

Las semillas del espantalobos se tratan como cualquier semilla ortodoxa, esto es: deshidratación por debajo del 8% de contenido de humedad y envasado al vacío a temperatura constante de 4 °C; en estas condiciones las semillas pueden permanecer viables durante varios años. Se han realizado pruebas de crioconservación de semillas de esta especie sin pérdidas de viabilidad significativas (Iriando *et al.*, 1992; González Benito *et al.*, 1994). Conviene realizar una inspección con el fin de asegurar la ausencia de insectos antes de envasar los lotes; eventualmente, puede efectuarse un tratamiento con insecticida (Catalán, 1991).

Las semillas del espantalobos presentan letargo producido por su cubierta impermeable. El método más sencillo para eliminar esta limitación consiste en sumergir las semillas en agua, inicialmente a 80 °C, que se deja enfriar posteriormente, manteniéndolas sumergidas

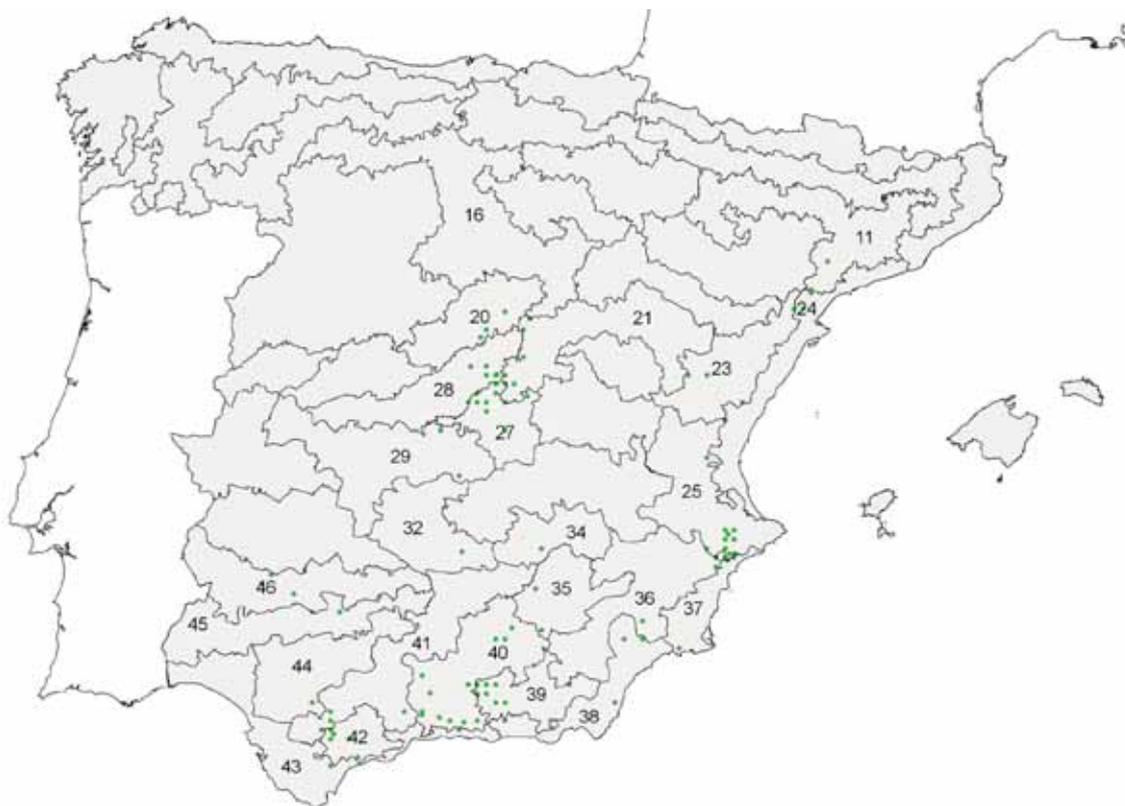


Figura 4. Distribución de *Colutea* spp. y Regiones de Identificación de sus materiales forestales de reproducción (Fuente: Anthos).

las siguientes 24 h (Allué Andrade, 1983). También se puede realizar un escarificado mecánico o un tratamiento con ácido sulfúrico concentrado durante un tiempo variable entre 30 y 60 minutos, en función del lote (Mac Cárthaigh y Spethmann, 2000; Bacchetta *et al.*, 2008).

En ambiente controlado, las condiciones que se aplican varían según autores: Piotto y Di Noi (2001) recomiendan una temperatura constante de 20 °C, mientras que Rudolf (1974) indica una alternancia de temperaturas y luz (30 °C con luz y 20 °C en oscuridad).

La siembra se hace en primavera con semillas previamente tratadas. Las semillas germinan entre la primera y la segunda semana (Catalán, 2001), aunque pueden tardar algunas semanas más (Mac Cárthaigh y Spethmann, 2000; Piotto y Di Noi, 2001). También se puede sembrar en otoño con semillas sin tratar (Young y Young, 1992).

Las semillas del espantalobo tienen germinación epigea. Sus plántulas presentan el hipocótilo delgado, de color pardo-rojizo, los cotiledones elíptico-ovados y las hojas primordiales trifoliadas. Los brinzales pueden presentar cierto retorcimiento o un hábito postrado durante el primer año (Ruiz de la Torre, 1996).

Tabla 1. Datos característicos de lotes de semillas de *Colutea arborescens*.

Rendimiento semilla/fruto (% en peso)	Pureza (%)	Facultad germinativa (%)	Nº semillas kg ⁻¹	Referencia
			23.000-34.000-55.000	Rudolf (1974)
		28-70	96.000	Allué Andrade (1983)
35-50	90-95	70-80	76.600-84.600-90.700	Catalán (1991)
			96.000	Ruiz de la Torre (1996)
	100	6	15.000-19.000	Navarro-Cerrillo y Gálvez (2001)
		70-80	55.000-85.000-96.000	Piotto y Di Noi (2001)
8,5-48,5	96-100	71-99	51.300-78.900	Banc de Llavors Forestals (Anexo II)
25-45	95-98	65-90	50.000-85.000	CNRGF <i>El Serranillo</i> (Anexo III)

2.2.2. Vegetativa

De Andrés *et al.* (1999) han obtenido buenos resultados en la propagación vegetativa de *C. arborescens* empleando estaquillas basales lignificadas, con un tratamiento de 200 ppm de AIB. Mac Cárthaigh y Spethmann (2000) sugieren el empleo de estaquillas basales, pero recolectadas a mediados de verano, con la aplicación de una solución de AIB al 0,5%. El trasplante de las estaquillas enraizadas es muy delicado debido a la delgadez y fragilidad de las raíces que emiten; por ello, se recomienda efectuar el estaquillado directamente en contenedores (Pijut, 2008). El estaquillado debe efectuarse en ambiente controlado, con alta humedad ambiental.

3. Producción de plantas

La producción de esta especie en viveros forestales puede considerarse anecdótica, en correspondencia con su baja demanda para su uso en forestaciones. La siembra con semillas tratadas puede hacerse a principios de primavera, emergiendo las plántulas aproximadamente a las dos semanas (Pijut, 2008). Conviene colocar dos o tres semillas por alveolo, para garantizar la plena ocupación de las bandejas. En ocasiones se comercializan plantas sin deshermanar, es decir, con varios individuos por alveolo. No se han realizado estudios sobre el impacto de esta práctica en la calidad de las plantas (Fig. 4).

El espantalobos tiene un desarrollo relativamente rápido, que permite obtener plantas viables de 20-60 cm en un período vegetativo (Martínez-Sánchez *et al.*, 2008). Su producción se realiza en envases de volumen medio o medio-alto (250-350 cm³), ya que las plantas desarrollan un abundante sistema radical fibroso con raíces gruesas, dando lugar a un cepellón consistente al cabo de unos meses de cultivo. Es una especie que presenta un desarrollo heterogéneo, de forma que es frecuente obtener cierta disparidad de tallas entre individuos (del Campo y Segura, 2009 b) y, por lo tanto, es buena medida seleccionar y clasificar el producto al final de su cultivo.

Se recomienda utilizar un sustrato que tenga una buena porosidad de aireación (12-20%), para favorecer el desarrollo radical que demanda la especie, además de las especificaciones

generales para la producción de plantas forestales (Landis *et al.*, 1990). Los componentes más empleados son mezclas de turbas rubia y negra, fibra de coco y corteza de pino compostada. En las mezclas se suele añadir perlita o vermiculita al 5-10%.

No existen referencias específicas sobre los cuidados culturales (riegos, fertilización, control fitosanitario) que requieren las plantas de espantalobos, por lo que su aplicación debe hacerse de acuerdo con las pautas generales de producción de plantas forestales (Landis *et al.*, 1989; South y Enebak, 2006). Tampoco existen especificaciones de calidad de las plantas de espantalobos. Las mediciones realizadas en lotes comerciales destinados a repoblación (del Campo y Segura, 2009 a y b) permiten ofrecer unos rangos aproximados para los principales atributos morfológicos (Tabla 2).



Figura 5. Planta de una savia de *Colutea arborescens* cultivada en alveolo de 300 cm³ (Foto: CNRGF El Serranillo).

Tabla 2. Valores de atributos morfológicos de brinzales de *Colutea arborescens*.

Edad	Altura (cm)	Diámetro del cuello de la raíz (mm)	Esbeltez (cm mm ⁻¹)
1 savia	24-42	2,8-3,9	6-12

4. Uso en repoblaciones y restauraciones

El uso actual del espantalobos es minoritario, si se exceptúan las plantaciones destinadas a uso forrajero en sistemas silvopastorales, como complemento de la dieta del ganado, particularmente en verano (Papachristou *et al.*, 1999; Papanastasi *et al.*, 2008). Sin embargo, este taxón también resulta muy interesante en reforestaciones por su resistencia a la sequía, su buena tasa de crecimiento y su capacidad de mejorar la fertilidad del suelo. Por ello, el taxón es considerado actualmente en algunos programas de forestación de tierras agrarias y en repoblación forestal (Morote *et al.*, 2001; del Campo *et al.*, 2009 b).

En relación con su uso en forestaciones, se emplea tanto en repoblaciones convencionales como en acciones de enriquecimiento bajo cubierta. La respuesta del espantalobos al establecimiento es variable, según las condiciones de plantación y de estación (Morote *et al.*, 2001). Los resultados obtenidos en diferentes trabajos (García-Camarero *et al.*, 1998; Morote *et al.*, 2001; Muzzi y Fabbri, 2007; del Campo y Segura, 2009 a y b) permiten clasificarla como de comportamiento medio en relación con su establecimiento, con tasas de mortalidad que van desde el 85% en los casos más desfavorables (suelos muy arcillosos en restauración de canteras), hasta el 20-40% en condiciones de plantación más idóneas.

El espantalobos está considerado como de crecimiento rápido, con incrementos importantes tanto en biomasa como en altura, pudiendo superar los 100 cm en los primeros años de plantación (Papanastasis *et al.*, 1997 y 1998; García-Camarero *et al.*, 1998; Morote *et al.*, 2001; del Campo y Segura, 2009 a y b).

5. Planificación de la repoblación

Se recomienda preparar intensamente el terreno, pues de lo contrario el espantalobos puede sufrir grandes mortalidades (Morote *et al.*, 2001). Así, son preferibles las preparaciones mecanizadas, como subsolados (simples y cruzados) y ahoyados con retroaraña, sobre todo en condiciones de estación adversas. En plantaciones de enriquecimiento, se emplean minirretroexcavadoras para posibilitar la movilidad en el interior de la masa. En este último caso, es conveniente abrir suficientemente la masa, de modo que las condiciones lumínicas mejoren el establecimiento de la especie, ya que la competencia del pinar merma el crecimiento de las plantas (Morote *et al.*, 2001; del Campo y Segura, 2009 a y b).

La técnica de establecimiento más empleada es la plantación manual, preparando hoyos de 40 x 40 x 40 cm, si bien se han hecho ensayos con siembra (Carreras y Sánchez, 2001; Carreras, 2006) con un éxito bajo, aunque muy variable (0 a 50% de supervivencia) en función de la profundidad de siembra, del tratamiento de las semillas o del grado de protección a las mismas. Así, trabajando en la zona semiárida almeriense, estos autores recomiendan siembras profundas (15 cm) de semillas tratadas con agua caliente (80 °C) y con tubo protector de 32 cm enterrado hasta la mitad. El espantalobos puede presentar actividad radical a finales del invierno (del Campo y Segura, 2009 b) y ello obliga a finalizar las plantaciones en esa época.

De forma natural, el espantalobos aparece salpicado en forma de pies dispersos, sin dar lugar a rodales, por lo que puede buscarse este patrón en el diseño de la forestación. Las densidades totales de la repoblación pueden oscilar desde los 800-1.100 pies ha⁻¹ en repoblaciones convencionales hasta los 400-600 pies ha⁻¹ en enriquecimientos bajo cubierta. En ambos casos, el porcentaje de participación del espantalobos suele ser bajo (menor del 5%). En plantaciones con fines forrajeros la participación de la especie es más importante, aunque las densidades suelen ser menores a las de una repoblación forestal convencional, en torno a los 100-200 pies ha⁻¹, dado su carácter silvopastoral (Papanastasi *et al.*, 2008).

La fertilización en la etapa de establecimiento no parece recomendable, ya que puede producir mermas en la supervivencia, especialmente durante el primer año, en el que el

efecto salino del producto añadido es más pronunciado (de Andrés *et al.*, 2007). Estos autores registraron hasta un 50% más de mortalidad en las plantas tratadas con lodos compostados, aunque las plantas que sobrevivieron tuvieron mayor altura que las plantas control.

El espantalobos es muy palatable y es ramoneada frecuentemente por todo tipo de herbívoros (Muzzi y Fabbri, 2007). Por ello, conviene emplear sistemas de protección que sean efectivos al menos los tres primeros años tras la plantación; con posterioridad, las plantas pueden recuperarse bien del ramoneo (Papanastasi *et al.*, 1998).

El empleo de tubos protectores puede ser beneficioso para ayudar a guiar las plantas en sus primeros años, ya que tienen tendencia a inclinarse, para protegerlas del ataque de lagomorfos y para generar condiciones microclimáticas favorables. No obstante, en plantaciones bajo cubierta se ha observado una ligera disminución de la supervivencia (del Campo y Segura, 2009 b) al emplear tubos protectores, posiblemente debido al doble efecto de sombreo. Por ello, dado que se trata de una especie heliófila, se recomienda que los tubos empleados sean bastante claros. El uso de hidrogeles no ha mejorado la supervivencia de las plantas de espantalobos en ensayos sobre suelos de texturas francas, franco-arenosas y franco arcillosas (Carreras y Sánchez, 2001).



Figura 6. Ejemplar de *Colutea arborescens* tras cuatro años en campo, en terrenos antiguamente ocupados por edificaciones (Guadalajara) (Foto: J.L. Nicolás).

6. Bibliografía

- ALEGRE J., ALONSO-BLÁZQUEZ N., DE ANDRÉS E.F., TENORIO J.L., AYERBE L., 2004. Revegetation and reclamation of soils using wild leguminous shrubs in cold semiarid Mediterranean conditions: Litterfall and carbon and nitrogen returns under two aridity regimes. *Plant Soil* 263, 203-212.
- ALLUÉ ANDRADE J.L., 1983. Morfología, clases, atributos, dificultades y tratamientos en la producción y germinación de las semillas de *Colutea arborescens* L. *Anal. Inst. Nac. Invest. Agr. Ser. For.* 7, 129-154.
- 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].
- BACCHETTA G., BUENO SÁNCHEZ A., FENU G., JIMÉNEZ-ALFARO B., MATTANA E., PIOTTO B., VIREVAIRE M. (eds.), 2008. Conservación *ex situ* de plantas silvestres. Anexo Digital (I). Principado de Asturias / La Caixa, Oviedo.
- BROWICZ K., 1968. *Colutea* L. En: *Flora Europaea*, Vol 2 (Tutin T.G., Heywood V.H., Burges N.A., Moore D.M., Valentine D.H., Walters S.M., Webb D.A., eds.). Cambridge University Press, Cambridge. pp. 107-108.
- CARRERAS C., 2006. Diversificación estructural de masas forestales artificiales. Resultados de ensayos en Andalucía Oriental. *Invest. Agr.: Sist. Recur. For. Fuera de serie*, 103-110.
- CARRERAS C., SÁNCHEZ J., 2001. Resultados de repoblación con especies de matorral en Vélez-Rubio (Almería). En: *Actas del III Congreso Forestal Español*. Mesa 3. (Junta de Andalucía, ed.). Granada. pp. 626-632. Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- CATALÁN G., 1991. Semillas de árboles y arbustos forestales. Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid. pp. 178-179.
- 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.
- DE ANDRÉS E.F., ALEGRE J., TENORIO J.L., MANZANARES M., SÁNCHEZ F.J., AYERBE L., 1999. Vegetative propagation of *Colutea arborescens* L., a multipurpose leguminous shrub of semiarid climates. *Agrofor. Syst.* 46, 113-121.
- DE ANDRÉS F., WALTER I., TENORIO J.L., 2007. Revegetation of abandoned agricultural land amended with biosolids. *Sci. Total Environ.* 378, 81-83.
- DEL CAMPO A., SEGURA G., 2009 a. Definición de protocolos para el control de calidad de planta y puesta en obra de la misma. Informe 2009. Universidad Politécnica de Valencia y Consellería de Medio Ambiente, Agua, Urbanismo y Vivienda, GVA. Inédito.
- DEL CAMPO A., SEGURA G., 2009 b. Seguimiento integral de reforestaciones en los montes V3009, V40, V41, V42 y V59. Informe final. Universidad Politécnica de Valencia y Consellería de Medio Ambiente, Agua, Urbanismo y Vivienda, GVA. Inédito.
- GARCÍA-CAMARERO J., MARTÍ C.M., LÓPEZ-GARCÍA D., SANCHIS E., INGELMO F., 1998. Morfología y desarrollo de diez especies mediterráneas resistentes a la sequía y de uso pascícola, ornamental y aromático. En: *Actas del III Congreso de la Sociedad Española de Agricultura Ecológica-SEAE: una alternativa para el mundo rural del tercer milenio*. SEAE, Valencia. pp. 343-356.
- 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 ANDRÉS F., ALEGRE J., CERESUELA J.L., 2005. The rhizobia nodulating shrubs for revegetation of arid lands: Isolation of native strains and specificity of the plant-rhizobia interaction by cross inoculation tests. *Arid Land Res. Manage.* 19, 307-326.
- GONZÁLEZ BENITO M.E., CAZE-FIHLLO J., PÉREZ C., 1994. Cryopreservation of seeds of several legume species. *Plant Varieties Seeds* 7, 23-27.

- IRIONDO J.M., PÉREZ C., PÉREZ GARCÍA F., 1992. Effect of seed storage in liquid nitrogen on germination of several crop and wild species. *Seed Sci. Technol.* 20, 165-171.
- LANDIS T.D., TINUS R.W., MCDONALD S.E., BARNETT J.P., 1989. Seedling nutrition and irrigation. The container tree nursery manual. Vol 4. United States Department of Agriculture, Forest Service, Agriculture Handbook 674, Washington.
- LANDIS T.D., TINUS R.W., MCDONALD S.E., BARNETT J.P., 1990. Seedling nutrition and irrigation. The container tree nursery manual. Vol 2. United States Department of Agriculture, Forest Service, Agriculture Handbook 674, Washington.
- LÓPEZ GONZÁLEZ G.A., 2001. Los árboles y arbustos de la Península Ibérica e Islas Baleares. Tomo II. Ed. Mundi-Prensa, Madrid. pp. 1022-1024.
- MAC CÁRTHAIGH D., SPETHMANN W., 2000. Krüssmanns Gehölzvermehrung. Parey Buchverlag, Berlin.
- MARTÍNEZ SÁNCHEZ J.J., FRANCO LEEMHUIS J.A., VICENTE COLOMER M.J., MUÑOZ MUÑOZ M., BAÑÓN ARIAS S., CONESA GALLEGO E., FERNÁNDEZ HERNÁNDEZ J.A., VALDÉS ILLÁN R., OCHOA REGO J., MIRALLES CRESPO J., AGUADO LÓPEZ M., ESTEVA PASCUAL J., LÓPEZ MARÍN J., AZNAR MORELL L., 2008. Especies silvestres mediterráneas con valor ornamental: Selección, producción viverística y utilización en jardinería. Servicio de Protección y Conservación de la Naturaleza. Dirección General de Patrimonio Natural y Biodiversidad. Consejería de Agricultura y Agua. Región de Murcia. Serie técnica nº 7.
- MOROTE A., OROZCO E., JORDÁN E., LÓPEZ F., HERRANZ J.M., MARTÍNEZ J.J., 2001. Evaluación mediante parámetros morfobiométricos de ocho especies autóctonas de matorral empleadas en la forestación de terrenos agrícolas en la Mancha. En: Actas del III Congreso Forestal Español. Mesa 3. (Junta de Andalucía, ed.). Granada. pp. 619-625. Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- MUZZI E., FABBRI T., 2007. Revegetation of mineral clay soils: shrub and tree species compared. *Land Degrad. Dev.* 18, 441-451
- 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. 126-128.
- PAPACHRISTOU T.G., PLATIS P.D., PAPANASTASIS V.P., TSIIOUVARAS C.N., 1999. Use of deciduous woody species as a diet supplement for goats grazing Mediterranean shrublands during the dry season. *Anim. Feed Sci. Technol.* 80, 267-279.
- PAPANASTASIS V.P., PLATIS P.D., DINI-PAPANASTASIS O., 1997. Productivity of deciduous woody species and fodder species in relation to air temperature and precipitation in a Mediterranean environment. *Agrofor. Syst.* 37, 187-198.
- PAPANASTASIS V.P., PLATIS P.D., DINI-PAPANASTASIS O., 1998. Effects of age and frequency of cutting on productivity of Mediterranean deciduous fodder tree and shrub plantations. *For. Ecol. Manage.* 110, 283-292.
- PAPANASTASIS V.P., YIAKOULAKI M.D., DECANDIA M., DINI-PAPANASTASIS O., 2008. Integrating woody species into livestock feeding in the Mediterranean areas of Europe. *Review. Anim. Feed Sci. Technol.* 140, 1-17.
- PIJUT P.M., 2008. *Colutea* 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. 426-427.
- PIOTTO B., DI NOI A. (eds.), 2001. Propagazione per seme di alberi e arbusti della flora mediterranea. ANPA, Roma.
- RABASA S., GUTIÉRREZ D., ESCUDERO A., 2009. Breeding system of the Iberian endemic shrub *Colutea hispanica* (*Leguminosae*). *Anal. Jard. Bot. Madrid* 66, 279-284.
- RUDOLF P.O., 1974. *Colutea arborescens* L., bladder-senna. En: Seeds of woody plants in the United States and Canada (Schopmeyer C.S., coord.). Macmillan, New York.

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. 1099-1104.

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.

SOUTH D.B., ENEBAK S.A., 2006. Integrated pest management practices in southern pine nurseries. New For. 31, 1-19.

TALAVERA S., ARISTA M., 1998. Notas sobre el género *Colutea* (*Leguminosae*) en España. Anal. Jard. Bot. Madrid 56, 410-416.

TALAVERA S., ARISTA M., 1999. *Colutea*. En: Flora iberica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares. Vol VII(I) *Leguminosae* (partim). (Talavera S., Aedo C., Castroviejo S., Romero Zarco C., Sáez L., Salgueiro F.J., Velayos M., eds.). Real Jardín Botánico, Madrid. pp. 274-270.

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

Coronilla juncea L.

Coletuy, coronilla; *cat.*: ginestera

Francisco M. PADILLA RUIZ, María Aránzazu PRADA SÁEZ, Francisco I. PUGNAIRE DE IRAOLA

1. Descripción

1.1. Morfología

Coronilla juncea es una leguminosa que se desarrolla como un arbusto de poca envergadura (0,5-1,8 m de altura, raramente más debido a la acción de los animales) y de color glauco. Presenta los tallos verdes de aspecto junciforme, con largos entrenudos huecos, de tal manera que se pueden comprimir con cierta facilidad. Las hojas son algo carnosas, caedizas, con raquis aplanado y con 2 a 3 pares de folíolos. Las estípulas, de aspecto membranoso, están libres entre sí (García Martín y Talavera, 2000; López González, 2001).

1.2. Biología reproductiva

Las flores de la coronilla son hermafroditas y despiden un agradable aroma que atrae a los insectos, que actúan como vectores del polen. Las vistosas flores amarillas se agrupan en número de 5 a 11 en inflorescencias umbeliformes largamente pedunculadas; tienen el cáliz campanulado, con dientes muy cortos y la corola papilionada. Las plantas florecen entre marzo y junio (Arroyo 1990; García Martín y Talavera, 2000).

Las legumbres son rectas, péndulas, de 12 a 55 mm de longitud, articuladas en 3 a 11 segmentos que se separan con facilidad, cada uno de ellos con una semilla. La maduración de los frutos ocurre en los meses de junio y julio y pueden permanecer en la planta sin abrirse durante un tiempo. Las semillas son ovoideas, de color pardo, de aproximadamente 1,2 x 2,4 mm (García Martín y Talavera, 2000). Su dispersión es barócora y anemócora.



Figura 1. Flores y frutos inmaduros de *Coronilla juncea* (Foto: L. Serra).



Figura 2. Semillas de *Coronilla juncea*.

1.3. Distribución y ecología

Esta especie tiene su distribución en áreas mediterráneas de Europa, desde España hasta la antigua Yugoslavia, y en África en Marruecos, Argelia y Túnez. En España se encuentra en el centro, este y sur, y en las islas de Mallorca y Menorca.

Coronilla juncea prospera en matorrales secos y soleados hasta los 800 m de altitud, no tolerando las heladas frecuentes. Crece en todo tipo de sustratos, sobre todo en los calizos, pudiendo encontrarse también en suelos yesosos y en suelos con presencia moderada de sal (Ruiz de la Torre, 2006). Esta coronilla se mezcla en matorrales de talla media con un gran número de especies (labiadas, genístas, cistáceas, etc.); en ocasiones puede agregarse formando pequeños rodales monoespecíficos (Ruiz de la Torre, 1996).

2. Materiales forestales de reproducción

2.1. Marco normativo. Identificación de los materiales de reproducción

Coronilla juncea no está incluida en normativas que puedan afectar a la recolección de sus materiales de reproducción o limitar su utilización. 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. Como orientación puede emplearse la división territorial establecida por García del Barrio *et*



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

al. (2001) en las denominadas Regiones de identificación y utilización de materiales forestales de reproducción.

2.2. Técnicas de manejo y propagación

2.2.1. Semillas

La recolección de las legumbres se efectúa en su madurez a principios del verano, entre los meses de junio y julio. Se cosechan manualmente por ordeño, se someten a secado y se desarticulan los segmentos. Las semillas pueden ser conservadas en estos artejos (Bacchetta *et al.*, 2008) o ser extraídas de los mismos mediante trillado, eliminando posteriormente las impurezas por cribado y aventado. Si las semillas se mantienen en sus artejos es necesario eliminarlos antes de la siembra. Las semillas de las coronillas son diminutas, por lo que su manipulación es difícil. Pueden guardarse sin problemas con un contenido de humedad próximo al 5%, en envases herméticos y ambiente frío (4 °C).

Como en otras leguminosas, las semillas de esta especie deben ser tratadas para reducir la impermeabilidad de su cubierta. Se puede efectuar un escarificado mecánico (González Melero *et al.*, 1997; García *et al.*, 1998; Castro y Romero-García, 2003) o químico, con ácido sulfúrico concentrado (Ruiz de la Torre, 1996) durante unos 15 minutos. La inmersión en agua a 80 °C, que se deja posteriormente enfriar, manteniendo las semillas sumergidas durante 24 h, también es un método aceptado, particularmente por su seguridad y facilidad (Ruiz de la Torre, 1996; González-Melero *et al.*, 1997; García *et al.*, 1998), pero puede ser menos efectivo. Piotto y Di Noi (2001) sugieren que, en algunos casos, puede resultar útil efectuar una estratificación en frío con posterioridad a la escarificación. Aunque se recomiendan estos tratamientos previos a la siembra, cabe mencionar que Merlo Calvente *et al.* (1994-1995) han obtenido muy altos porcentajes de germinación en un lote de semillas sin tratar.

Conviene sumergir las semillas en agua antes de su siembra. Las semillas de las coronillas, una vez tratadas, germinan sin dificultad en cámara controlada a una temperatura constante de 20 °C. Las plántulas de *C. juncea* son glaucas, con cotiledones con forma de espátula de extremo truncado (Ruiz de la Torre, 1996).

Tabla 1. Datos característicos de lotes de semillas de *Coronilla juncea*.

Rendimiento semilla/fruto (% en peso)	Pureza (%)	Facultad germinativa (%)	Nº semillas kg ⁻¹	Referencia
		50	227.000	Ruiz de la Torre (1996)
40	96	94-98	120.000	Navarro-Cerrillo y Gálvez (2001)
	92-99	77-98	200.100-299.000	Banc de Llavors Forestals (Anexo II)

2.2.2. Vegetativa

Según Mac Cárthaigh y Spethmann (2000), la multiplicación de las coronillas mediante estaquillado es sencilla, ya que no requiere la aplicación de hormonas. Las estaquillas

deben ser semileñosas, recolectadas entre junio y julio, y establecerse en ambiente con temperatura y humedad controladas para su enraizamiento. Estos autores también afirman la posibilidad de multiplicar este género mediante propágulos de rebrotes de raíz.

3. Producción de plantas

El cultivo en vivero de *C. juncea* es relativamente reciente y su principal destino es la restauración de áreas críticas con fuertes limitaciones para el establecimiento de otras especies (Navarro-Cerrillo y Gálvez, 2001).

La siembra se puede realizar en bandejas de germinación o en contenedores forestales. En este último caso se aconseja la colocación de 3 semillas por envase (Ruiz de la Torre, 1996). Las características de esta especie permiten el cultivo en envases forestales de 200-300 cm³, con un tamaño final de 7-15 cm de altura (Navarro-Cerrillo y Gálvez, 2001).

No obstante, es mejor emplear envases forestales de mayor volumen, que permitan un desarrollo radical superior. Las plantas producidas en vivero arraigan fácilmente en campo; sin embargo, se recomienda plantarlas en otoño, para aprovechar las lluvias de esta estación (Ruiz de la Torre, 1996) (Fig. 4).



Figura 4. Brinjal de una savia de *Coronilla juncea* antes de plantarse en campo (Foto: F. Padilla).

4. Uso en repoblaciones y restauraciones

Debido a su capacidad para sobrevivir en zonas con fuertes sequías y elevadas intensidades de luz (Valladares *et al.*, 2003), se considera que esta especie es un elemento muy interesante para la restauración de zonas degradadas en climas áridos, donde otras no pueden sobrevivir (Ruiz de la Torre, 1996, Padilla *et al.*, 2009). La coronilla se puede emplear también para diversificar las repoblaciones forestales del género *Pinus* (Ruiz de la Torre, 1996; Carreras, 2006).

Asimismo, presenta interés protector frente a la erosión y degradación del suelo. La parte aérea proporciona una buena cubierta y su potente sistema radical contribuye de forma significativa a la sujeción del suelo (Ruiz de la Torre, 1996). Además, es una leguminosa fijadora de nitrógeno, lo que le permite tener un alto contenido de este elemento en sus tejidos. La acumulación de hojarasca al pie de las plantas puede contribuir a mejorar la fertilidad del suelo.

Es una especie de crecimiento medio, sobre todo en los primeros años. Se estima una longevidad algo superior a los 20 años (Ruiz de la Torre, 1996). Se ha constatado su floración (Padilla *et al.*, 2009) y regeneración natural (Carreras, 2006) en las inmediaciones de las áreas de siembra o plantación a los pocos años de su instalación, por lo que debe considerarse de interés como fuente de propágulos (Fig. 5). También es apropiada en zonas de matorral donde se quiera mejorar el pasto. Sus hojas y tallos verdes son apreciados por el ganado caprino y ovino, lo cual le confiere un importante valor pascícola (Ruiz de la Torre, 1996; González Andrés y Ceresuela, 1998; Le Houérou, 2001; Robles *et al.*, 2002; Robles *et al.*, 2008).

5. Planificación de la repoblación

El establecimiento de *C. juncea* se puede hacer por siembra, hidrosiembra o plantación. Se recomiendan los surquillos manuales practicados con azada como lugar de siembra (Ruiz de la Torre, 1996).

Es una especie de fácil asentamiento y enraizamiento con cepellón (Ruiz de la Torre, 1996). A pesar de las condiciones tan limitantes de los sitios donde se ha experimentado, su establecimiento ha sido aceptable, sobre todo si se considera que no se han aplicado técnicas complejas de instalación. Su supervivencia, tras tres años en campo, alcanzó el 40% en parcelas montañosas del este de la provincia de Almería, en individuos que simplemente habían estado protegidos por ramas y follaje de matorrales y que habían sido plantados en hoyos realizados mecánicamente con ahoyadora. La supervivencia de la especie aumentó hasta el 60-80% en los plántones que habían recibido riegos de establecimiento en los dos primeros veranos (Padilla *et al.*, 2009).

Dado el carácter heliófilo de esta especie, el empleo de protectores de plantas que proporcionen demasiada sombra al brinjal, como los tubos invernadero, pueden ser perjudiciales. Las plantas pueden ser atacadas por pequeños mamíferos, especialmente conejos, que suelen ocasionar grandes daños; para disminuir su acción es conveniente tomar medidas como el descaste y la colocación de ramaje en el suelo, que efectúan una protección lateral (Ruiz de la Torre, 1996). Probablemente los protectores del tipo rejilla o el empleo de brozas y ramas de matorrales sea lo más recomendable para preservar las plantas jóvenes frente a los herbívoros.

Padilla *et al.* (2009) obtuvieron buenos resultados con plantas de una savia; sin embargo, hay autores que recomiendan plantas de dos o incluso tres savias (Ruiz de la Torre, 1996). La época más favorable para su implantación en campo es el otoño.



Figura 5. Brinzal de una savia de *Coronilla juncea* floreciendo en la primera primavera tras su plantación en campo (Foto: F. Padilla).

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].
- ARROYO J., 1990. Ritmos climáticos y de floración en matorrales del SW de España. *Lagascalía* 16, 25-50.
- BACCHETTA G., BUENO SÁNCHEZ A., FENU G., JIMÉNEZ-ALFARO B., MATTANA E., PIOTTO B., VIREVAIRE M. (eds.), 2008. Conservación *ex situ* de plantas silvestres. Anexo Digital (I). Principado de Asturias / La Caixa, Oviedo.
- CARRERAS C., 2006. Diversificación estructural de masas forestales artificiales. Resultados de ensayos en Andalucía Oriental. *Invest. Agr.: Sist. Recur. For. Fuera de serie*, 103-110.
- CASTRO J., ROMERO-GARCÍA A.T., 2003. Tratamientos promotores de la germinación en tres especies autóctonas del matorral del SE ibérico. *Monografías de Flora y Vegetación Béticas* 13, 111-116.
- GARCÍA M.L., SCHWARZER H., CUETO M., PÉREZ PARRA J., GUIRADO J., MOLINAA., PALLARÉS A., 1998. Plantas autóctonas del sureste mediterráneo. Producción intensiva con fines ornamentales y paisajísticos. Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía, Sevilla.
- 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.
- GARCÍA MARTÍN F., TALAVERA S., 2000. *Coronilla* L. En: Flora iberica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares. Vol VII(I) *Leguminosae* (partim). (Talavera S., Aedo C., Castroviejo S., Romero Zarco C., Sáez L., Salgueiro F.J., Velayos M., eds.). Real Jardín Botánico, Madrid. pp. 881-891.

- GONZÁLEZ ANDRÉS F., CERESUELA J.L., 1998. Chemical composition of some Iberian Mediterranean leguminous shrubs potentially useful for forage in seasonally dry areas. *New Zealand J. Agric. Res.* 41, 139-147.
- GONZÁLEZ MELERO J.A., PÉREZ GARCÍA F., MARTÍNEZ LABORDE J.B., 1997. Effect of temperature, scarification and gibberellic acid on the seed germination of three shrubby species of *Coronilla* L. (*Leguminosae*). *Seed Sci. Technol.* 25, 167-175.
- LE HOUÉROU H.N., 2001. Unconventional forage legumes for rehabilitation of arid and semiarid lands in world isoclimatic Mediterranean zones. *Arid Soil Res. Rehabil.* 15, 185-202.
- LÓPEZ GONZÁLEZ G.A., 2001. Los árboles y arbustos de la Península Ibérica e Islas Baleares. Tomo II. Ed. Mundi-Prensa, Madrid. pp. 1043-1045.
- MAC CÁRTHAIGH D., SPETHMANN W., 2000. Krüssmanns Gehölzvermehrung. Parey Buchverlag, Berlin.
- MERLO CALVENTE M.E., ALEMÁN OCHOTORENA M., MÁRQUEZ MADRID M.M., 1994-1995. Germinación de diez leguminosas silvestres de zonas semiáridas. *Boletín del Instituto de Estudios Almerienses. Ciencias* 13, 219-235.
- 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. 129-131.
- PADILLA F.M., ORTEGA R., SÁNCHEZ J., PUGNAIRE F.I., 2009. Re-thinking species selection for the restoration of arid environments. *Basic Appl. Ecol.* 10, 640-647.
- PIOTTO B., DI NOI A. (eds.), 2001. Propagazione per seme di alberi e arbusti della flora mediterranea. ANPA, Roma.
- ROBLES A.B., ALLEGRETTI L.I., PASSERA C.B., 2002. *Coronilla juncea* is both a nutritive fodder shrubs and useful in the rehabilitation of abandoned Mediterranean marginal farmland. *J. Arid Environ.* 50, 381-392.
- ROBLES A.B., RUIZ-MIRAZO J., RAMOS M.E., GONZÁLEZ REBOLLAR J.L., 2008. Role of livestock grazing in sustainable use, naturalness promotion in naturalization of marginal ecosystems of Southeastern Spain (Andalusia). En: *Agroforestry in Europe. Current status and future prospects* (Rigueiro Rodríguez A., McAdam J., Mosquera Losada M.R., eds.). *Adv. Agrofor.* 6, 211-231.
- RUIZ DE LA TORRE J. (dir.), 1996. Manual de la flora para la restauración de áreas críticas y diversificación en masas forestales. Ed. Junta de Andalucía, Consejería de Medio Ambiente, Sevilla.
- RUIZ DE LA TORRE J., 2006. Flora Mayor. Organismo Autónomo Parques Nacionales, Dirección General para la Biodiversidad, Madrid. pp. 1119-1121.
- VALLADARES F., HERNÁNDEZ L.G., DOBARRO I., GARCÍA PÉREZ C., SANZ R., PUGNAIRE F.I., 2003. The ratio of leaf to total photosynthetic area influences shade survival and plastic response to light of green-stemmed leguminous shrub seedlings. *Ann. Bot.* 91, 577-584.

Corylus avellana L.

Avellano, nochizo, ablano (Asturias), avellanero; *cat.*: avellaner, aurán (valle de Arán); *eusk.*: hurritza, urritza; *gall.*: avellaneiro

Mercè ROVIRA CAMBRA, Neus ALETÀ SOLER

1. Descripción

La aparición del género *Corylus* se remonta a la era terciaria. En el Mioceno existían dos tipos bien diferenciados de avellano: uno de hoja estrecha (*Corylus insignis* Herr) y el otro de hoja ancha (*Corylus Mac-Quarry* Herr); este último es el ancestro del actual avellano común *Corylus avellana* L., especie que se extendió ampliamente en Europa en el período que transcurre entre los 5.000 y los 500 años A.C. (Germain y Sarraquigne, 2004). El área de expansión natural del género *Corylus* corresponde a las regiones templadas del hemisferio norte donde se distribuyen las 20 especies actualmente descritas. Las más conocidas incluyen cinco especies arbustivas: *C. avellana* L., *C. americana* Marshall, *C. cornuta* Marshall, *C. heterophylla* Fischer y *C. sieboldiana* Blume; y cuatro arbóreas, *C. colurna* L., *C. jacquemontii* Decaisne, *C. chinensis* Franchet y *C. ferox* Wallich (Mehlenbacher, 1991) (Tabla 1).

Tabla 1. Distribución geográfica de algunas de las principales especies del género *Corylus* (Germain y Sarraquigne, 2004).

Especie	Área de distribución
<i>C. avellana</i>	Europa, Asia Menor, Cáucaso, Urales
<i>C. maxima</i> , <i>C. colurna</i> ⁽¹⁾	Zona de los Balcanes, Asia Menor, Himalaya
<i>C. chinensis</i> , <i>C. tibetica</i> , <i>C. ferox</i>	China Central, Nepal, Sikkim
<i>C. heterophylla</i> , <i>C. sieboldiana</i>	Extremo Oriente
<i>C. americana</i> , <i>C. cornuta</i>	América del Norte

⁽¹⁾ Mayoritariamente en el Himalaya

C. colurna destaca por su crecimiento piramidal, por alcanzar alturas de hasta 30 m y, además, por ser una especie no rebrotadora. Actualmente en España, patrones híbridos de *C. colurna* x *C. avellana* (Lagerstedt, 1981 a) están siendo utilizados en las nuevas explotaciones como propuesta para subsanar uno de los principales problemas de las plantaciones frutales de avellano como es la eliminación de los rebrotes (Tous *et al.*, 2009). Desde el punto de vista forestal, *C. colurna* y *C. chinensis* son las especies de mayor interés (Lagerstedt, 1975). Concretamente, *C. chinensis* produce madera de grano fino, utilizada para muebles, herramientas, contrachapa e, incluso, en la construcción de edificios (Mehlenbacher, 1991). En el norte de España, Cantabria y Asturias, donde *C. avellana* se encuentra en forma silvestre, su madera se ha venido empleando en la confección de aperos agrícolas, cebillas para el ganado, cestos, etc. (de Sebastián Palomares, 2008; Ferreira *et al.*, 2010 a). Todas las especies de *Corylus* son diploides

($2n=22$) aunque se han hallado individuos triploides (33 cromosomas) o aneuploides (23 cromosomas) dentro de la especie *Corylus avellana*.

1.1. Morfología

Corylus avellana es un arbusto que puede tener entre 8 y 10 m de altura. Tiene un crecimiento simpódico con una marcada dominancia apical pero sus brotes son muy flexibles, lo que aminora el riesgo de roturas de ramas. Su corteza es casi lisa, de color pardo-rojizo o grisáceo, con lentejuelas alargadas de color blanco. Es una especie caducifolia, de hojas rugosas y anchas, con la nervadura bien marcada y el contorno redondeado, acorazonadas en la base y estrechas en una punta, con el ápice más o menos alargado, de borde irregular doblemente aserrado y con un pecíolo bien desarrollado, entre 6 y 15 mm. El color verde es más intenso en el haz y son algo pilosas, al menos en las nervaduras, por el envés. Estípulas romas, prontamente caducas. El sistema radical del avellano se caracteriza por su poca profundidad, la mayor parte de las raíces se encuentran entre 40-50 cm, pero ocupa un diámetro de aproximadamente el doble del de la copa. Los rebrotes que se desarrollan de yemas adventicias de las raíces o de la base de los tallos dan lugar a su característica estructura y forma arbustiva.

1.2. Biología reproductiva

El avellano es una especie monoica, de flores unisexuadas y de polinización anemófila. La floración se produce en invierno, desde finales de diciembre (materiales precoces) hasta mediados de marzo (materiales tardíos). La polinización tiene lugar durante un período en el que las condiciones climáticas son poco favorables al desarrollo biológico de este delicado proceso. Sin embargo, la gran superficie receptiva de los estigmas (Romisondo, 1965), la abundancia de polen y la resistencia de los órganos florales al frío, son algunas de las características de la especie que permiten asegurar un buen grado de polinización. Suele presentarse un desfase entre la floración masculina y la femenina (dicogamia), que puede ser de algunos días o incluso de semanas. En general, el período de receptividad de los estigmas es más largo que el de la emisión de polen. La mayor o menor amplitud de los períodos de floración está estrechamente ligada a las condiciones climáticas, por lo que varían con el año y la estación (Mehlenbacher, 1991; Germain y Sarraquigne, 2004).

Las flores se agrupan en inflorescencias sobre madera de un año. Las femeninas forman un glomérulo (o yema) constituido, normalmente, por 8 flores femeninas. Este glomérulo se distingue de las yemas vegetativas por ser más globoso. Las yemas femeninas pueden estar aisladas o agrupadas, a su vez, en dos, tres o más en la base del pedúnculo de los amentos (Germain, 1994). La flor femenina posee un gineceo bicarpelar y dos estilos que se unen por la base en el punto donde existe el esbozo del ovario, que se formará sólo después de producirse la polinización (Mussano *et al.*, 1983). En cada flor habrá un solo ovario, bilocular y de placentación axil. En la floración emergen los estigmas de un rojo intenso. La flor en este estado es receptiva durante mucho tiempo, aproximadamente un mes, con un óptimo a los 15 días después del inicio de la floración (Germain y Sarraquigne, 2004).

Las flores masculinas forman inflorescencias péndulas, llamadas amentos. Cada amento está constituido por 130-280 flores. Estas flores producen una cantidad ingente de polen,

muy ligero y fácilmente transportable a grandes distancias por el viento. Las flores tienen una notable resistencia al frío, las femeninas soportan temperaturas de $-13\text{ }^{\circ}\text{C}$ y las masculinas de $-16\text{ }^{\circ}\text{C}$, cuando están en desarrollo, y $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$ en plena floración. Con este nivel de resistencia a las heladas es poco probable que en las habituales zonas de expansión de la especie la capacidad polinizadora del avellano se vea afectada (Tasias, 1975). La mayoría de especies de *Corylus* son autoincompatibles (Erdogan y Mehlenbacher, 2001). El avellano común presenta una incompatibilidad del tipo esporofítico, es decir, el rechazo del polen incompatible se produce a nivel del estigma, éste no puede germinar o no puede elongar su tubo polínico (Romisondo, 1978; Germain *et al.*, 1981). Este fenómeno se regula por un gen “S” de incompatibilidad, cada genotipo posee dos alelos que lo caracterizan (Thompson, 1979 a). Hasta el momento, se han identificado 30 alelos de este gen. Un grano de polen sólo germinará si su alelo “S” no coincide con ninguno de los dos existentes en el individuo femenino (Romisondo, 1965; Thompson, 1979 b; Germain *et al.*, 1981; Mehlenbacher y Thompson, 1988; Rovira, 1989; Mehlenbacher, 1997). Solamente una pequeña proporción de los granos de polen que caen en el estigma llegarán a la base del estilo después de la germinación, empleando de 4 a 10 días. La velocidad de progresión de los tubos polínicos varía en función de las condiciones climáticas. Cuando llegan a la base del estilo los tubos polínicos paran de crecer, esperando el momento de la fecundación del óvulo. En las flores polinizadas se observa un crecimiento del ovario de marzo a finales de abril, según los materiales, causado por la formación de los óvulos, generalmente 2, pero pueden ser 4, que evolucionan lentamente hasta la formación de la nucela y el micropilo. Una vez que las temperaturas son propicias para que se retome el proceso que culminará en la fecundación, la megaspora más interna se transforma en un saco embrionario desarrollado y los tubos polínicos, que han estado en fase de reposo en el ápice del ovario durante unos 4 meses, reinician su crecimiento; al cabo de 5-6 días (finales de mayo-principios de junio) se produce la fecundación efectiva, que suele afectar a un solo óvulo (Mehlenbacher, 2006). Posteriormente se forma el embrión y tras un rápido crecimiento del ovario se produce la lignificación de sus paredes. A finales de julio la semilla ya está completamente desarrollada y la cáscara totalmente diferenciada. En agosto-septiembre se observan las núculas maduras. El fruto está protegido por un involucre habitualmente dehiscente a la maduración (Fig. 1). La avellana es una núcula de cáscara generalmente fina, que encierra una semilla comestible muy sabrosa, que llena completamente la cáscara (Fig. 2).



Figura 1. Fruto de *Corylus avellana*
(Foto: IRTA-Mas de Bover).



Figura 2. Semillas de *Corylus avellana*.

Las avellanas presentan tamaños y formas muy variables pudiendo ser redondas, ovaladas, cónicas o alargadas (Fig. 3).

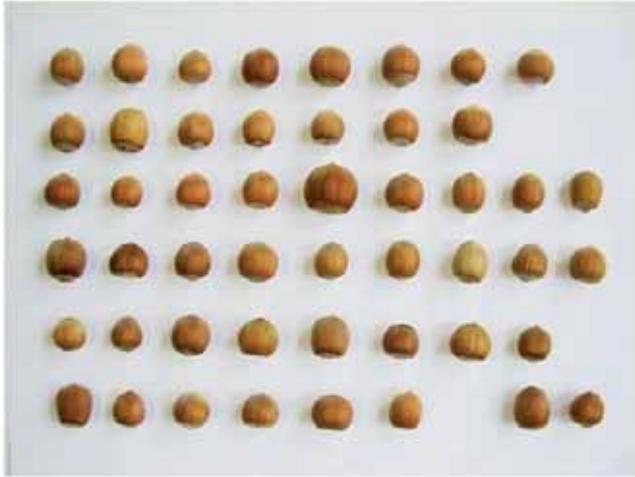


Figura 3. Variabilidad de tamaños y formas de avellanas (Foto: SERIDA).

1.3. Distribución y ecología

La distribución geográfica de la especie se extiende desde la costa mediterránea del norte de África, hasta las Islas Británicas y la península de Escandinavia al norte, llegando hacia el este a los Montes Urales de Rusia, al Cáucaso, Irán y Líbano (Thompson *et al.*, 1996).

El avellano europeo se desarrolla en climas templados. Las temperaturas medias anuales deben oscilar entre 12 y 16 °C, con un mínimo de 700 horas de frío por debajo de 7 °C y temperaturas mínimas invernales no inferiores a -8 °C. Requiere una elevada pluviometría (700 mm) o suficiente riego, principalmente en el período comprendido entre mayo y julio, época en la que coinciden los procesos de la fecundación, la inducción floral y el crecimiento del grano. Se desarrolla bien en suelos francos, es una especie muy sensible a la asfixia radical (Battle *et al.*, 1999). Por otra parte crece bien en suelos con pH de 6-7,8 y contenidos en caliza activa inferiores al 8%, lo que evitará los problemas de clorosis (Tous *et al.*, 2001). Es una especie de polinización anemófila, con un polen muy ligero que viaja fácilmente varios kilómetros, los vientos suaves en la época de floración (enero-febrero) le favorecen; contrariamente, las lluvias y las nieblas prolongadas durante este período perjudicarán a la polinización.

Las principales áreas de distribución natural del avellano en España se sitúan en la cornisa Cantábrica y Cataluña, donde todavía existen masas naturales de esta especie (Fig. 3). Durante los últimos cinco años, fruto de una colaboración del IRTA de Cataluña y del SERIDA de Asturias, se han realizado prospecciones en Asturias y se han localizado materiales muy interesantes por sus características de fruto (Rovira *et al.*, 2008). También se ha puesto de manifiesto la gran diversidad genética existente en España en esta especie. Trabajos con marcadores moleculares muestran que el material asturiano está muy relacionado entre sí, sin embargo, dista de los materiales de otras procedencias nacionales e internacionales (Ferreira *et al.*, 2009 y 2010 b).

2. Materiales forestales de reproducción

2.1. Marco normativo. Identificación de los materiales de reproducción

Como especie de interés forestal no tiene regulada la comercialización de su material de reproducción. Por lo tanto, sólo se encontrará como material no identificado. No obstante, la identificación de la procedencia de sus materiales de reproducción puede basarse en las regiones establecidas por García del Barrio *et al.* (2001) (Fig. 4). Debe garantizarse, en lo posible, que en su uso concuerden las zonas de utilización con las de identificación.

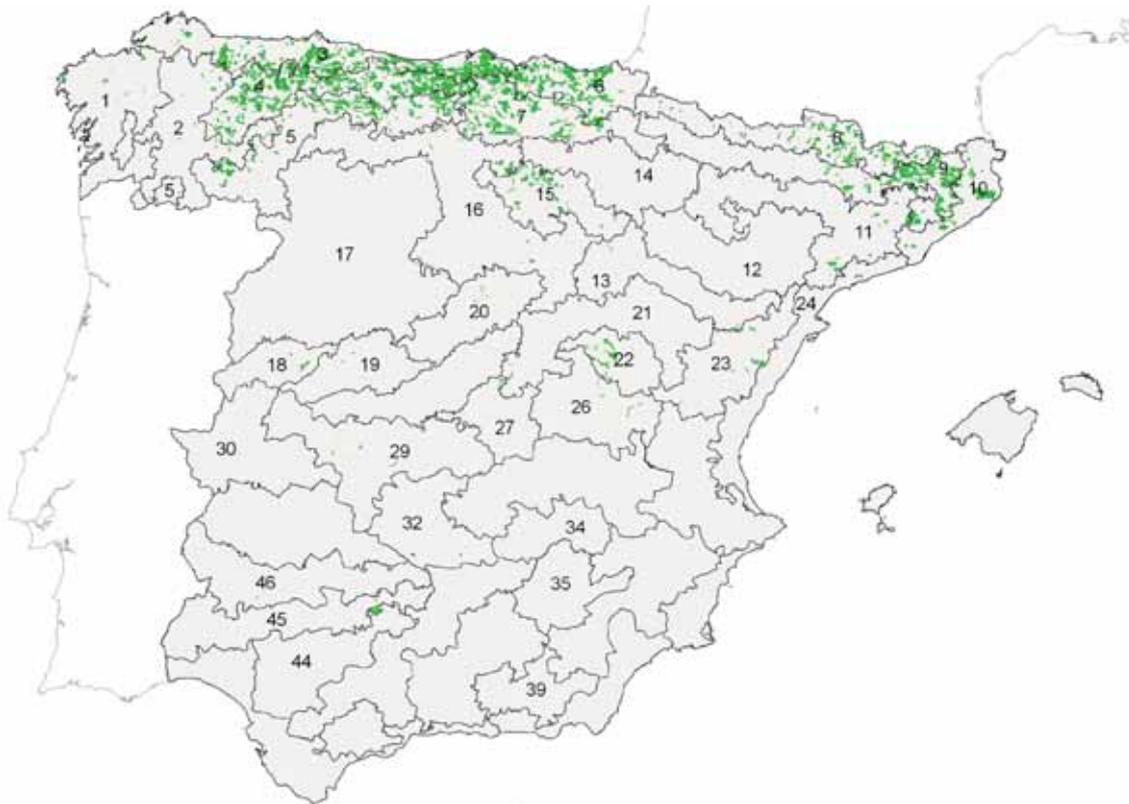


Figura 4. Distribución de *Corylus avellana* y Regiones de Identificación de sus materiales de reproducción (Fuente: Mapa Forestal de España, 1:200.000).

En España existe un importante número de árboles diseminados, más de 150.000 inventariados, principalmente en el Principado de Asturias, País Vasco y Cataluña (MARM, 2009). El avellano se cultiva para su aprovechamiento frutal en Cataluña (13.954 ha), la Comunidad Valenciana (1.096 ha), el País Vasco (134 ha) y Andalucía (115 ha), ocupando una extensión cultivada en España de más de 15.000 ha. En estas plantaciones los materiales utilizados son variedades seleccionadas por su interés productivo y aunque, mayoritariamente, son de origen español también existen algunas variedades foráneas. Para preservar la riqueza genética existente en todo el norte peninsular debe evitarse la introgresión de materiales foráneos en las masas naturales. La utilización de brinzales procedentes de avellanas de plantaciones productivas en reforestaciones se realizará con

cuidado. Se trata de una especie que tiene la consideración “De interés especial” en los Catálogos de especies amenazadas de las CC.AA. de Andalucía (L. 8/2003), Castilla-La Mancha (D. 33/1998), Extremadura (D. 37/2001) y Madrid (D. 18/1992). Además, en la Comunidad Valenciana (D. 70/2009) los avellanares tienen la consideración oficial de “Hábitats protegidos”. En lo que se refiere a la legislación sobre sanidad vegetal, el avellano está incluido en la normativa sobre pasaporte fitosanitario.

2.2. Técnicas de manejo y propagación

2.2.1. Semillas

La recolección se realiza a finales de verano y durante el otoño. Los frutos maduros se recolectan del suelo, debiendo preverse la depredación por roedores y aves. En las plantaciones, los frutos se suelen alinear formando cordones paralelos a las hileras de plantación y se recogen mecánicamente mediante distintos sistemas de aspiración. El acondicionamiento de la semilla se reduce a un secado al sol y retirada del capuchón, eliminándose las semillas vanas por aventado o flotación. La semilla de *C. avellana*, desde el punto de vista de la conservación, tiene un carácter subortodoxo. Es decir, se trata de semillas que admiten mejor la deshidratación que las recalcitrantes y que, conservadas a temperatura no inferior a 0 °C, mantienen su viabilidad durante tiempos más breves (menos de 6 años) que las ortodoxas verdaderas en las mismas condiciones. Su almacenaje debe hacerse en frío, a 2-4 °C, con un contenido de humedad que no debe bajar del 13-15% (Piotto, 1992). La conservación a temperatura ambiente (20 °C) conlleva un rápido descenso del contenido hídrico de las avellanas, que se sitúa por debajo del 10% al cabo de un mes, y una disminución de la viabilidad, hasta valores inferiores al 10% después de dos meses (Normah *et al.*, 1994). Es de señalar la aproximación a la conservación de semillas a largo plazo efectuada mediante la crioconservación de embriones excindidos y deshidratados (Normah *et al.*, 1994; Reed *et al.*, 1994). A tal respecto, cabe citar los resultados obtenidos por González-Benito y Pérez (1994) en sus ensayos con *C. avellana*, quienes tras separar los ejes embrionarios de los cotiledones, desecarlos y almacenarlos en nitrógeno líquido y posteriormente recuperar la planta mediante técnicas de cultivo, alcanzaron tasas de recuperación del 60%.

Las semillas de *C. avellana* presentan una dormición primaria, que Bradbeer (1968) apunta que es debida a inhibidores localizados en la testa y el pericarpio. Dicha latencia, que afecta al 70% de la semilla recolectada, posteriormente, tras 2-3 semanas de conservación en ambiente seco, se extiende en forma de letargo secundario a la totalidad del lote (Piotto, 1992). Dicha dormición puede ser superada mediante estratificación en frío o con tratamientos con ácido giberélico (Tasias, 1975; Germain y Sarraquigne, 2004). La capacidad germinativa de las semillas suele ser alta (Tabla 2). Otras especies de *Corylus*, como *C. colurna*, pueden requerir incluso años para germinar, debido a la dureza de su cáscara (Lagerstedt, 1975). El tratamiento habitual de pregerminación consiste en estratificar en frío y húmedo durante unos 3-4 meses a una temperatura de 2-4 °C, transcurrido este tiempo muchas de las semillas ya empiezan a mostrar su radícula. También se puede optar por sumergir las semillas en una solución de ácido giberélico durante 48 h a una concentración de 100 ppm pero, en este caso, las avellanas habrán sido previamente descascaradas. Las semillas tratadas se siembran en contenedores alveolados

o semilleros, dentro de umbráculos o invernaderos. En estas condiciones los brinzales se mantienen hasta su paso a campo. La germinación es hipogea.

Las reglas ISTA (2011) prescriben, en primera instancia, como condiciones de germinación una temperatura constante de 20 °C o una alternancia térmica de 20-30 °C, según un ciclo de 16 h-8 h. Previamente, para romper la dormición, será preciso retirar el pericarpio y aplicar una estratificación previa durante 2 meses. No obstante, aconsejan la opción de realizar el ensayo colorimétrico al tetrazolio, que permite una estimación rápida y fiable de la viabilidad de las semillas. Por su lado, la Forestry Commission (2010) propone como condiciones térmicas del ensayo convencional, por tratarse de una especie que ha de ser estratificada, la alternancia 3-20 °C.

Tabla 2. Datos característicos de lotes de semillas de *Corylus avellana*.

Rendimiento semilla/fruto (% en peso)	Pureza (%)	Facultad germinativa (%)	Nº semillas kg ⁻¹	Referencia
	100	(80)	900	Aldhous (1972)
		60-70	300-1.200 (800-900)	Piotto (1992)
	95	69	350-800-1.180	Barbour y Brinkman (2008)
		24-70-95	278-436-746	Louro y Pinto (2011)
	98-100	60-70	400-700	CNRGF <i>El Serranillo</i> (Anexo III)
62-100	96-100	(13)	380-840	Vivero Central JCyL (Anexo IV)

2.2.2. Vegetativa

El avellano produce sierpes o hijuelos, siendo éste el sistema de propagación natural de la especie durante muchos años. Sin embargo, su uso en fruticultura ha llevado a desarrollar técnicas que permiten obtener plantones de mayor calidad y más fácilmente identificables; así, el avellano se propaga por corte y recalce, por estaquillas, por injerto o mediante cultivo *in vitro*.

El método de corte y recalce o acodo bajo, se ha desarrollado aprovechando la capacidad de emitir rebrotes del avellano. Consiste en cortar en invierno un plantón, de 2-3 años, bien asentado en el terreno y de buen crecimiento y esperar a que rebrote. Esta planta, futura productora de plantones de avellano, se denomina pie madre. A finales de mayo-principios de junio, los brotes del año se anillan por la base y se aporcan. Es recomendable dejar uno de los rebrotes sin anillar para que actúe de “tira savia”, de no ser así la planta se agota y muere a los pocos años. Durante la primavera y verano, los pies madre aporcados se irán regando y cada hijuelo emitirá raíces en la zona de la herida provocada por la anilla. En diciembre ya se habrá obtenido un material vigoroso, con un buen sistema radical, listo para pasar a plantación (Fig. 5). Este método empezó a ser utilizado en viveros de EE.UU. y Francia en los años 70. Actualmente es también el sistema más utilizado en España (Aletà *et al.*, 1997; Tous y Rovira, 2004).

Distintos esfuerzos se han dirigido a poner a punto sistemas de propagación vegetativa para el avellano, entre ellos el estaquillado. En las pruebas realizadas, aplicando tratamientos a distintas dosis de ácido indolbutírico (AIB), las estaquillas semileñosas son las que han dado mejores resultados (Germain y Sarraquigne, 2004). No obstante, esta técnica no se utiliza a nivel viverístico por su bajo rendimiento.

El avellano no presenta grandes dificultades al injerto. Se han realizado injertos de púa en taller en invierno, aplicando calor localizado a la zona del injerto *hot callussing pipe* (Lagerstedt, 1981 b) o injertos de *chipbudding* en primavera, obteniéndose excelentes niveles de éxito y buenos crecimientos al final de la estación vegetativa. Recientemente, injertos de *chipbudding* realizados a la salida del verano (septiembre), también han proporcionado resultados satisfactorios. La propagación por injerto no ha sido una práctica habitual en los avellanos aunque, actualmente, con la selección de patrones vigorosos y no rebrotantes se está convirtiendo en una necesaria alternativa (Tous *et al.*, 2007 y 2009). La micropropagación es una técnica que ha sido puesta a punto para algunos cultivares de avellano. No obstante, la escasa demanda actual no asegura una mínima rentabilidad por lo que pocos viveristas la utilizan (Rodríguez *et al.*, 2000; Germain y Sarraquigne, 2004).

3. Producción de plantas

La planta de avellano puede producirse en contenedor o a raíz desnuda. La primera suele ser la forma habitual de producción de brinzales para usos forestales, mientras que la segunda es el sistema empleado para conseguir plantones destinados a plantaciones para uso frutal.

Los brinzales de avellano suelen crecer en contenedores, de 300 o 400 cm³ según se les vaya a mantener uno o dos años, o en maceta (Fig. 5). No es aconsejable su plantación si no han alcanzado un desarrollo superior a los 20 cm, lo que con los cuidados adecuados se puede lograr en la primera savia. Las plántulas son sensibles al calor, por lo que debe proporcionarse un sombreado intenso.

Para la obtención de plantones de calidad, con un tamaño mínimo de 60 cm de altura, de un mismo clon/variedad debe recurrirse al sistema de corte y recalce. Es un método eficaz que, en un año, permite obtener planta vigorosa, con buen sistema radical y lista para plantar. Sin embargo, la producción queda siempre condicionada a la disposición de las correspondientes “plantas/pies madre” que no empiezan a dar plantones hasta los 3 años (Aletà *et al.*, 1997). La producción de plantones de calidad es fácil en esta especie; tanto si se producen brinzales como clones, las plantas desarrollan naturalmente un buen sistema radical, muy fasciculado, que en gran medida asegurará el asentamiento y supervivencia a la plantación.

4. Uso en repoblaciones y restauraciones

Los avellanos se cultivan por sus frutos, su madera y también como ornamentales. Actualmente, cinco materiales pertenecientes a la especie *C. avellana* presentan un especial interés ornamental: *C. avellana* var. *contorta*, con ramas muy tortuosas y porte llorón, *C. avellana* var. *pendula*, de porte llorón, *C. avellana* var. *quercifolia* de hojas muy



Figuras 5 a y b. Plantón de *Corylus avellana* obtenido por acodo (izquierda) (Foto: IRTA-Mas de Bover); planta de una savia cultivada en alveolo de 400 cm³ (derecha) (Foto: CNRGF *El Serranillo*).

laciniadas *C. avellana* var. *aurea* de hojas de color amarillo-dorado y *C. avellana* var. *purpurea* de follaje púrpura (Germain y Sarraquigne, 2004).

La actividad repobladora con esta especie en España ha sido mínima hasta el momento. En los últimos años se ha empezado a utilizar en alguna obra pública cuando el entorno intervenido contaba con abundante presencia de este arbusto, en los Pirineos por ejemplo. Su uso se recomienda en la recuperación de la vegetación riparia (MARM, 2011).

Actualmente, se perfila un renovado interés por esta especie para su uso como arbusto acompañante en las nuevas plantaciones de frondosas para producción de madera de calidad. Con su arroje los árboles base de la plantación presentan menos defectos de formación en el tronco. Por su capacidad de producir frutos comestibles se la incluye como una especie de vocación productiva en nuevas plantaciones agroforestales (Becquey, 2005; Aletà *et al.*, 2008).

5. Planificación de la repoblación

Las características de la propia especie permiten lograr un buen sistema radical y asegurar una capacidad de supervivencia alta. El avellano desarrolla raíces muy fasciculadas y superficiales, en los primeros 50 cm del suelo, lo que deberá considerarse en el momento de la preparación del terreno y al combinarlo con otras especies. El avellano no soporta los períodos secos con altas temperaturas sin un soporte hídrico adecuado. Los suelos con baja capacidad de retención del agua no son aconsejables para la especie y ponen, además, en peligro la estabilidad de la plantación si son muy sueltos o arenosos. El avellano tiende

a crear masas por la facilidad de emitir hijuelos y sierpes que le caracteriza. El terreno se cubre rápidamente si el árbol se halla en un hábitat propicio. Como especie acompañante en plantaciones de frondosas se suele colocar a ambos lados del tronco de frondosas, como el cerezo o el nogal, a una distancia de unos 50-75 cm.

En plantaciones agroforestales en las que se persigue la producción de avellanas la distancia a otras especies será de un mínimo de 1,25 m para facilitar la iluminación de la copa productiva del avellano. En estos casos es aconsejable no utilizar brinzales sino clones. Las precauciones a tomar al plantar serán las habituales en una plantación en la que se utilizan plantones a raíz desnuda. Si la plantación de avellanos se realiza en un área donde esta especie esté presente, la polinización estará asegurada; en otros casos no se deberá olvidar incluir los correspondientes polinizadores (Rovira, 1898 y 1999; Rovira y Tous, 1997; Tous y Rovira, 2004).

El uso forestal del avellano corresponde al de una especie secundaria y, por lo tanto, la preparación del terreno estará condicionada a las necesidades de la especie principal. Sólo cuando la plantación tenga finalidades productivas se tendrán en cuenta las exigencias propias de la especie y se gestionará al mismo nivel que una plantación frutícola: preparación del terreno, abonado de fondo, garantías de aporte hídrico, control de la competencia herbácea/arbustiva, eliminación de rebrotes para favorecer la iluminación de la copa y, si fuere necesario, se planificaría el control de plagas y enfermedades (Santos *et al.*, 1997; Germain y Sarraquigne, 2004). En un entorno forestal la producción de avellanas puede verse mermada también por la presencia de pequeños mamíferos y pájaros que se alimentan de frutos secos. Evitar esta depredación suele ser difícil y deberá adaptarse, tanto a los objetivos de la plantación o reforestación, como al entorno.

6. Bibliografía

- ALDHOUS J.R., 1972. Nursery Practice. Forestry Commission Bulletin 43.
- ALETÀ N., NINOT A., PLANA J., 1997. La Producció de plançons. En: El conreu de l'avellaner. Generalitat de Catalunya. pp. 39-45.
- ALETÀ N., VILANOVA A., PIQUÉ M., COELLO J., 2008. Frondoses nobles: materials vegetals i tècniques de maneig per a la producció de fusta de qualitat. XXV Jornades Tècniques Silvícules. Jornada 6. pp. 55-63.
- BECQUEY J., 2005. Évolution des plantations forestières de noyer de France. En: Jornadas Hispano-francesas sobre el nogal: la producción de fruto y de madera. 22 al 25 de noviembre 2005, Poble de Mafumet, Tarragona.
- BARBOUR J., BRINKMAN K.A., 2008. *Corylus*. 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. 434-437.
- BATLLE I., ALETÀ N., CLAVÉ J., NINOT M.A., PLANA J., ROMERO M., ROVIRA M., TOUS J., VARGAS F.J., 1999. Bancos de germoplasma de especies de frutos secos y desecados: avellano, nogal, pistachero y algarrobo. Fruticultura Profesional 104, 6-10.
- BRADBEER J.B., 1968. Studies in seed dormancy. IV The role on endogenous inhibitors and gibberellin in the dormancy and germination of *Corylus avellana* L. seeds. Planta 78, 266-276.
- DE SEBATIÁN PALOMARES J.I., 2008. Frutos secos en Cantabria: la nuez y la avellana. Centro de Investigación y Formación Agrarias, Muriendas, Cantabria.

- ERDOGAN V., MEHLENBACHER S.A., 2001. Incompatibility in wild *Corylus* species. *Acta Hort.* 556, 163-169.
- FERREIRA J.J., GARCIA C., TOUS J., ROVIRA M., 2009. Structure and genetic diversity of local hazelnut collected in Asturias (Northern Spain) revealed by ISSR markers. *Acta Hort.* 845, 163-168.
- FERREIRA J.J., TRABANCO N., PÉREZ-VEGA A., ROVIRA M., 2010 a. Recuperación de variedades tradicionales de avellano asturiano. *Tecnología Agroalimentaria. Boletín informativo del SERIDA* 7, 2-6.
- FERREIRA J.J., GARCÍA C., TOUS J., ROVIRA M., 2010 b. Genetic diversity revealed by morphological traits and ISSR markers in hazelnut germoplasm from northern Spain. *Plant Breed.* 129, 435-441.
- 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]
- GERMAIN E., 1994. The reproduction of hazelnut (*Corylus avellana* L.): a review. *Acta Hort.* 351, 195-209.
- GERMAIN E., SARRAQUIGNE J.P., 2004. Le noisetier. Ctif-INRA-ANPN. París.
- GERMAIN E., LEGLISE P., DELORT F., 1981. Analyse du système d'incompatibilité pollinique observé chez le noisetier (*Corylus avellana* L.). 1^{er}. Colloque sur les Recherches Fruitières, Bordeaux. pp. 197-216.
- GONZÁLEZ-BENITO M.E., PÉREZ C., 1994. Cryopreservation of embryonic axes of two cultivars of hazelnut (*Corylus avellana* L.). *CryoLett.* 15, 41-46.
- ISTA (International Seed Testing Association), 2011. International rules for seed testing. Edition 2011. ISTA, Bassersdorf, Switzerland.
- LAGERSTEDT H., 1975. Filberts. En: *Advances in fruit breeding* (Janick J., Moore J.N., eds.). pp. 456-489.
- LAGERSTEDT H., 1981 a. 'Newberg' and 'Dundee', two new filbert rootstocks. *Proc. Nut Growers Soc. of Oregon, Washington and British Columbia* 78, 94-101.
- LAGERSTEDT H., 1981 b. A new devise for hot-callusing graft unions. *HortScience* 16, 529-530.
- LOURO V., PINTO G., 2011. Sementes, uma ponte entre o passado e o futuro da floresta. *Ministério da Agricultura, Mar, Ambiente e Ordenamento do Território. CENASEF.* pp. 31-38.
- MARM (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino), 2009. Anuario de Estadística Agraria. Secretaría General Técnica. Madrid.
- MARM (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino), 2011. Aguas continentales y zonas asociadas: Recomendaciones para la recuperación de la vegetación de ribera. Disponible en: http://www.mma.es/portal/secciones/acm/aguas_continent_zonas_asoc/dominio_hidraulico/vegetacion_ribera/index.htm. [2, Jun, 2011].
- MEHLENBACHER S.A., 1991. Hazelnuts. En: *Genetic resources of temperate fruit and nut crops* (Moore J.N., Ballington J.R., eds.). *Acta Hort.* 290(XVII), 789-836.
- MEHLENBACHER S.A., 1997. Revised dominance hierarchy for S-alleles in *Corylus avellana* L. *Theor. Appl. Genet.* 94, 360-366.
- MEHLENBACHER S.A., 2006. *Betulaceae. Corylus avellana* hazelnut. En: *The encyclopedia of Fruit & Nuts* (Janick J., Paull R.E., eds.). pp. 161-172.
- MEHLENBACHER S.A., THOMPSON M.M., 1988. Dominance relationships among S-alleles in *Corylus avellana* L. *Theor. Appl. Genet.* 76(5), 669-672.
- MUSSANO L., RADICATTI L., ME G., SACERDOTE S., 1983. Influenza della qualità del polline sulla differenziazione dell'ovario del nocciolo. En: *Atti del Convegno Internazionale sul nocciuolo.* pp. 321-325.
- NORMAH M.N., REED B.M., YU X. 1994. Seed storage and cryoexposure behavior in hazelnut (*Corylus avellana* L. cv. Barcelona). *CryoLett.* 15, 315-322.
- PIOTTO B., 1992. Semi di alberi e arbusti in Italia: come e quando seminarli. Società Agricola e Forestale (Grupo ENCC), Roma.

- REED B.M., NORMAH M.N., YU X., 1994. Stratification is necessary for successful cryopreservation of axes from stored hazelnut. *Cryo-Lett.* 15, 377-384.
- RODRÍGUEZ R., BERROS B., CENTENO L.L., ROVIRA M., RODRÍGUEZ A., RADOJEVIC L., 2000. Applied and basic studies on somatic embryogenesis in hazelnut (*Corylus avellana* L.). En: Somatic embryogenesis in woody plants (Jain S.M., Gupta P.K., Newton R.J., eds.). Kluwer Academic Publishers, Netherlands. Volume 6. pp. 291-359.
- ROMISONDO P., 1965. Alcuni aspetti della biologia florale del nocciuolo cv. 'Tonda Gentile delle Langhe'. *Annali dell'Accademia di Agricoltura di Torino* 107, 243-302.
- ROMISONDO P., 1978. La fertilità del nocciuolo. *Riv. Ortofrutt. Ital.* 62(4), 423-434.
- ROVIRA M., 1989. Fórmulas alélicas de incompatibilidad polínica en el avellano (*Corylus avellana* L.). *Invest. Agr.: Prod. Prot. Veg.* 4(1), 59-65.
- ROVIRA M., 1999. Biología floral y polinización en frutos secos y desecados. *Fruticultura Profesional* 104, 13-20.
- ROVIRA M., TOUS J., 1997. Material vegetal. En: *El conreu de l'avellaner* (Generalitat de Catalunya, ed.), pp. 25-38.
- ROVIRA M., FERREIRA J.J., TOUS J., 2008. Prospección de avellanos (*Corylus avellana* L.) en Asturias. *Fruticultura Profesional* 174, 16-23.
- SANTOS J., SANTACANA J., PLANA J., GIL J., VARGAS F.J., 1997. *El Conreu de l'avellaner* (Generalitat de Catalunya, ed.), pp.140.
- TASIAS J., 1975. El avellano en la provincia de Tarragona. Diputación de Tarragona.
- THOMPSON M.M., 1979 a. Genetics of incompatibility in *Corylus avellana* L. *Theor. Appl. Genet.* 54, 113-116.
- THOMPSON M.M., 1979 b. Incompatibility alleles in *Corylus avellana* L. cultivars. *Theor. Appl. Genet.* 55, 29-33.
- THOMPSON M.M., LAGERSTEDT H., MEHLENBACHER S.A., 1996. Hazelnuts. *Fruit Breeding, Vol.3, Nuts.* (Janick J., Moore J.N., eds.). New York. pp. 125-184.
- TOUS J., ROVIRA M., 2004. Situación y perspectivas Agronómicas del cultivo del avellano. *Vida Rural* 201, 41-45.
- TOUS J., ROVIRA M., ROMERO A., 2001. Avellano. En: *La Horticultura Española* (SECH, ed.), pp. 275-278.
- TOUS J., ROMERO A., ROVIRA M., HERMOSO J.F., 2007. Comportamiento de la variedad de avellano 'Negret', injertada sobre distintos patrones. En: *XI Congreso Nacional de Ciencias Hortícolas* (SECH). Albacete, Abril, 2007.
- TOUS J., ROMERO A., ROVIRA M., HERMOSO F.J., 2009. Performance of 'Negret' hazelnut cultivar grafted on 4 rootstocks in Catalonia (Spain). *Acta Hort.* 845, 89-93.

Crataegus monogyna Jacq.

Espino albar, espino blanco, espino espino albar, espino albar, majoleto (Andalucía); espino bizcobeño (Rioja y Álava); *cat.*: ars; *gall.*: estripo; *eusk.*: elorriozuriya.

Antonio DEL CAMPO GARCÍA, Rafael M^a NAVARRO CERRILLO

1. Descripción

1.1. Morfología

El espino albar es una especie del género *Crataegus*, familia *Rosaceae*, tribu *Crataegeae*. Arbusto o árbol pequeño de hasta 10 m, con tallos glabros, solo pubescentes en las ramas jóvenes. Pierde la hoja en invierno y se ramifica profusamente; tiene el tronco pardo-grisáceo o ceniciento.

Hojas alternas, rómbicas u obovado-cuneadas, pecioladas, más o menos coriáceas, discoloras, con 3-5 lóbulos oblongos, enteros o con algunos dientes en la parte apical. En general pubescentes en el haz, especialmente sobre los nervios y con el envés glabro o laxamente pubescente. Estípulas grandes y foliáceas, frecuentemente con el borde dentado. En las ramas del año, las hojas se disponen directamente en macroblastos y llevan dos estípulas bien visibles, mientras que las ramas más viejas llevan las hojas en braquiblastos (formando pequeñas rosetas), con estípulas menores. Algunos braquiblastos se aguzan y convierten en espinas.

1.2. Biología reproductiva.

Inflorescencias cimosas, terminales o axilares, formando corimbos olorosos de hasta tres flores (Ruiz de la Torre, 2006). Flores pediceladas, de color blanco o blanco-rosadas, olorosas, en ramilletes o corimbos de cuatro a cinco flores con cinco pétalos redondeados generalmente blancos de 0,8 x 0,7 cm. Cáliz de cinco sépalos triangulares, marcescentes y revueltos en su madurez sobre el fruto. Numerosos estambres dispuestos en varios verticilos terminados en una antera de color rosado que rodean el pistilo y un único estilo alargado con el ovario ubicado en el fondo de la flor (López González, 1982; Ruiz de la Torre, 2006).

Florece en primavera, entre marzo y mayo, aunque puede retrasarse a junio en las zonas altas (Arroyo, 1988; Guitian y Fuentes, 1992; Guitian *et al.*, 1992). El espino albar es polinizado por un amplio número de insectos polinizadores dado el carácter generalista de la especie (Chacoff *et al.*, 2008). El modo de reproducción es muy variado habiéndose descrito las formas apomítica, autogama y parcialmente autocompatible (Chacoff *et al.*, 2008). Estos autores constataron que la especie puede estar limitada por la escasez de insectos polinizadores, dado que las plantas con tratamiento de polinización cruzada suplementario producen más frutos (hasta un 66% más) que las polinizadas naturalmente.

La maduración de los frutos se produce entre septiembre y octubre. Un 25% de las flores fructifican inicialmente, pero sólo el 11% mantienen los frutos hasta su maduración final (Chacoff *et al.*, 2008), permaneciendo estos en el árbol madre por un largo periodo de tiempo durante las estaciones de otoño e invierno. El resultado es que *C. monogyna* muestra bajos niveles de fructificación debido, principalmente, a insuficiencias en la polinización, ya que la adición de polen suplementario puede multiplicar por dos los niveles de fructificación (Chacoff *et al.*, 2008). Esta mejor respuesta a la polinización cruzada próxima, puede hacer a la especie susceptible a la fragmentación del hábitat y por tanto a la reducción del tamaño de las poblaciones (Aizen *et al.*, 2002) ya que el cuajado de frutos depende más de la abundancia de donantes cercanos a la planta madre que de la producción de flores del propio individuo.



Figura 1. Frutos de *Crataegus monogyna*
(Foto: C. Cardo).



Figura 2. Semillas de *Crataegus monogyna*.

Los frutos son drupas o pomos subglobosos u ovoides, de $6-10 \times 4,4-10$ mm, de color rojo, con un peso de 274-560 mg, incluso menor, que encierran una sola semilla de $5,8-7,4 \times 4,2-5,6$ mm y 64-157 mg, protegida por una testa dura de color blanquecino (Fig. 1). No obstante, estos valores pueden variar con las razas locales (Özcan *et al.*, 2005). Pulpa constituida, mayoritariamente, por carbohidratos no estructurales (72%) y fibra (20%) (Hulme, 1997, con un contenido de agua del 67%). Una sola semilla por fruto, de forma ovoide, pardo amarillenta (Fig. 2) que viene a representar el 18% del peso fresco del fruto. La dispersión de frutos y semillas se realiza mayoritariamente por diversas especies de túrdidos. La depredación posterior a la dispersión es llevada a cabo por aves, roedores e invertebrados (Hulme, 1997). No obstante, este autor encontró que la depredación de las semillas es comparativamente baja en la especie (5%) y es llevada a cabo principalmente por roedores, debido al duro endocarpo que poseen (Kollmann *et al.*, 1998). La eficiencia en la dispersión no es muy elevada en la especie dependiendo, entre otros factores, del grado de aislamiento del árbol padre (Herrera y García, 2009), alcanzando valores del orden de un 20% para la semilla alejada del árbol padre (Sallabanks, 1992). Este autor encontró que la abundancia de frutos de la planta es el principal factor que controla la visita de túrdidos para alimentarse lo que, a su vez, está correlacionado con el tamaño de la planta. De este modo, la estrategia de fructificación óptima para la especie es crecer lo máximo y lo más rápido posible postergando la fructificación. Una vez el ave se posa en una planta determinada su selección se dirige hacia los frutos mayores que poseen una

semilla más corta (Sobral *et al.*, 2010). No parece que el tránsito de la semilla por el aparato digestivo del túrdido realice un efecto facilitador o desinhibidor de la germinación, tal y como comprobaron Rodríguez-Pérez *et al.* (2005), que obtuvieron tasas de germinación entre el 15 y el 25%, independientemente de si las semillas habían sido ingeridas por tordos. No obstante, la regeneración de la especie (germinación y supervivencia) es muy variable con el microhábitat forestal. Arrieta y Suárez (2001) encontraron que las semillas germinan sobre todo en los claros y orlas de bosque, además de en las proximidades de árboles padre aislados; sin embargo, en zonas de pastos y bosques más o menos cerrados, la presencia de diseminado era casi inexistente. Además, estos autores constataron que la supervivencia de estas plántulas es también mayor en los primeros microhábitats, indicando la presencia de efectos facilitadores en la especie.

1.3. Distribución y ecología.

El espino albar presenta una distribución muy amplia (Europa, Asia y Magreb) habitando sobre todo tipo de terrenos, fríos y cálidos, silíceos y calcáreos. Se encuentra en la Península Ibérica en todas sus regiones, si bien hacia el sudeste se enrarece y sólo aparece en montañas; también está presente en Mallorca y Menorca (Ruiz de la Torre, 2006). Se encuentra en orlas de bosques, claros, setos, zarzales, espinares o al borde de tierras de labor, entre los 0-2.000 m, evitando los climas más secos, donde se localiza en lugares con humedad edáfica. El espino albar es una especie de media luz que prefiere situaciones frescas y umbrosas aunque se adapta bien a condiciones de plena insolación, incluso en climas de montaña mediterránea. En ámbitos más nemorales se le encuentra sobre suelos más o menos secos y en los lugares más templados, no subiendo por lo general por encima de 1.000 metros.

Se trata de una especie con buena capacidad de rebrote lo que le da cierta ventaja competitiva frente a perturbaciones como incendios forestales (Catry *et al.*, 2006; Saura-Mas y Lloret, 2007), si bien esta capacidad disminuye con la reiterada ocurrencia de incendios. Es una especie de crecimiento relativamente lento, sobre todo en su edad madura. La cobertura que proporciona al suelo es media (Ruiz de la Torre, 2006).

Normalmente forma parte del sotobosque mezclándose, de forma salpicada, con la práctica totalidad de las especies arbóreas peninsulares. Es una especie propia de orlas arbustivas, mayoritariamente espinosas, pero también se adentra en bosques más o menos densos, dehesas, setos, etc. Ecológicamente destaca su papel de proporcionar alimento y cobijo a la fauna asociada, ya que produce un microclima favorable. Se integra en los dominios de las coníferas de montaña y en las formaciones caducifolias propias de ambientes subesclerófilos y esclerófilos. Azonalmente está muy asociado a galerías ripícolas y también a roquedos y canchales. Los componentes de las comunidades donde aparece son rosas (*Rosa* spp.), zarzas (*Rubus ulmifolius*), cerezos (*Prunus mahaleb*), agracejos (*Berberis vulgaris*), saúcos (*Sambucus nigra*), cornejos (*Cornus sanguinea*), etc., con una extensión y una densidad muy variables. Su presencia es una señal inequívoca de una etapa avanzada y preforestal de la sucesión vegetal, que se produce en los claros y bordes de los ecosistemas forestales, insertándose en agrupaciones de los niveles evolutivos 4 a 7 (Ruiz de la Torre, 2006). Es una especie muy consumida por la fauna silvestre, en particular sus frutos, pero también son palatables sus hojas, rebrotando con facilidad.

Los rangos óptimos para la especie son: temperatura media anual entre 6,9 y 12,2 °C; temperatura media de las mínimas del mes más frío entre -4,6 y 0,1 °C; temperatura media de las máximas del mes más cálido entre 24,3 y 31,7 °C; precipitación anual media entre 550 y 1.150 mm; precipitación estival media entre 55 y 165 mm (Anexo I).

Se han identificado numerosas variedades y formas para la especie tales como var. *monogyna*, var. *lasiocarpa*, var. *maura*, var. *brevispina* o la var. *insegrae* (Ruiz de la Torre, 2006). Se usa, además, como patrón portainjertos para frutales de la misma familia.

2. Materiales forestales de reproducción

2.1. Marco normativo. Identificación de los materiales de reproducción

Los materiales forestales de reproducción del *C. monogyna* no están regulados por la normativa estatal específica, pero sí por la legislación elaborada por la Comunidad Valenciana (D. 15/2006), para aplicación en su territorio. A nivel nacional no se han establecido regiones de procedencia ni se han catalogado materiales de base para la especie. No obstante, y con fines prácticos de identificación, se pueden usar de forma oficiosa las regiones de identificación establecidas por García del Barrio *et al.* (2001) (Fig. 3). En el ámbito territorial de Andalucía, Rosúa *et al.* (2001), proponen cinco procedencias para la especie: Sierras Béticas, Sierras Tejeda-Almijara-Sierra Nevada, Sierra de Baza, Sierras de Cazorla-Mágina-Subbéticas y Serranía de Ronda.

En el Catálogo Regional de Flora Silvestre Protegida de la Región de Murcia (D. 50/2003) está incluida en la categoría de especies “De interés especial” y, por lo tanto, sus poblaciones son susceptibles de ser sometidas a un Plan de Manejo que garantice su mantenimiento en un nivel adecuado. Otras especies del género, como *C. granatense*, *C. laciniata* y *C. laevigata*, también están incluidas en los listados de los Catálogos de flora amenazada y protegida de algunas CC.AA.. Es obligatorio el uso del pasaporte fitosanitario con el material de reproducción de *C. monogyna*.

2.2. Técnicas de manejo y propagación

2.2.1. Semillas

La colecta de los frutos se puede realizar directamente de la planta antes de que maduren completamente, lo que ocurre a partir septiembre u octubre aunque en las zonas más cálidas puede comenzar en agosto, cuando el fruto está enverando, es decir, cuando el color torna del inmaduro verde a rojo, ya que el desarrollo del embrión está lo suficientemente avanzado como para asegurar su posterior germinación. Se consigue así, por un lado, limitar los efectos inhibitorios de la germinación que posee la pulpa madura sobre la semilla y, por otro, minimizar la depredación de frutos por parte de frugívoras. Es preciso programar bien la cosecha dado que la producción individual de semillas por planta puede ser muy desigual y que los individuos pueden estar muy separados entre sí. Prada y Arizpe (2008) recomiendan evitar cosechar sólo en los pies más productivos, procurando que afecte a varios individuos y de forma equitativa.

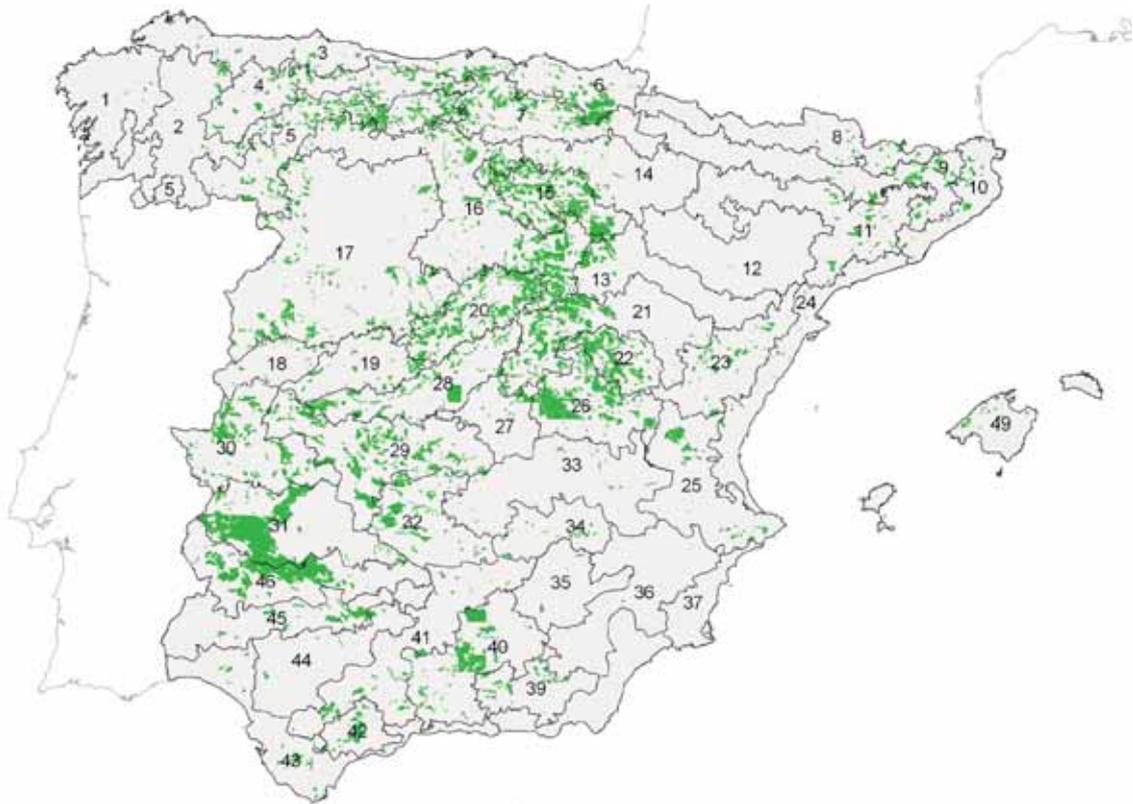


Figura 3. Distribución de *Crataegus monogyna* y Regiones de Identificación de sus materiales de reproducción (Fuente: Mapa Forestal de España, 1:200.000).

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 misma. La extracción de la semilla se hace mediante despulpado mecánico y aclarado con agua. Al macerar los frutos se separa la semilla del pericarpo, que se elimina por flotación. Posteriormente se procede al secado y cribado de la semilla, seguido del aventado, para eliminar la granza resultante del despulpado (rendimiento aproximado del 15-23%).

Las semillas extraídas y secadas al aire pueden posteriormente almacenarse en cámara frigorífica. Son tolerantes a la desecación y presentan un comportamiento ortodoxo en cuanto al almacenaje. Se pueden almacenar durante un periodo de 2-3 años a 4-5 °C, en seco, con un contenido de humedad entre el 4-8%, en envases herméticos hasta el momento de la siembra sin mermas importantes en sus propiedades.

La especie exhibe un doble letargo por lo que es necesaria la combinación de varios tratamientos pregerminativos, normalmente una escarificación seguida de una estratificación en frío. El grosor del endocarpo varía con el individuo y el año y es un factor importante en la aplicación de la escarificación previa con ácido, de modo que en algunas semillas (hasta 0,5 cm de grosor) el tratamiento con ácido debe prolongarse hasta 7 o más horas (Lasseigne y Blazich, 2008). Los tratamientos pregerminativos recomendados en la bibliografía se resumen en la Tabla 1. Como alternativa a los

tratamientos pregerminativos, se puede recurrir a la recolección de frutos en verano, poco antes de que maduren, extraer la semilla inmediatamente y sembrarla a continuación, lo que permite obtener una germinación del 25-40% a los 7-9 meses después de sembrar (Catalán, 1993). Lasseigne y Blazich (2008) indican que la fermentación (durante unos 4-8 días) de estos frutos recién colectados puede resultar muy beneficiosa en la reducción del tiempo necesario para obtener plántulas de este género.

Tabla 1. Tratamientos pregerminativos recomendados para *Crataegus monogyna*.

Escarificación (tiempo)	Estratificación caliente		Estratificación fría		Referencia
	Temperatura (°C)	Días	Temperatura (°C)	Días	
H ₂ SO ₄	25	30-60	3-4	120-150	Catalán (1991)
Mecánica			3-4	120-150	
H ₂ SO ₄ (0,5-2 h)			20	14-28	
	21 ⁽¹⁾	90 ⁽¹⁾	4 ⁽¹⁾	90 ⁽¹⁾	Lasseigne y Blazich (2008)
	25	90	3-5	270	Lasseigne y Blazich (2008); Navarro Cerrillo y Gálvez (2001)
	25	90-150		90	
			3-5	365	
Verter agua caliente sobre semillas y dejar en remojo (1-3 días)					Navarro y Gálvez (2001)
H ₂ SO ₄		28-112		84-252	Piotto y Di Noi (2001)

⁽¹⁾ 31% de germinación con ciclo caliente-frío; 55% de germinación con ciclo frío-caliente-frío-caliente.

Las reglas de la ISTA (2011) determinan el método para evaluar la germinación en esta especie; proponen como sustrato la arena y una alternancia térmica (20-30 °C), según un ciclo de 16-8 horas, durante 28 días. El ensayo de germinación debe ir precedido de una doble estratificación en caliente (25 °C) durante 3 meses y posteriormente una fría durante 9 meses. La Forestry Commission (2010), por su parte, propone, por tratarse de una especie cuya semilla ha de estratificarse, que las temperaturas a alternar sean 3-20 °C. La larga duración que conlleva el ensayo y la dificultad de su germinación, motiva a que la citada organización recomiende el ensayo con tetrazolio como alternativa. Su realización se hace cortando transversalmente la semilla a un tercio de su extremo final e incubando durante 20-24 horas a 30 °C en una solución al 1%. Los embriones deben extirparse para su evaluación considerándose un máximo de tejido no teñido de un tercio desde su extremo o la punta de la radícula (ISTA, 1999; Lasseigne y Blazich, 2008).

Presenta germinación epigea, con plántula de 3 a 12 cm, con dos cotiledones oval-lanceolados efímeros y hojas primordiales semejantes a las adultas (Ruiz de la Torre *et al.*, 1996).

Tabla 2. Datos característicos de lotes de semillas de *Crataegus monogyna*.

Rendimiento semilla/fruto (% en peso)	Pureza (%)	Facultad germinativa (%)	Nº semillas kg ⁻¹	Referencia
			6.000-13.000	Aldhous (1972)
15-20	98		(12.700)-(15.250)	Catalán (1991)
			8.997-18.701	García-Fayos (2001)
12	99,6 99,6-100	90 ⁽¹⁾ 68-90	15.500 8.946-13.950	Navarro Cerrillo y Gálvez (2001)
			9.500-20.000	Piotto y Di Noi (2001)
10-20-20		(40)	10.155-13.444-20.920	Louro y Pinto (2011)
12,1-22,5	92-100	61-95 ⁽¹⁾	11.000-17.700	Banc de Llavors Forestals (Anexo II)
12-23	95-98	65-90 ⁽¹⁾	11.000-15.000	CNRGF <i>El Serranillo</i> (Anexo III)
18-25	98-100		10.000-14.000	Vivero Central JCyL (Anexo IV)

⁽¹⁾ Ensayos al tetrazolio

2.2.2. Vegetativa

El interés por este método radica en el uso de este taxon como portainjertos y por objetivos productores. Se puede propagar vegetativamente, tanto mediante estaquillas como en cultivo *in vitro*. El conocimiento actual sobre la propagación vegetativa en el género *Crataegus* es limitada, con resultados contradictorios según las distintas experiencias realizadas (Lasseigne y Blazich, 2008).

El espino albar puede propagarse vegetativamente mediante estaquillas semileñosas, preferentemente apicales de unos 8-10 cm, en estado de crecimiento vegetativo tomadas a mediados de primavera (Dumroese *et al.*, 1997). Se eliminan las hojas de la mitad inferior o los dos tercios inferiores y la base se puede impregnar con una hormona enraizante (ácido indolbutírico AIB, 5.000 ppm) o con fungicida. También puede convenir cortar parte de las hojas remanentes a fin de minimizar las pérdidas por evapotranspiración y mantener las estacas bajo nebulización intermitente. Otros autores puntualizan que las estaquillas provengan de la zona basal o media del tallo de plantas madre vigorosas y sometidas a podas previas de rejuvenecimiento (Prada y Arizpe, 2008). Las estaquillas deben colocarse sobre un sustrato suelto, preferiblemente turba:perlita (2:1 volumen), en mesas de enraizado con calefacción basal (20 °C) y nebulización, lo que puede dar porcentajes de enraizamiento del 76% (Prada y Arizpe, 2008).

La propagación *in vitro* de *Crataegus monogyna* puede realizarse utilizando como explantos yemas axilares recogidas en invierno y ofrece resultados más satisfactorios que la propagación vegetativa convencional (Prada y Arizpe, 2008).

3. Producción de plantas

El cultivo del espino albar en viveros mediterráneos suele realizarse en cantidades pequeñas con respecto a la producción total (normalmente menor del 1%), por lo que

suelen utilizarse protocolos de cultivo sencillos. No obstante, es una especie que tiene múltiples destinos restauradores (reforestación, restauración ecológica, jardinería, etc.), y ello redundante en una variedad de formatos y tipos de planta según el vivero y destino. Centrándonos en planta forestal, los formatos más habituales son en contenedor, en bandeja forestal o a raíz desnuda.

El espino albar presenta una gran dificultad para germinar, con tasas generalmente bajas, por lo que su cultivo siempre es complicado. Las siembras realizadas en primavera, con semilla previamente tratada, o en otoño, con semilla procedente de fruto maduro, tienen una germinación inicial bastante baja en esa misma primavera, siendo necesario otro año para lograr germinaciones aceptables (el cultivo se prolongaría a dos savias para las plantas germinadas el primer año). Dada la desigual y tardía germinación de la semilla y su tolerancia al trasplante, si se hace de forma correcta, se recomienda realizar la pregerminación, una vez aplicado el tratamiento pregerminativo, en bandejas de siembra (semilleros) o en alveolos hortícolas. En el primer caso, la fecha de trasplante es más crítica y debe hacerse 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 crecimientos anómalos de la planta. El trasplante de las plántulas provenientes de siembras o estaquillados, realizados sobre alvéolos hortícolas de pequeño volumen, es más flexible en el tiempo, pero debe hacerse tan pronto se supere la fase de germinación/establecimiento.

El espino albar desarrolla un sistema radical muy ramificado, por lo que la planta no suele dar problemas de consistencia del cepellón. El volumen de envase más empleado se encuentra dentro del rango 250-400 cm³, para planta tipo 1-0, 1-1 ó 2-0, obteniéndose una altura final de la planta de 20-60 cm (Fig. 4). Si para los trabajos de restauración se opta por el cultivo en envases de gran volumen, maceta de 3.500 cm³, la altura final de la planta deberá oscilar entre 100 y 125 cm para la planta tipo 1-1 ó 2-1.

Al igual que otras especies de ribera, el cultivo a raíz desnuda del espino albar es relativamente frecuente. La planta a raíz desnuda puede cultivarse durante dos o tres años en función del tamaño deseado y de las características de cultivo del vivero productor (fertilidad del suelo, climatología, etc.). Así, puede obtenerse una planta tipo 1-1 ó 2-1, con tallas entre 60 y 120 cm de altura final (se recomienda siembra previa en semillero y trasplante al terreno). Sobre el terreno se forman hileras de planta separadas por unos 25 cm, dando densidades de cultivo que oscilan entre las 80 y las 150 plantas m⁻² (a mayor densidad, menor diámetro del cuello y menor biomasa seca) (Thompson, 1984). En caso de que el suelo tenga deficiencias de fertilidad, pH o sea muy pesado, deben hacerse las enmiendas oportunas (enmiendas orgánicas, fertilización de base, etc.).

En el caso de utilizar material propagado vegetativamente es conveniente que durante las primeras semanas, tras el estaquillado, se mantengan las estacas en un ambiente con una elevada humedad relativa (umbráculo o invernadero), para mantener la turgencia de las hojas. El estaquillado puede realizarse a mediados de primavera sobre alvéolos hortícolas, de hasta 100 cm³ (500-600 plantas m⁻²), con un sustrato bien drenado para

luego trasplantarlos al envase definitivo una vez hayan arraigado. Tras esta fase puede sacarse la producción al exterior para finalizar el cultivo.

En la producción en envase, el sustrato empleado para el cultivo de esta especie no necesita requerimientos especiales y basta con tener presentes las recomendaciones generales para el cultivo de planta en contenedor (Landis *et al.*, 1990). Normalmente, se cultiva con formulaciones convencionales, utilizando principalmente (más del 75% en volumen) componentes orgánicos tipo turba rubia, turba de humus o fibra de coco (cultivos de larga duración) y, en menor medida (menos del 25% en volumen), algún componente inorgánico tipo perlita, vermiculita o arena de río. El riego deberá mantener el sustrato en buenas condiciones de humectación, aplicándose con la frecuencia necesaria según la demanda atmosférica y programar un porcentaje de riego extra (10-20%) para lavar sales del cepellón. La calidad del agua no suele ser determinante para el éxito de su cultivo, aunque debe mantenerse dentro unos niveles mínimos (Landis *et al.*, 1989).

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 como el tipo de sustrato, la calidad del agua de riego, la duración del cultivo y la planta tipo, principalmente. La fertilización puede comenzar con un fertilizante tipo *Starter* (9-45-15) a unas 50-90 ppm de N una vez se completa la germinación (o bien a las tres semanas del estaquillado). La frecuencia de las aplicaciones en este momento debe ser moderada, una aplicación semanal o quincenal. Durante la fase de crecimiento activo se emplea un fertilizante de tipo *Grower* (20-20-20) a unas 150-200 ppm de N una vez por semana, modificando esta frecuencia en función del desarrollo de la planta. Finalmente, una vez conseguida la altura establecida para el lote, se disminuye considerablemente el aporte de nitrógeno pasando a un fertilizante tipo *Finisher* con aplicaciones semanales o quincenales (Landis *et al.*, 1989). En el caso de emplear fertilizantes de liberación lenta es preciso vigilar que el producto mantenga su aporte de nutrientes durante todo el periodo vegetativo de la planta. Dosis de 2,5-3,5 kg m⁻³ de 15-8-15 son apropiadas para la especie. El espino albar es susceptible al ataque de orugas, pulgones, ácaros y minadores de hojas. Insecticidas como Malatión son eficaces. También es muy sensible a royas, oidios y otros tipos de manchas foliares. Especialmente peligroso es el fuego bacteriano de las rosáceas causado por *Erwinia amylovora*, ante el cual existen pocas materias activas utilizables y autorizadas (cobre y fosetyl-AI) que, además, no resultan suficientemente eficaces. Es preciso aplicar medidas sanitarias ante esta enfermedad como eliminación de las plantas



Figura 4. Planta de dos savias de *Crataegus monogyna* cultivada en alveolo de 200 cm³ (Foto: CNRGF El Serranillo).

afectadas y la erradicación de los focos detectados. Como medidas preventivas generales pueden hacerse aplicaciones quincenales alternando alguno de los principios activos más comunes (thiram, captan, himexazol o iprodiona).

Las malas hierbas pueden combatirse en preemergencia con oxifluorfén o glifosato. Si son gramíneas, se pueden emplear herbicidas selectivos aplicados en postemergencia. Las escardas también son efectivas, siendo recomendables cada 6-8 semanas para eliminar las hierbas resistentes a los herbicidas. No existen referencias bibliográficas que indiquen cuáles son los parámetros de calidad de planta que propician una mejor respuesta en plantación del espino albar. Dada la más que posible heterogeneidad de alturas en el cultivo, se recomienda clasificar la planta para ofrecer un producto homogéneo al cliente. No se recomienda la poda aérea para homogeneizar alturas. En la Tabla 3 se ofrecen algunos datos experimentales de planta de dos savias de *C. monogyna*.

Por otro lado, es destacable la mejora en la supervivencia cuando la planta ha sido inoculada con micorrizas propias de los suelos donde habita (Siles *et al.*, 2010).

Tabla 3. Valores de atributos morfológicos (media \pm desviación típica) de brinzales de *Crataegus monogyna* de dos savias (del Campo y Segura, 2009).

Atributo	Valores medios de referencia	Valores recomendados
Altura (cm)	25,6 \pm 6,4	68,4 \pm 11,4
Diámetro del cuello de la raíz (mm)	3,2 \pm 0,6	5,75 \pm 0,6
Peso seco aéreo - PA (g)	1,3 \pm 0,5	
Peso seco radical - PR (g)	2,91 \pm 1,0	
PA/PR	0,5 \pm 0,2	
Esbeltez (cm mm ⁻¹)	7,8 \pm 1,4	11,9 \pm 1,1
Índice de Dickson - QI	0,22-0,52	

4. Uso en repoblaciones y restauraciones

El espino albar es una especie de uso frecuente en plantaciones, aunque con participación minoritaria dado su carácter accesorio, habiendo sido el paisajismo y la restauración de riberas sus usos tradicionales. Sin embargo, la especie es muy polivalente y se usa tanto en programas de restauración forestal convencionales (conservación de suelos, restauración hidrológica, restauración ecológica, etc.), como en otros campos de interés: en revegetación de áreas degradadas (canteras y minas, taludes de obras, etc.), como barrera para el ganado (por sus espinas) en lindes de cultivos, como frutales de producción (frutos con propiedades farmacológicas), para aprovechamiento de madera (carpintería, tornería, fabricación de bastones, combustible), como patrón de otros frutales de rosáceas o como planta ornamental en jardinería.

Al igual que la mayoría de las especies acompañantes o accesorias, su uso se ha incrementado considerablemente a partir de los años 90 del siglo pasado con el programa de ayudas a la reforestación de tierras agrarias, si bien hay que remarcar que su importancia relativa es muy baja. Los datos del programa de forestación de tierras agrarias hasta el año 1999

mostraban un uso minoritario de la especie (al menos mencionada de forma explícita), con tan sólo 105 ha repobladas en Castilla y León. El comportamiento de la especie frente al establecimiento puede considerarse, sobre la base de la bibliografía consultada, como bueno o muy bueno (Tabla 4), con tasas de supervivencia generalmente por encima del 70% y frecuentemente por encima del 90%, pese a la multitud de situaciones analizadas y los diferentes tipos de planta empleados.

Tabla 4. Valores de supervivencia y crecimiento en altura de *Crataegus monogyna* (entre paréntesis: valores medios obtenidos para todas las especies utilizadas en cada referencia).

Tipo de repoblación	Tipo planta	Localización	Supervivencia (%)	Altura (H) o Crecimiento (C) (cm)	Referencia
Restauración tras incendio	1-2 savias	Cazorla, Jaén	4º año: 44 (36)	4º año, C: 13,1	Siles <i>et al.</i> (2010)
Ensayo especies forrajeras en laderas aterrazadas incendiadas	1 savia (poda aérea)	El Madroño, (Sevilla) - 2008	Solana: 86 (77) Umbría: 90 (84)	1º año, C: 5-7,5 (7-9)	Ramos Font <i>et al.</i> (2009)
Ensayo mezclas especies - llanura aluvial río Guadiamar	-	Sevilla - 2006	>65	9º año, H: >300	Rodríguez <i>et al.</i> (2009)
Restauración taludes	1-2 savias	Cardeña (Córdoba) - 1999/2000	68,5 (75)		Quero <i>et al.</i> (2003)
Repoblación enriquecimiento bajo pinar clareado	1 savia	Aras de los Olmos (Valencia) - 2007	1º año: 89,4 (74)	1º año, C: >2	Del Campo <i>et al.</i> (2009)
Restauración ribera	Planta grande	Alcalá Henares (Madrid)	4º año: 87 (92)	9º año, H: 290	Manzanera y Martínez-Chacón (2007)
Restauración cantera arcillas	Raíz desnuda (1-2 savias)	Bolonia (Italia)	10º año: 87,5 (55)	10º año, H: 96 (109)	Muzzi y Fabbr (2007)
Restauración llanura aluvial	1-2 savias en envase	Sevilla - 1999	1º año: 94 (81)		Navarro Cerrillo <i>et al.</i> (2000)

Las actuaciones de restauración tendrán lugar preferentemente en suelos de buena calidad, evitando los suelos muy superficiales. Las zonas de umbría, frescas y con suelos profundos suelen ser las que mejor responden a la revegetación con esta especie, al

alcanzar en ellas mayores alturas y tasas de crecimiento, contribuyendo con ello a ser focos de nuevos propágulos. La distribución espacial debe tender a crear un mosaico irregular: mosaico de orientación, umbrías frente a solanas, y mosaico dendriforme en vaguadas, lomas y red de drenaje.

El uso de la especie está especialmente indicado como de enriquecimiento, mezclada en forma de pequeños rodales, con especies principales de los géneros *Pinus* y *Quercus*, en los tipos esclerófilo, subesclerófilo y caducifolio. 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.
- Mejora del hábitat faunístico tanto en el refugio como en el alimento.
- Restauración y aumento de la resiliencia en áreas afectadas por incendios por su carácter de rebrotadora facultativa (Catty *et al.*, 2006). Contribuye a formar mosaicos más productivos y estables, manchas mediterráneas.
- Enriquecimiento en masas forestales con baja madurez, especialmente las provenientes de repoblaciones maduras sin una dinámica sucesional aparente.
- Protección del suelo en cauces y vaguadas, donde su sistema radical ayuda a estabilizar y retener el suelo frente a las escorrentías, a la vez que se consigue una mejora en la conectividad y regulación de los procesos cauce-ladera.

Como se ha indicado, la especie es también apta para trabajos de jardinería extensiva, parques periurbanos, plantaciones lineales o setos.

5. Planificación de la repoblación

El método de establecimiento del espino albar 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 puede comenzar en otoño y extenderse hasta finales de invierno en las zonas más frescas, teniendo en cuenta que se trata de una especie caducifolia y, por tanto, con actividad radical relativamente baja en los primeros meses del calendario de plantación. No obstante, la emergencia de hojas en esta especie es relativamente temprana en comparación con otras (Mediavilla y Escudero, 2003) y ello hace recomendable plantar hasta febrero, como muy tarde o incluso antes en zonas más cálidas, dado el comportamiento hídrico de la especie. Se ha observado en repoblaciones del piso supramediterráneo en Valencia un crecimiento radical elevado a mediados del mes de marzo (del Campo y Segura, 2009).

Las características de la planta tipo para la repoblación vendrá determinada por el objetivo y las condiciones de establecimiento, pudiéndose utilizar planta en contenedor forestal o planta en envase de gran volumen. 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, y mejor sea la calidad de estación, más grande puede ser el tamaño de la planta utilizada.

Los tratamientos de eliminación de la vegetación preexistente y de preparación del terreno deben adecuarse a las condiciones de estación. Como norma general, a medida que empeoran estas condiciones, mayor competencia, menor precipitación, mayor temperatura, menor profundidad del suelo, etc., los tratamientos deben ser más intensos. Lo más frecuente es el ahoyado, preferiblemente mecanizado (ahoyadora helicoidal, retroexcavadora) y de gran tamaño (60x60x60 cm). Los procedimientos mecanizados de alta intensidad (subsolados) se justifican según las características del medio a repoblar y los objetivos de la repoblación, si bien siempre es recomendable que sean de una cierta intensidad (Navarro *et al.*, 2006). En plantaciones de enriquecimiento en el interior de masas aclaradas, puede recurrirse a las minirretroexcavadoras. Es conveniente cuidar la profundidad de la preparación de forma que se alcance un mínimo de 40 cm. Se recomienda igualmente la preparación de microcuencas con alcorques o caballones para procurar la máxima infiltración en el punto de plantación (Fig. 5).



Figura 5. Repoblación de *Crataegus monogyna* un año después de la plantación (Foto: J. Sánchez).

El espino albar normalmente se usa como especie accesoria, acompañando a *Quercus* y pinos (cualquier especie) en repoblaciones mixtas, formando parte del estrato arbustivo junto a otros representantes típicos como son sabinas, enebros, madroños, durillos, etc. (JCyL, 2007). Su porcentaje de participación se fija normalmente por debajo del 10 o del 5%.

Naturalmente se presenta de forma aislada, si bien en alguna ocasión se puede encontrar formando pequeños rodales. En bosques caducifolios se ha observado que la especie tiene

una presencia natural baja en la estructura forestal (44 pies ha⁻¹, 2,5%), distribuyéndose de forma agregada como consecuencia de la presencia de huecos en el dosel donde aparecen oportunidades de regenerar y sobrevivir (Rozas Ortíz, 2005). Este patrón natural es el que normalmente se considera a la hora de definir el porcentaje de participación de la especie en las mezclas para restauración, un 5-10% en mezcla íntima o a golpes en un número no mayor de 15-25 plantas. No obstante, su porcentaje puede aumentar hasta valores mayores (30%) en base a otras consideraciones como la mejora de la conectividad ecológica (Rodríguez *et al.*, 2009), plantaciones para fruto, etc.

Pueden realizarse riegos de establecimiento y estivales en el primer y segundo verano tras plantación (Rodríguez *et al.*, 2009; Saiz Rojo *et al.*, 2009; Siles *et al.*, 2010), si bien dados los buenos porcentajes de arraigo que presenta la especie, pueden desestimarse en la mayoría de las situaciones. En algunas ocasiones se han realizado incluso riegos por goteo hasta los tres años posteriores a plantación (Manzanera y Martínez-Chacón, 2007), con buenos resultados de arraigo. En repoblaciones con planta pequeña y bajo cubierta, esta práctica es mucho menos frecuente, estando muy supeditada a la transitabilidad del área y a las posibilidades técnicas de su aplicación.

El espino albar puede responder positivamente al efecto protector del tubo, dado que se trata de una especie propia de estados avanzados de la sucesión y, por tanto, tolerante con cierta intensidad de sombra. Puede ser recomendable también el uso de tubos protectores por la alta palatabilidad de la planta, que es muy atractiva para los herbívoros. Por otro lado, los resultados arrojados por esta especie en repoblaciones forestales de enriquecimiento en Valencia (del Campo *et al.*, 2009 a) son neutros con respecto al uso de protector. Son recomendables los tubos ventilados. Ensayos de plantación de esta especie bajo el efecto protector de arbustos nodriza han demostrado mejoras tanto en supervivencia como en crecimiento (Gómez-Aparicio *et al.*, 2004).

En cualquier caso, se trata de una especie con valor forrajero y por tanto es conveniente tomar medidas al respecto para proteger a los plantones. Ramos Font *et al.* (2009) encontraron que, según haya pastos adicionales o no, hasta un 30% de los individuos plantados pueden ser afectados por ramoneo de ciervo y que la tasa de consumo por individuo es relativamente alta. Así, si la especie se emplea con baja intensidad en repoblación, será conveniente tomar medidas individuales, como los tubos o mallas de polietileno, más que las colectivas de los cercados. Para mejorar la producción de los frutos se recomienda aplicar podas de formación y aclareos. Se puede hacer tras la caída de la hoja, desde el otoño a principios de la primavera.

La regeneración natural del espino albar está condicionada por varios factores como la abundancia de adultos reproductores, la presencia de aves frugívoras (dispersión de semillas), la depredación sobre los juveniles y las condiciones meteorológicas del año-años siguientes a la germinación (Mendoza, 2008). Estos factores son normalmente más adversos en los hábitats más degradados, por lo que aquí cabe esperar un bajo impacto de la regeneración natural en la dinámica poblacional de la especie. No obstante, Mendoza (2008) pronostica un mayor predominio de las especies de matorral con fruto carnoso en los bosques mediterráneos debido a que sus vectores de dispersión no son aleatorios (llevan semillas a hábitats generalmente favorables para el reclutamiento), las semillas

son menos depredadas y las plántulas son capaces de establecerse en años especialmente secos. Por otro lado, parece existir un bloqueo a la regeneración natural en pinares de repoblación densos por las bajas condiciones lumínicas del sotobosque. En estos casos, si se dan las condiciones adecuadas de presencia de propágulos, vectores y condiciones meteorológicas, la gestión forestal debería ir encaminada más a la apertura de la masa que al enriquecimiento artificial de la misma con la especie.

6. Bibliografía

- AIZEN M., ASHWORTH L., GALETTO L., 2002. Reproductive success in fragmented habitats: do compatibility systems and pollination specialization matter? *J. Veg. Sci.* 13, 885-892.
- ARRIETA S., SUÁREZ F., 2001. Seedling diversity and spatially related regeneration dynamics in holly woodlands and surrounding habitats. *Web Ecol.* 2, 38-46.
- ARROYO J., 1988. Atributos florales y fonología de la floración en matorrales del Sur de España. *Lagascalía* 15, 43-78.
- 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. 186-187.
- CATRY F.X., REGO F.C., BUGALHO M.N., LOPES T., SILVA J.S., MOREIRA F., 2006. Effects of fire on tree survival and regeneration in a Mediterranean ecosystem. En: *Proceedings of the 5th International Conference on Forest Fire Research*. [cd-rom]. (Viegas D.X., ed.). ADAI, Figueira da Foz.
- CHACOFF N.P., GARCÍA D., OBESO J.R., 2008. Effects of pollen quality and quantity on pollen limitation in *Crataegus monogyna* (*Rosaceae*) in NW Spain. *Flora* 203, 499-507.
- DEL CAMPO A., SEGURA G., 2009. Definición de protocolos para el control de calidad de planta y puesta en obra de la misma. Entrega 2009. Universidad Politécnica de Valencia y Consellería de Medio Ambiente, Agua, Urbanismo y Vivienda, GVA. Inédito.
- DEL CAMPO A.D., SEGURA G., HERMOSO J., ROLDÁN M., BUTLER F., CURRÁS R., MARZO A., GARCÍA R., NAVARRO CERRILLO R., 2009. Los controles de calidad integrales en repoblación forestal como herramienta para mejorar la técnica repobladora. En: *Actas del 5 Congreso Forestal Español*. [cd-rom]. (Sociedad Española de Ciencias Forestales, Junta de Castilla y León, eds.). Ávila. Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- DUMROESE R.K., HUTTON K.M., WENNY D.L., 1997. Propagating woody riparian plants in nurseries. En: *National Proceedings, Forest and Conservation Nursery Associations*. (Landis T.D., Thompson J.R., coords.). Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-419. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. pp. 71-76.
- FORESTRY COMMISSION, 2010. Draft guidance for seed testing at forest commission approved forest tree seed testing facilities. Disponible en: [http://www.forestry.gov.uk/pdf/STC-Appendix_1.pdf/\\$FILE/STC-Appendix_1.pdf](http://www.forestry.gov.uk/pdf/STC-Appendix_1.pdf/$FILE/STC-Appendix_1.pdf) [5 Jul, 2010]
- 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.
- GÓMEZ-APARICIO L., ZAMORA R., GÓMEZ J.M., HÓDAR J.A., CASTRO J., BARAZA E., 2004. Applying plant facilitation to forest restoration in Mediterranean ecosystems: a meta-analysis of the use of shrubs as nurse plants. *Ecol. Appl.* 14(4), 1128-1138.
- GUITIAN J., FUENTES M., 1992. Reproductive biology of *Crataegus monogyna* in northwestern Spain. *Acta Oecol.* 13, 1-9.
- GUITIAN J., SÁNCHEZ J.M., GUITIAN P., 1992. Niveles de fructificación en *Crataegus monogyna* Jacq., *Prunus mahaleb* L. y *Prunus spinosa* L. *Anal. Jar. Bot. Madrid* 50(2), 239-245.

- HERRERA J.M., GARCIA D., 2009. The role of remnant trees in seed dispersal through the matrix: being alone is not always so sad. *Biol. Conserv.* 142 (1), 149-158.
- HULME P.E., 1997. Post-dispersal seed predation and the establishment of vertebrate dispersed plants in Mediterranean scrublands. *Oecologia* 111, 91-98.
- ISTA (International Seed Testing Association), 2011. International rules for seed testing. Edition 2011. ISTA, Bassersdorf, Switzerland.
- JCyL (Junta de Castilla y León), 2007. Cuadernos de zona y requerimientos técnicos para la realización de trabajos de forestación de tierras agrícolas (2007-2013). [en línea]. Disponible en: http://www.jcyl.es/web/jcyl/MedioAmbiente/es/Plantilla100/1180952518454/_/_/_ [7 Jun, 2010].
- KOLLMANN J., COOMES D.A., WHITE S.M., 1998. Consistencies in post-dispersal seed predation of temperate fleshy-fruited species among seasons, years and sites. *Funct. Ecol.* 12 (4), 683-690.
- LANDIS T.D., TINUS R.W., McDONALD S.E., BARNETT J.P., 1989. Seedling nutrition and irrigation. The container tree nursery manual. Vol 4. United States Department of Agriculture, Forest Service, Agriculture Handbook 674, Washington.
- LANDIS T.D., TINUS R.W., McDONALD S.E., BARNETT J.P., 1990. Containers and growing media. The container tree nursery manual. Vol 2. United States Department of Agriculture, Forest Service, Agriculture Handbook 674, Washington.
- LASSEIGNE F.T., BLAZICH F.A., 2008. *Crataegus* 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. 447-456.
- LOF M., THOMSEN A., MADSEN P., 2004. Sowing and trasplanting of broadleaves (*Fagus sylvatica* L., *Quercus robur* L., *Prunus avium* L. and *Crataegus monogyna* Jacq.) for afforestation of farmland. *For. Ecol. Manage.* 188(1-3), 113-123.
- 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.
- MANZANERA J.A., MARTINEZ-CHACÓN M.F., 2007. Ecophysiological competence of *Populus alba* L., *Fraxinus angustifolia* Vahl., and *Crataegus monogyna* Jacq. Used in plantations for the recovery of riparian vegetation. *Environ. Manage.* 40, 902-912.
- MEDIAVILLA S., ESCUDERO A., 2003. Stomatal responses to drought at a Mediterranean site: a comparative study of co-occurring woody species differing in leaf longevity. *Tree Physiol.* 23, 987-996.
- MENDOZA I., 2008. Regeneración de la biodiversidad de especies leñosas en un marco de degradación de hábitats mediterráneos de montaña: combinación de interacciones ecológicas y manejo humano. Ph Dissertation. Universidad de Granada, Granada.
- MUZZI E., FABBRI T., 2007. Revegetation of mineral clay soils: shrub and tree species compared. *Land Degrad. Dev.* 18, 441-451.
- 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. 138-140.
- NAVARRO CERRILLO R.M., del CAMPO A.D., CHECA R., ÁLVAREZ A., 2000. Propuesta de seguimiento de los trabajos de restauración del río Guadimar. Informe de la Anualidad 99-00. EGMASA (CMA Junta de Andalucía) - Universidad de Córdoba. Inédito.
- NAVARRO CERRILLO R.M., DEL CAMPO A.D., CORTINA J., 2006. Factores que afectan al éxito de una repoblación y su relación con la calidad de planta. En: Calidad de planta forestal para la restauración en ambientes mediterráneos. Estado actual de conocimientos. (Cortina J., Peñuelas J.L., Puértolas J., Savé R., Vilagrosa A., coords.). Organismo Autónomo Parques Nacionales, Ministerio de Medio Ambiente, Madrid. pp. 31-46.

- ÖZCAN M., HACISEFEROGULLARI H., MARAKOGLU T., ARSLAN D., 2005. Hawthorn (*Crataegus* spp.) fruit: some physical and chemical properties. *J. Food Eng.* 69(4), 409-413.
- PIOTTO B., DI NOI A. (eds.), 2001. Propagation of Mediterranean trees and shrubs from seed. ANPA APAT. Agency for the protection of the environment and for technical services.
- QUERO J.L., QUERO J.M., VILLAR R., 2003. Supervivencia de once especies leñosas en una repoblación en el Parque Natural Sierra de Cardeña y Montoro (Andalucía). En: VII Congreso Nacional de la Asociación Española de Ecología Terrestre: España ante los compromisos del protocolo de Kyoto: sistemas naturales y cambio climático. Barcelona 2-4 julio 2003. Disponible en: <http://www.ugr.es/~jlquero/carretera.pdf> [20 Jul, 2010].
- RAMOS FONT M.E., CABEZAS ARCAS F.M., ROBLES CRUZ A.B., PASTOR PIÑEIRO J., GONZÁLEZ REBOLLAR J.L., 2009. Reforestación con arbustos con aptitudes forrajeras en zonas incendiadas: Supervivencia, crecimiento y herbivoría. 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>.
- RODRÍGUEZ A., MARAÑÓN T., DOMÍNGUEZ M.T., MURILLO J.M., JORDANO D., FERNÁNDEZ HAEGER J., CARRASCAL F., 2009. Reforestación con arbustos para favorecer la conectividad ecológica en el Corredor Verde del Guadiamar. En: Actas del 5 Congreso Forestal Español. [cd-rom]. (Sociedad Española de Ciencias Forestales, Junta de Castilla y León, eds.). Ávila. Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- RODRÍGUEZ-PÉREZ J., RIERA N., TRAVESET A., 2005. Effect of seed passage through birds and lizards on emergence rate of Mediterranean species: differences between natural and controlled conditions. *Funct. Ecol.* 19 (4), 699-706.
- 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.
- ROZAS ORTIZ V., 2005. Heterogeneidad estructural y patrones espaciales en un bosque caducifolio maduro: implicaciones para la restauración y la gestión sostenible. En: Actas del IV Congreso Forestal Español. [cd-rom]. (Sociedad Española de Ciencias Forestales, ed.). Zaragoza. Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- RUIZ DE LA TORRE J. (ed.), 1990. Catálogo de especies vegetales a utilizar en plantaciones de carreteras. Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, Dirección General de Carreteras, Madrid.
- RUIZ DE LA TORRE J., 2006. Flora Mayor. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Dirección General para la Biodiversidad, Madrid. pp. 831-840.
- SAIZ ROJO A., GARCÍA OBREGÓN R., ROLDÁN MUÑOZ J., 2009. Actuaciones de repoblación y tratamientos selvícolas para la recuperación hidrológica y ambiental del Canal de Castilla en las provincias de Burgos y Palencia. 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>
- SALLABANKS R., 1992. Fruit fate, frugivory, and fruit characteristics: a study of the hawthorn, *Crataegus monogyna* (Rosaceae). *Oecologia* 91(2), 296-304.
- SAURA-MAS S., LLORET F., 2007. Leaf and shoot water content and leaf dry matter content of mediterranean woody species with different post-fire regenerative strategies. *Ann. Bot.* 99, 545-554.
- SILES G., REY P.J., ALCANTARA J.M., BASTIDA J.M., HERREROS J.L., 2010. Effects of soil enrichment, watering and seedling age on establishment of Mediterranean woody species. *Acta Oecologica* 36(4), 357-364.
- SOBRAL M., LARRINAGA A.R., GUITIAN J., 2010. Do seeddispersing birds exert selection on optimal plant trait combinations? Correlated phenotypic selection on the fruit and seed size of hawthorn (*Crataegus monogyna*). *Evol. Ecol.* 24, 1277-1290.
- THOMPSON B.E., 1984. Establishing a vigorous nursery crop: bed preparation, seed sowing and early seedling growth. En: *Nursery Manual: Production of bareroot seedlings.* (Duryea M.L., Landis T.D., eds.). Forest MartinusNijhoff/Dr W. Junk Publishers. The Hague/Boston/Lancaster, for Forest Research Laboratory, OregonStateUniversity, Corvallis.

Cytisus multiflorus (L' Hér.) Sweet

Escoba blanca, genista blanca, piorno, piorno blanco, retama de escobas, retama blanca; *gall.*: codeso branco, marihuela, piorno branco, xesta, xesteira

Cytisus scoparius (L.) Link

Escoba, escoba amarga, escoba negra, escobón, genista angulosa, hiniesta, hiniesta blanca, hiniesta de escobas, piorno, piorno amarillo, piorno negro, rebanillo, retama, retama de escobas, retama negra; *cat.*: gòdua, ginestell comú; *eusk.*: irasta, isats arrunt, isatsa, isatza, isaxa, erratza; *gall.*: xesta, xesteira

Cytisus striatus (Hill) Rothm.

Escoba, escobón, escobón morisco, retama, retama de escobas; *gall.*: gesta, gesteira, xesta castiza

Teresa CORNIDE PAZ, Elvira Antonia DÍAZ-VIZCAÍNO, Francisco Javier TABOADA DÍAZ

1. Descripción

1.1. Morfología

Según Talavera (1999), en el género *Cytisus* se incluyen arbustos, subarbustos o árboles pequeños, inermes. Las hojas, con disposición alterna, pueden presentar o no estípulas diferenciadas, pecioladas o sentadas, unifoliadas o trifoliadas, caducas o persistentes. Las inflorescencias se disponen en glomérulos axilares, rara vez terminales, con pocas flores pediceladas. Las flores son frecuentemente amarillas y rara vez blancas y el fruto es una legumbre con un número variable de semillas.

Cytisus multiflorus (L' Hér.) Sweet. es un arbusto de 0,8-1,5 m, erecto, con hojas bien desarrolladas solo después de la floración, de aspecto retamoide. Las ramas son angulosas, con (6)8 costillas en forma de T, a veces con 1-2 costillas secundarias suplementarias, distantes, que dejan ver los valles planos o convexos, que se encuentran densamente seríceas cuando son jóvenes, y luego glabrescentes, presentan indumento doble, con pelos rectos y adpresos en las costillas y con pelos crespos muy pequeños en los valles. Las hojas son estipuladas, con folíolos seríceos o velutinos por ambas caras, las inferiores de los tallos jóvenes y la de los braquiblastos trifolioladas y pecioladas, las superiores de los tallos jóvenes unifolioladas; con pecíolo de 1,5-1,0 mm; folíolos de 4,5 x 2,5-4 mm

elípticos; órgano estipular recorrido por 3 costillas del tallo, con la costilla central menos desarrollada que las 2 laterales (Talavera, 1999).

Cytisus scoparius (L.) Link. es un arbusto de talla algo mayor que el anterior, (0,5)1-2 m. Ramas con 5 costillas agudas bien marcadas, en forma de V invertida, que delimitan amplios valles planos o cóncavos, seríceas, glabrescentes o velutinas y con pelos largos, patentes y rectos cuando son jóvenes y frecuentemente glabras cuando son viejas; indumento simple, formado por pelos rectos. Las hojas con estípulas poco diferenciadas, glabrescentes por el haz ± pelosas por el envés, las de los tallos juveniles unifolioladas, estipuladas, oblanceoladas, lanceoladas o estrechamente elípticas, con pecíolo corto y limbo de hasta 17 x 5 mm; las de los tallos más viejos casi todas trifoliadas o unifoliadas, las trifoliadas, con pecíolo de hasta 13 mm y folíolos de hasta 11 x 4 mm oblanceolados, el central un poco más largo que los laterales, órgano estipular muy pequeño, recorrido por dos costillas del tallo (Talavera, 1999).

Cytisus striatus (Hill) Rothm. es un arbusto o árbol que puede alcanzar más talla que los anteriores, de 1-3 m, ramificado. Las ramas de sección circular o poligonal, con (7)8(9) costillas longitudinales en forma de T, a veces muy próximas y que no dejan ver los valles intercostales, densamente seríceas cuando son jóvenes, glabrescentes más tarde; indumento doble, con pelos rectos y adpresos en las costillas y pelos crespos más pequeños en los valles. Las hojas estipuladas, pecioladas, oblanceoladas, solitarias, las inferiores trifolioladas, solitarias o agrupados en braquiblastos, con pecíolo 5-12 mm y folíolos elípticos, peciolulados, el central de hasta 13(16,5) x 6(7) mm; órgano estipular recorrido por 2 costillas del tallo, en la vejez emarginado o bífido (Talavera, 1999).

1.2. Biología reproductiva

Cytisus multiflorus presenta las flores axilares, solitarias o en grupo de 2-3(4), en los braquiblastos; pedicelo 2,6-5(10) mm, tomentoso, con 3 bractéolas triangulares situadas en la mitad superior, a veces cerca del cáliz. Cáliz 2,7-3,5(4) mm, algo peloso; con tubo (1)2-2,5 mm; labios (1,5)2-2,5 mm, algo divergentes, con dientes en torno a 0,2 mm. La corola blanca, caduca; estandarte 10-12(13,5) x 8-11 mm, casi del tamaño de las alas y quilla, anchamente elíptico, con ápice y base redondeados, glabro, con uña de 1,5-2 mm; alas 10-12(13,5) x 3,7-4,7 mm, hemielípticas, glabras, con uña de 3-4 mm, quilla 11-13,5 x 3,7-4,2 mm, hemielíptica, con la aurícula ciliada y el margen inferior puberulento, en el resto glabra, con uña de 3-4 mm. Androceo con 5 estambres largos con anteras dorsifijas y 5 más cortos con anteras basifijas; tubo estaminal recto, casi 2 veces mayor que el cáliz; anteras dorsifijas 0,7-0,8 mm, las basifijas 1,1-1,3 mm. Ovario sentado, con 7-14 rudimentos seminales, seríceo, estilo cilíndrico, arqueado en las antesis, estigma algo extroso. El fruto (10)15-31 x (4,5)5-6,5 mm oblongoideo, aplanado, viloso cuando es joven, glabrescente en la dehiscencia, con 1-7 semillas. Las semillas 2,7-3 x 2,2-2,7 mm, ovoideas, algo aplanadas, verdosas o de un pardo oscuro, estrofiolo 0,7-1 x 1,8 mm, blanco (Talavera, 1999).

Cytisus scoparius tiene las flores dispuestas en los órganos estipulares de los tallos del año anterior, pedicelo de 6-11 mm glabro, blanquecino, con tres bractéolas dispersas. Cáliz 5-6,5 mm, glabro; labio superior 3-4 mm, labio inferior de 3,5-5 mm; dientes en

torno a 0,2 mm, puberulentos. Corola amarilla, caduca; estandarte 16-24 x 16-24 mm, redondeado o emarginado en el ápice, redondeado o subcordado en la base, glabro, con uña en torno a 2 mm; alas 16-24 x 8-10 mm, oblongas, glabras, con uña de 3,5-4,5 mm, quilla 17-25 x (7)8-10 mm, subfalciforme, puberulenta en la margen inferior, con aurícula en torno a 2 mm y uña de 3-4 mm. Androceo formado por 4 estambres largos, 1 mediano y 5 cortos, los largos y uno de los cortos con anteras dorsifijas, el mediano y 4 de los cortos con anteras basifijas; tubo estaminal oblicuo, casi del tamaño del cáliz; anteras 1,4-2,7 mm, las basifijas un poco mayores que las dorsifijas. Ovario con 14-18 rudimentos seminales, ciliado en los márgenes y glabro en las caras; estilo peloso o glabro. El fruto 20-50 x 7-12 mm, plano, de contorno elíptico, con cilios marginales de 1,5-3,5 mm y caras glabras, hasta con 13 semillas (Fig. 1). Las semillas (2)2,7-4 x 2-3 mm, ovoideas o elípticas, algo aplanadas, parduzcas o verdosas; estrofiolo 0,5-1 x 0,6-2,1 mm blanco (Talavera, 1999).

Cytisus striatus. Las flores dispuestas en los órganos estipulares del año anterior, pedicelo 5-10 mm, con pelos cortos y esparcidos, más abundantes en la parte inferior y 2(3) bractéolas situadas en la mitad superior. Cáliz 5-7 mm, con pelos cortos, adpresos y esparcidos, pero a veces subseríceo; labio superior 2,7-3,5 mm; labio inferior 4-5 mm; dientes 0,2-0,3 mm, puberulentos. Corola amarilla, caduca; estandarte 16-24 x 17-20 mm, emarginado en el ápice, redondeado en la base, glabro o rara vez con una fila de pelos submarginales en la base, con una uña en torno a 2 mm; alas 18-27 x 8-11 mm, elípticas, con aurícula en la base en torno a 3 mm, ciliadas en la parte interna de la aurícula y a veces también en la uña y glabras en el resto, con uña de 4-5 mm; quilla 19-27 x 7-9 mm, aguada, falcada, con aurícula de 4 mm en la base, puberulenta en el margen inferior, ciliada en la base, con uña de 4 mm, glabra. Androceo con 2 estambres largos, 3 medianos y 5 cortos, los largos y los 3 medianos con anteras dorsifijas, los 5 cortos con anteras basifijas; tubo estaminal inversamente oblicuo, de longitud algo mayor que el cáliz; anteras 1,3-2 mm, las basifijas un poco más largas que las dorsifijas. Ovario 6-11 rudimentos seminales repartidos por toda la línea de sutura, densamente viloso; estilo casi enteramente peloso. El fruto 17-30(36) x 7,5-12(14) mm, de contorno romboideo, biconvexo, densamente algodonoso-velutino, con pelos blancos o amarillentos hasta 4,5 mm que ocultan sus caras, con (1)2-8 semillas (Fig. 1). Las semillas 2,7-4,3 x 1,7-3 mm, ovoideas, parduzcas, estrofiolo 0,7-1,3 x 1,6-2,3 mm, blanco (Talavera, 1999).



Figuras 1 a y b. Frutos de *Cytisus scoparius* (izquierda) y de *C. striatus* (derecha) (Fotos: C. Cardo).

En nuestras observaciones hemos constatado que la especie más temprana en la floración y por tanto también en la formación del fruto y las semillas es *C. multiflorus*; le sigue *C. scoparius* y finalmente *C. striatus*. Dependiendo de las condiciones climáticas, altitud, etc. se anticipan o retrasan las etapas en la fenología de cada una de las especies. Las plantas muy jóvenes, menos de 5 años, casi no florecen y las jóvenes y maduras lo hacen abundantemente (Cornide, 2001).

En *C. scoparius* las yemas florales (capullos) se desarrollan pronto, en abril, floreciendo entre abril y julio, o incluso a finales del invierno, según el matiz climático de las localidades. Los frutos se forman entre mayo y junio y las semillas se dispersan en junio y julio. Se ha observado que la producción de semillas es periódica, así, a años de producción de semillas abundante le siguen años de producción escasa (Williams, 1981).

En *C. striatus* las yemas florales se desarrollan algo más tarde, de mayo a junio, la floración dura algo más, desde mayo hasta julio, y la fructificación se desarrolla desde junio hasta agosto y es seguida de la dispersión de semillas que tiene lugar en agosto y septiembre.

En *C. multiflorus* las yemas florales se desarrollan pronto, antes que en las dos especies anteriormente citadas, desde marzo hasta mayo. La floración es más patente en abril y dura hasta finales de mayo, la fructificación tiene lugar también antes, desde finales de abril hasta mediados de julio, y la dehiscencia de las semillas tiene lugar fundamentalmente desde junio hasta mediados de julio. Las flores de *Cytisus*, como la mayoría de las Fabáceas, están tan especializadas, que en su mayoría van a ser accesibles solo a polinizadores del grupo de los himenópteros (Müller, 1883; Leppik, 1966), especialmente abejas (*Apidae*) y abejorros (*Bombidae*). Son pues, flores melitófilas, que podrían ser clasificadas como “generalistas” ya que participan en su polinización un amplio rango de *Apoideae* (Arroyo, 1988; Rodríguez-Riaño *et al.*, 1999 a y b).

El principal visitante es la abeja, *Apis mellifera*, así como de forma minoritaria otros insectos de pequeño tamaño (*Andrenidae*) y un escarabajo (*Tropinota hirta*). Las abejas melíferas tienen una media de 5-8 visitas cada 2 minutos, mayormente a flores de la misma planta o plantas próximas. Las abejas de la miel necesitan 5 a 25 segundos para polinizar. En *C. striatus* las flores polinizadas no son visitadas de nuevo, debido al mecanismo de polinización explosivo (Rodríguez-Riaño *et al.*, 1999 a). Por ello, es necesario que los polinizadores (sobre todo *Apis mellifera*) visiten las flores para la formación de semillas y frutos. La polinización cruzada manual conduce a un aumento del número de frutos y semillas por planta, lo que indica que la reproducción está limitada por la polinización. Estas flores no solo son visitadas por el néctar, sino también por el alto contenido proteico de su polen (Leppik, 1966). Respecto a la cantidad de polen que llegan a producir hay varios estudios que indican que la mayoría de las *Genisteae* (en las que se incluye el género *Cytisus*) suelen ser altamente productoras y, por el contrario, poco nectaríferas (Herrera, 1985; Arroyo, 1988; López *et al.*, 1999).

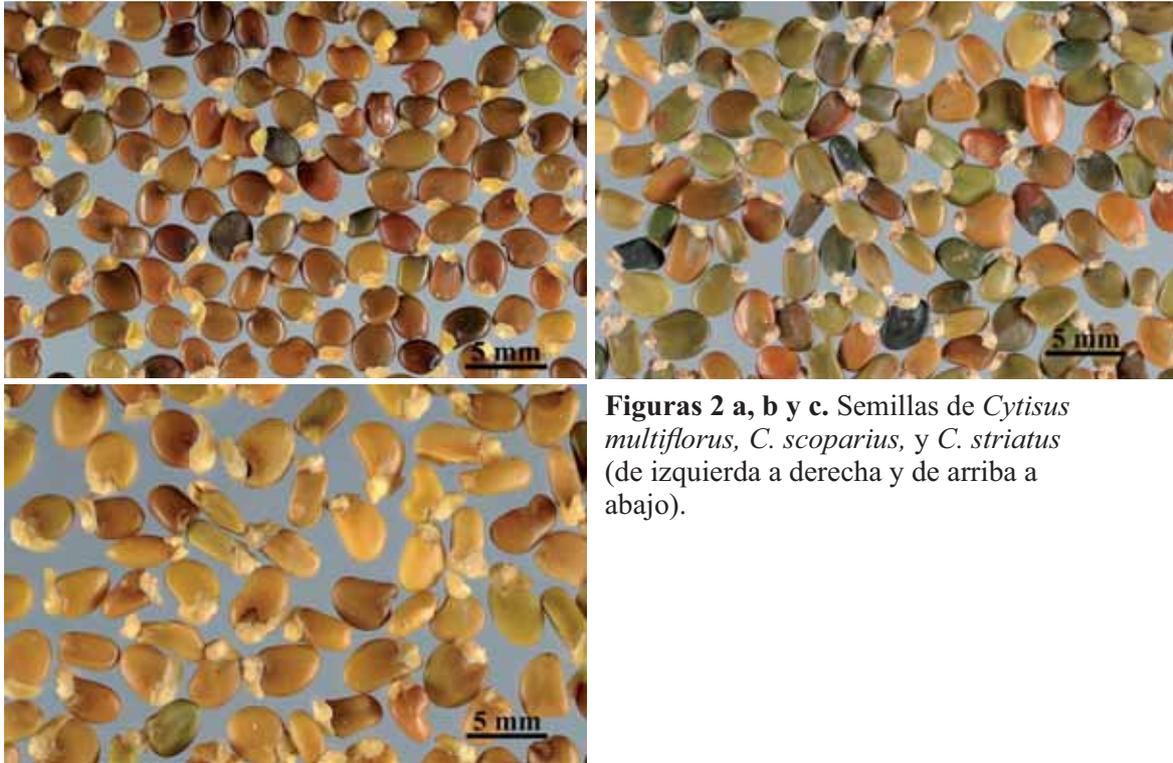
El androceo es monadelfo y en todos los casos la parte libre de los filamentos estaminales es linear. Sin embargo, en relación con el perfil de la parte superior del tubo estaminal, es oblicuo en *C. scoparius* y oblicuo inverso en *C. striatus*, aunque resulta dudoso o

inapreciable en *C. multiflorus* (Rodríguez-Riaño *et al.*, 1999 a y 2004). Los taxones con un mayor volumen de antera media individual se encuentran en *C. striatus* (medias superiores a 750 μm^3). El tamaño medio de polen es de $4,1 \pm 2,9 \mu\text{m}^3$ y los tamaños menores se presentan en *C. multiflorus*.

El género *Cytisus* presenta polinización explosiva, con un sistema eficaz para la fecundación por insectos u otros animales de pequeño tamaño, favoreciéndose la polinización cruzada entre diferentes flores o plantas. La liberación de las masas de polen en el interior del extremo de la quilla y la apertura súbita de los pétalos inferiores, que permite expansión brusca de estilo y extremos de los filamentos estaminales, se combinan para rebozar a los visitantes y recoger polen de visitas anteriores a otras flores. La polinización suele desarrollarse en un solo episodio, interviniendo poco la cabeza y el tórax del polinizador y más el abdomen en su parte dorsal o ventral (Ruiz de la Torre, 2006), aspecto éste en el que se diferencian las tres especies descritas (López *et al.*, 1999). El estilo es más o menos el doble de longitud que los estambres de los filamentos mayores y lleva algo más de la vuelta en bucle, de manera que el estigma queda al lado de los extremos de los cuatro o cinco estambres más largos; al llegar y posarse un insecto, se abren primero las partes baja y media de la quilla, de forma que los estambres cortos rebozan la parte inferior del polinizador; inmediatamente después, se abre la parte apical de la quilla y el polen de los estambres largos, así como el estilo, saltan violentamente hacia arriba, con lo que el polen se deposita en el dorso del polinizador, que ha sido tocado antes por el estigma, lo que asegura una elevada probabilidad de fecundación cruzada. En *Cytisus*, además, este proceso presenta una segunda oportunidad pues, tras ese primer episodio, los estambres se curvan y se recogen de nuevo, el estilo vuelve a enrollarse y el estigma se coloca justamente bajo las anteras de los estambres cortos, permitiendo que el proceso se repita (aunque ya con menor disponibilidad de polen). Esta segunda fase incrementa la probabilidad de fecundación y de que sea cruzada, si bien en la mayor parte de los géneros con polinización “explosiva” no hay la referida segunda oportunidad (Ruiz de la Torre, 2006).

Los frutos maduran en verano, a comienzo los de *C. multiflorus* y algo más tarde los de *C. scoparius* y *C. striatus*. La producción de frutos es abundante, especialmente en *C. striatus*, sin que se aprecien grandes variaciones entre años, como ha señalado Williams (1981) en poblaciones de *C. scoparius* de Nueva Zelanda. La maduración de algunos frutos secos viene acompañada de un “lanzamiento” de sus semillas (balistocoria) (Bacchetta *et al.*, 2008), de modo que su diseminación se produce por dehiscencia explosiva de las legumbres, cuyas valvas se retuercen bruscamente; a la dispersión de las semillas colaboran animales lignívoros que ramonean y comen los frutos con semillas en sazón, así como insectos recolectores que trasladan esas semillas (Ruiz de la Torre, 2006).

Las semillas (Fig. 2) presentan una envuelta externa (tegumento, testa) muy dura, que las hace totalmente impermeables al agua, por lo que su germinación es muy baja, menos de un 5%, y su dormición, por tanto, es física. El tegumento favorece la longevidad de las semillas, que mantienen una elevada viabilidad durante mucho tiempo, hasta 20 años se ha constatado en poblaciones de las tres especies del NO de la Península Ibérica (Taboada *et al.*, 2008). Por lo tanto, las semillas se acumulan constituyendo un banco permanente en el suelo, que garantiza así la persistencia de la especie. Los bancos de semillas se



Figuras 2 a, b y c. Semillas de *Cytisus multiflorus*, *C. scoparius*, y *C. striatus* (de izquierda a derecha y de arriba a abajo).

distribuyen en profundidad en el suelo al menos 15 cm, alcanzando valores variables según la etapa de desarrollo de la comunidad (unas 1.000 semillas m⁻² en formaciones jóvenes y 6.000 semillas m⁻² en maduras de *C. multiflorus*) (Cornide, 2001). Con la edad de las semillas su germinación se incrementa, lo que se aprecia sobre todo en *C. striatus*, facilitando el establecimiento de nuevas plantas a partir del banco de semillas del suelo. También puede contribuir a incrementar su germinación la ingestión por herbívoros, como es el caso de *C. scoparius* digerida por ovejas (Manzano *et al.*, 2005). Factores relacionados con la actividad agraria, como la abrasión al remover el suelo y la consiguiente exposición al contraste térmico que puede registrarse en la capa superficial del mismo, también incrementan su germinación (Cornide, 2001; Taboada *et al.*, 2007) pero, sin duda, son las elevadas temperaturas que se alcanzan en el suelo en un incendio forestal las que pueden producir el mayor incremento de la germinación, al escarificar la testa de las semillas (Rivas *et al.*, 2006).

1.3. Distribución y ecología

Cytisus multiflorus se encuentra en claros de robledales o encinares, campos abandonados, roquedos, taludes o bordes de caminos, frecuentemente sobre granitos o cuarcitas, rara vez en pizarras paleozoicas; entre (70)120-1.500 m de altitud. Este endemismo es frecuente en la mitad occidental de la Península Ibérica, algo más escasa hacia el este y ha sido introducido en Francia, Italia, Inglaterra, norte de América y Australia.

Cytisus scoparius se encuentra en bordes de caminos, cultivos abandonados y claros de alcornocales, encinares, robledales o pinares, sobre todo tipo de suelo, entre (0)200-2.000 m de altitud. Está presente en casi toda Europa, ha sido introducida en el Norte de

América, Sur de África y Australia. Frecuente en casi toda la Península Ibérica, es rara en el este.

Cytisus striatus se encuentra también en claros de alcornoques, quejigales y robledales, campos abandonados, taludes y bordes de camino, sobre arena, granitos, esquistos, pizarras o cuarcitas; entre 30 y 1.400 m. Presente en el oeste de la Península Ibérica y NO de Marruecos ha sido introducida en Francia, Inglaterra y Norteamérica.

2. Materiales forestales de reproducción

2.1. Marco normativo. Identificación de los materiales de reproducción

Las especies de *Cytisus* no están sometidas a la normativa nacional sobre regulación de materiales forestales de reproducción, por lo que no cabe asignarles de forma oficial regiones de procedencia ni tienen materiales de base (Fig. 3). El material de reproducción de estas especies podría ser de carácter local, dada la fácil recolección de las semillas y la disponibilidad de buenos pies productores, que podrían ser utilizados por los viveros. Al objeto de facilitar el reconocimiento y uso del citado material, se recomienda asignar de forma oficiosa, a modo de región de procedencia, las regiones de identificación establecidas por el método divisivo por García del Barrio *et al.* (2001).

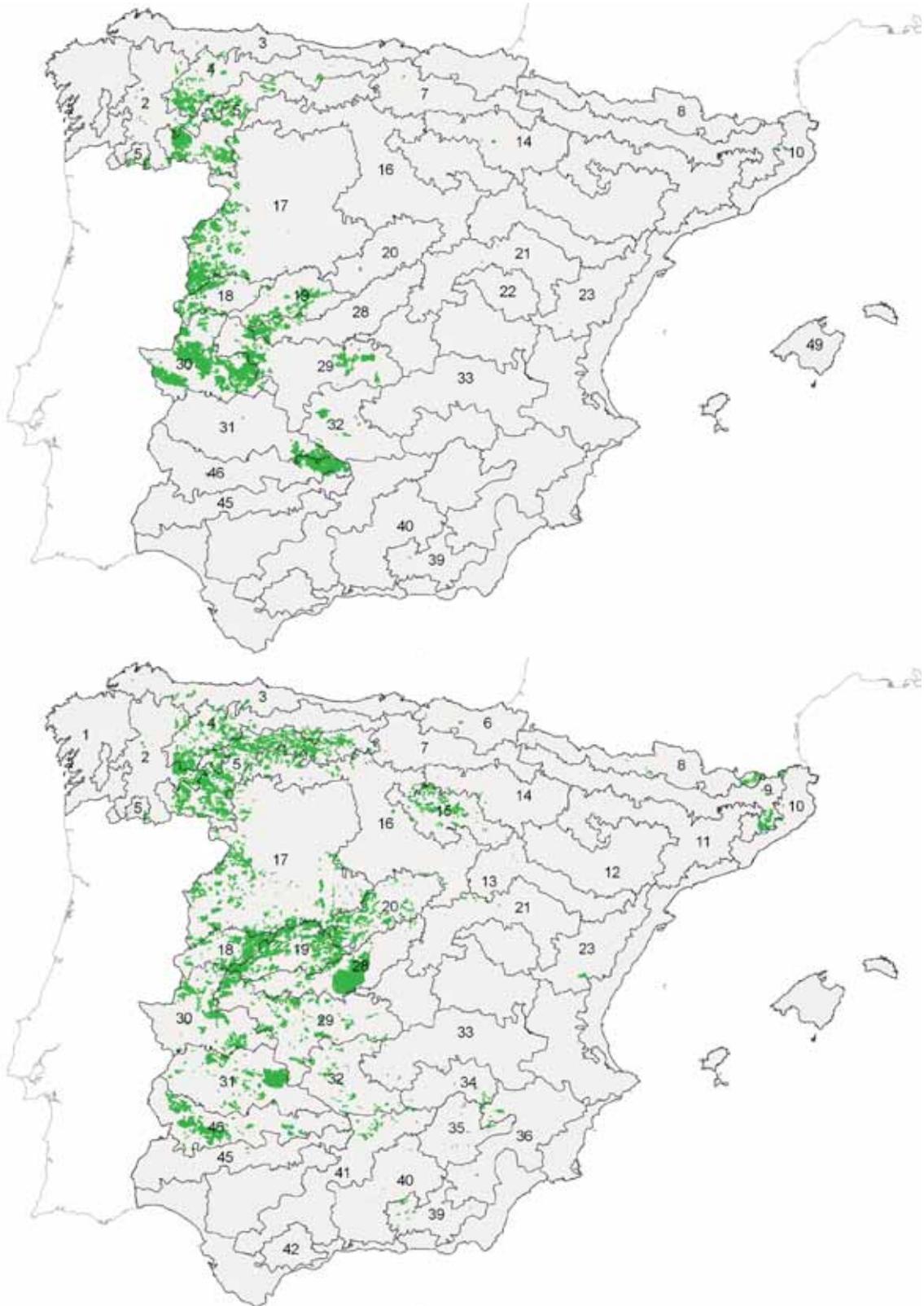
Ninguna de las tres especies que nos ocupan están incluidas en los Catálogos autonómicos de flora amenaza y protegida, a diferencia de otras del género *Cytisus* tales como *C. arboreus*, *C. decumbens*, *C. fontanesii*, *C. grandiflorus*, *C. malacitanus* y *C. villosus*, a las que sí se les ha asignado alguna catalogación al respecto en determinados territorios. Los materiales de reproducción del género *Cytisus* no están obligados a ir acompañados por un pasaporte fitosanitario.

2.2. Técnicas de manejo y propagación

2.2.1. Semillas

La recogida se hace a finales de verano o principios de otoño. Para obtener las semillas se deben recoger a mano los frutos antes de su madurez, lo que requiere su seguimiento en las fechas de maduración. Tal operación se hace mediante ordeño y se realizará antes de que se aprecie dehiscencia brusca de las legumbres al tacto. Las legumbres recién recolectadas deben extenderse al sol en capas delgadas, resultando conveniente, dada su dehiscencia explosiva, cubrirlas con una malla o red que impida que las semillas se dispersen. Al cabo de unos pocos días se procederá a un ligero vareado para acabar de facilitar su apertura y dejar escapar la semilla. Complementariamente, en caso de que no se suelten bien las semillas, cabe realizar un trillado. Con un aventado y cribado sucesivo se obtiene la semilla limpia, lista para su almacenaje o siembra. De subsistir muchas semillas vanas, se puede intentar su eliminación por flotación, procediéndose de inmediato al secado del lote si va ser almacenado (Catalán, 1991).

La conservación de la semillas se realiza en frío dentro de recipientes herméticos, si bien, dadas las características de su cubierta, admiten el almacenamiento durante 3-4 años al aire, en un ambiente seco y fresco.



Figuras 3 a y b. Distribución de *Cytisus multiflorus* (superior) y *C. scoparius* (inferior) y Regiones de Identificación de sus materiales (Fuente: Mapa Forestal de España, 1:200.000).

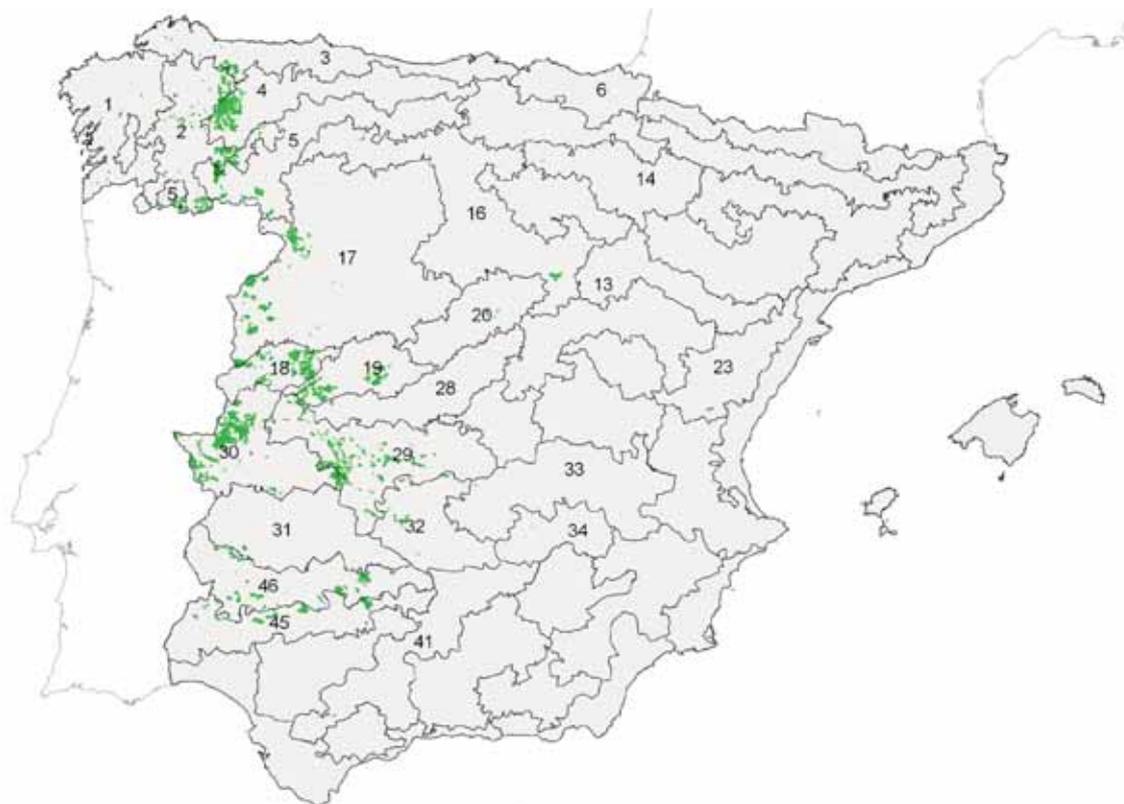


Figura 3 c. Distribución de *Cytisus striatus* y Regiones de Identificación de sus materiales de reproducción (Fuente: Mapa Forestal de España, 1:200.000).

Las semillas de estas especies presentan latencia externa debida a la impermeabilidad y dureza de su cubierta. Para facilitar la germinación es necesario escarificar la testa de las semillas, lo que se puede conseguir, como en otras leguminosas leñosas, además de mecánicamente, escaldándolas durante 1-5 minutos en agua hirviendo y dejándolas en agua fría durante 24 horas o por inmersión en ácido sulfúrico concentrado (96%) durante 60-90 minutos, alcanzándose así un 90% de germinación (González-Andrés *et al.*, 1993; López *et al.*, 1999). Aplicando tratamientos térmicos de calor seco (de 80 °C durante hora y media y de 90 °C durante 5 minutos) se puede conseguir un 70% de germinación, valor superior al obtenido con tratamientos de calor húmedo (González-Vecín *et al.*, 2009).

De las especies del género *Cytisus*, únicamente *C. scoparius* está incluido en las reglas de la ISTA, la cuales determinan para dicha especie como condiciones de germinación una alternancia térmica de 20-30 °C según un ciclo de 16-8 horas. Recomiendan para la ruptura de la dormancia externa punzar la semilla o retirar o raspar un trozo de testa en el extremo del cotiledón, seguido de la inmersión en agua durante 3 horas. Tales recomendaciones pueden hacerse extensibles al análisis del resto de especies del género, dada su similitud al respecto. Por su parte, la Forestry Commission (2010) propone para la especie citada que el ensayo convencional de germinación se realice a temperatura constante de 20 °C. Las características medias de los lotes de frutos y semillas de *Cytisus* spp. se recogen en la Tabla 1.

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

Rendimiento semilla/fruto (% en peso)	Pureza (%)	Facultad germinativa (%)	Nº semillas kg ⁻¹	Referencia
<i>Cytisus multiflorus</i>				
(15)	95-99		(175.400)	CNRGF <i>El Serranillo</i> (Anexo III)
(6-13)	98-100		100.000-150.000	Vivero Central JCyL (Anexo IV)
<i>Cytisus scoparius</i>				
		50-70	91.000-177.000 (125.000-130.000)	Piotto y Di Noi (2001)
10	98	96	98.000	Navarro y Gálvez (2001)
10-20	95-99	50-80	90.000-140.000	CNRGF <i>El Serranillo</i> (Anexo III)
7-19	99-100		110.000-130.000	Vivero Central JCyL (Anexo IV)
<i>Cytisus striatus</i>				
9	100	75	75.000	Navarro y Gálvez (2001)
(7)	95-99	(67)	(79.700-99.400)	CNRGF <i>El Serranillo</i> (Anexo III)

Nuestras observaciones indican que existe variabilidad entre cosechas en los resultados de escarificación térmica obtenidos con las semillas de una misma especie y, también, entre especies del mismo género, pudiendo disminuir considerablemente la germinación por la pérdida de viabilidad del embrión que resulta afectado por el calor; por lo que se aconseja realizar controles preliminares. La escarificación manual, realizando un corte en la testa de cada semilla con un bisturí de forma cuidadosa para no dañar el embrión, resulta también muy eficaz, proporcionando resultados similares a los test de viabilidad; si bien ésta es una técnica excesivamente laboriosa, que puede realizarse también utilizando una lija.

Germinación epigea. La plántula de *C. scoparius* presenta dos cotiledones elipsoidales y un eje pentagonal de unos 15 a 25 cm, con dos hojas simples efímeras. Por su parte, la plántula de *C. striatus*, de 3-4 cm, muestra dos hojas cotiledonares elipsoidales y hojas primordiales estipuladas, claramente pelosas por ambas caras, lo que le confiere un color blanquecino (Ruiz de la Torre, 1996).

2.2.2. Vegetativa

Las especies de *Cytisus* se propagan mediante esqueje, sobre todo cuando su uso es ornamental, para mantener las características de las variedades (Wyman, 1986). Se suelen realizar a partir de madera dura, a finales del verano-otoño, aunque también pueden realizarse de madera blanda, en primavera-verano. Para facilitar el desarrollo de raíces se aconseja realizar un lesionado del esqueje, así como un remojo lento durante 24 horas en ácido indolacético (AIA) 50-200 mg l⁻¹ o en ácido naftalenacético (ANA) 25-100 mg l⁻¹ (Martínez, 2009). El sistema radical es delicado y la planta se obtiene más fácilmente en contenedor, con un sustrato que lleve una proporción elevada de arena.

3. Producción de plantas

A pesar de la idoneidad de estas especies para restauración con diferentes objetivos, como la recuperación de paisajes culturales, la protección frente a la erosión o la mejora de la fertilidad del suelo, es muy escasa la información sobre sus potencialidades y manejo, especialmente en lo que se refiere a la producción y calidad de planta y su relación con dichos objetivos de restauración.

Nuestros resultados preliminares sobre obtención de planta y su desarrollo inicial indican que se puede obtener fácilmente planta de las tres especies y que su desarrollo es bastante rápido, pudiendo alcanzar una altura próxima a 10 cm en torno a los dos meses, sobre todo *C. scoparius* y *C. striatus* (Fig. 4). La producción de planta se puede realizar en bandejas forestales de alveolos de 150 cm³ y 12 cm de profundidad, lo que facilitará la profundización de la raíz, en sustratos de turba con vermiculita, en proporción en volumen 80-20. Las condiciones de luminosidad, así como una baja fertilización con N, P y K resultan adecuadas para producir planta de calidad como han encontrado Valladares *et al.* (2002) en otras leguminosas arbustivas. La nodulación puede producirse espontáneamente en sustrato comercial, sin necesidad de inoculación, y el desarrollo de nódulos resulta apreciable a partir del primer mes de desarrollo. En este sentido es de señalar que las tres especies nodulan con diferentes especies de *Bradyrhizobium*, presentando un elevado grado de promiscuidad en dicha simbiosis *C. scoparius*, en menor medida *C. striatus* y menos aún *C. multiflorus*; por lo que la inoculación con su apropiado nativo *Bradyrhizobium* puede mejorar la revegetación de suelos alterados (Rodríguez-Echeverría *et al.*, 2003).



Figuras 4 a y b. Plantas de una savia de *Cytisus multiflorus* cultivada en alveolo de 300 cm³ (izquierda) y de *C. scoparius* cultivada en alveolo de 400 cm³ (derecha) (Fotos: CNRGF El Serranillo).

Entre las tres especies, *C. multiflorus* es la que alcanza comparativamente un menor desarrollo en estas primeras etapas, tanto de la parte aérea como de la radical, debido sobre todo a su menor tamaño y biomasa foliar que las otras dos.

4. Uso en repoblaciones y restauraciones

Las tres especies de escoba son adecuadas para restauración con diferentes objetivos, como la recuperación de paisajes culturales, la protección frente a la erosión o la mejora de la fertilidad del suelo. También lo son para la revegetación de taludes de infraestructuras viarias, siendo *C. striatus* la más utilizada, asilvestrándose a veces en sus inmediaciones (Aizpuru *et al.*, 1999). Su rápido crecimiento, comentado anteriormente, como el de otras leguminosas arbustivas (*Retama sphaerocarpa*), las hace recomendables cuando se requiere una rápida restauración (Domínguez *et al.*, 2001).

Las especies de *Cytisus* tienen crecimiento rápido de jóvenes y una longevidad próxima a 20 años, lo que las hace muy adecuadas para rotaciones agrosilvopastorales, uno de sus usos tradicionales, ampliamente extendido en la primera mitad del siglo pasado y de cuya importancia es buen reflejo la compra-venta de las semillas de escoba; tradición que ha persistido de manera residual en áreas de montaña del noroeste ibérico (Bouhier, 1984; Cornide *et al.*, 2006, Taboada *et al.*, 2007 y 2008) contribuyendo, así, al mantenimiento del paisaje cultural de estas áreas, a su protección frente a la erosión y a la mejora de la fertilidad del suelo.

En estos sistemas agrosilvopastorales quedan también incorporados los usos de *Cytisus* spp. según su nivel de desarrollo (Cornide *et al.*, 2006; Taboada *et al.*, 2007 y 2008). Así, las ramas rectas, delgadas y flexibles, que incrementan su rigidez al secarse, son particularmente adecuadas para barrer, a lo que se debe su tradicional utilización para confeccionar escobas o escobones e incluso aún, hoy en día, su empleo directo en el barrido, del que derivan gran parte de los nombres vernáculos. En este sentido, en la toponimia son abundantes nombres tales como escobar, escobedo, xesteira, xistral, hiniesta, isatsa, etc. (Ruiz de la Torre, 2006).

Las ramas se aprovechan también para cama de ganado, cubiertas de instalaciones rústicas o incluso de viviendas, picadas como fuente de abono y, en seco, como leña energética. Los rodales tienen una función protectora evidente, con efecto fertilizante y de estímulo a la progresión, aunque tienden a ser estables en largos periodos y a entrar en rotaciones o ciclos, bien por la actividad humana al instalar cultivos, casi siempre de cereales o por efecto de incendios forestales (Cornide *et al.*, 2006; Ruiz de la Torre, 2006).

Las tres especies de *Cytisus* pueden ser utilizadas como planta nodriza en restauraciones forestales, al menos en ambientes semiáridos; tecnología basada en la función facilitadora de muchas especies de matorral, como *Retama sphaerocarpa*, a favor de la sucesión ecológica (Castro *et al.*, 2002 y 2006). Esta leguminosa arbustiva en ambientes de estrés (por sequía estival y presión de los herbívoros) interacciona de forma positiva para las especies de árboles, que aprovechan el reciclado de nutrientes del mantillo y el mutualismo con las micorrizas, así como la movilización de agua y nutrientes y el ambiente más adecuado para la germinación de semillas (Padilla, 2008; Padilla y

Pugnaire, 2009). *R. sphaerocarpa*, según dichos autores, presenta características que la hacen una buena especie facilitadora ya que fija nitrógeno, dejando pasar en torno a un 70% de la radiación a pesar de su porte, dado que su ramaje es laxo; características que comparte con las especies de *Cytisus*.

5. Planificación de la repoblación

La repoblación con *Cytisus*, así como con otras leguminosas arbustivas, se realiza en restauración de áreas críticas, con fuertes limitaciones al establecimiento de otras especies. La plantación de brinzales se recomienda a finales del invierno o principios de primavera, tras una preparación del terreno mecánicamente con subsolado lineal de doble pase y un solo rejón; regando una sola vez en verano en ambiente árido o semiárido (Padilla *et al.*, 2004). Nuestras observaciones sugieren que en ambiente atlántico estas especies deberían ser evaluadas para contribuir a una rápida regeneración vegetal tras grandes incendios forestales, así como para facilitar la regeneración tras incendios muy intensos en los que el rebrote y la germinación natural se pueden ver comprometidos.

6. Bibliografía

- AIZPURU I., ASEGINOLAZA C., URIBE-ECHEBARRIA P.M., URRUTIA P., ZORRAKIN I., 1999. Claves ilustradas del País Vasco y territorios limítrofes. Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco.
- ARROYO J., 1988. Atributos florales y fenología de la floración en matorrales del sur de España. *Lagascalía* 15, 43-78.
- BACCHETTA G., BUENO SÁNCHEZ A., FENU G., JIMÉNEZ-ALFARO B., MATTANA E., PIOTTO B., VIREVAIRE M. (eds.), 2008. Conservación *ex situ* de plantas silvestres. Principado de Asturias/La Caixa.
- BOUHIER A., 1984. Las formas tradicionales de utilización del monte, su evolución reciente, las perspectivas de porvenir. En: Edicións do Castro. Os usos do monte en Galicia. Cuad. Área C. Agrarias 5, 11-28.
- CASTRO J., ZAMORA R., HÓDAR J.A., GÓMEZ J.M., 2002. Use of shrubs as nurse plants: a new technique for reforestation in mediterranean mountains. *Restor. Ecol.* 10 (2), 297-305.
- CASTRO J., ZAMORA R., HÓDAR J.A., 2006. Restoring *Quercus pyrenaica* forests using pioneer shrubs as nurse plants. *J. Appl. Veg. Sci.* 9, 137-142.
- CATALÁN G., 1991. Semillas de árboles y arbustos forestales. Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid.
- CORNIDE T., 2001. Dinámica de las comunidades de *Cytisus striatus* (Hill) Rothm. y *Cytisus multiflorus* (L' Hér.) Sweet en la Galicia interior. Tesis Doctoral. Universidad de Santiago de Compostela.
- CORNIDE T., DÍAZ-VIZCAÍNO E., CASAL M., 2006. Biodiversity and dynamics of tradicional silvopastoral systems in Galicia (north-west Spain): *Cytisus* scrubs. En: *Silvopastoralism and Sustainable Land Management*. (Mosquera-Losada M.R., McAdam J., Rigueiro A., eds.). CABI Publishing. Oxfordshire. pp. 248-250.
- DOMÍNGUEZ S., MURIAS G., HERRERO N., PEÑUELAS J.L., 2001. Comparación del desarrollo de ocho especies mediterráneas durante su primer año en campo y su relación con los parámetros funcionales de plantas. En: *Actas del III Congreso Forestal Español*. Mesa 3. (Junta de Andalucía, ed.). Granada. pp. 75-81. Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- 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]

- 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-ANDRÉS F., ORTIZ J.M., CERESUELA L., 1993. A search for an efficient method of seed propagation in *Cytisus heterochrous* Webb ex Colmeiro. *J. Hortic. Sci. Biotech.* 68(4), 523-528.
- GONZÁLEZ-VECÍN T.M., CORNIDE T., TABOADA F.J., DÍAZ VIZCAÍNO E.A., 2009. Comparación de dos técnicas de estimulación de la germinación de Leguminosas arbustivas del NO de la Península Ibérica. 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>
- HERRERA J., 1985. Nectar secretion patterns in southern Spanish Mediterranean scrublands. *Israel J. Bot.* 34, 47-58.
- LEPPIK E.E., 1966. Floral evolution and pollination in the *Leguminosae*. *Ann. Bot. Fenn.* 3, 299-308.
- LÓPEZ J., DEVESA J.A., RUIZ T., ORTEGA-OLIVENCIA A., 1999. Seed germination in *Genisteae* (*Fabaceae*) from south-west Spain. *Phyton* 39(1), 107-129.
- MANZANO P., MALLO J.E., PECO B., 2005. Sheep gut passage and survival of Mediterranean shrub seeds. *Seed Sci. Res.* 15, 21-28.
- MARTÍNEZ F., 2009. Multiplicación de ornamentales por esqueje de tallo. En: Planteles, semilleros, viveros. Compendio de Horticultura. Ediciones de Horticultura. Reus.
- MÜLLER H., 1883. The fertilization of flowers. Mcmillan. London.
- 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. 147-152.
- PADILLA F.M., 2008. Factores limitantes y estrategias de establecimiento de plantas leñosas en ambientes semiáridos. Implicaciones para la restauración. *Ecosistemas* 17(1), 155-159.
- PADILLA F.M., PUGNAIRE F.I., 2009. Species identity and water availability determine establishment success under the canopy of *Retama sphaerocarpa* shrubs in a dry environment. *Restor. Ecol.* 17, 900-907.
- PADILLA F.M., PUGNAIRE R.M., HERVÁS M., ORTEGA R., 2004. El uso de especies arbustivas para la restauración de la cubierta vegetal en ambientes semiáridos. *Cuad. Soc. Esp. Cienc. For.* 17, 103-107.
- PIOTTO B., DI NOI A. (eds.), 2001. Propagazione per seme di alberi e arbusti della flora mediterranea. ANPA, Roma.
- 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, 73-81.
- RODRÍGUEZ-ECHEVERRÍA S., PÉREZ-FERNÁNDEZ M.A., VLAARAND S., FINNAN T., 2003 Analysis of the legume-rhizobia symbiosis in shrubs from central western Spain. *J. Appl. Microbiol.* 95, 1367-1374.
- RODRÍGUEZ-RIAÑO T., ORTEGA-OLIVENCIA A., DEVESA J.A., 1999 a. Biología floral en *Fabaceae*. *Monogr. Real Jard. Bot. Ruizia* 16. Madrid.
- RODRÍGUEZ-RIAÑO T., ORTEGA-OLIVENCIA A., DEVESA J.A., 1999 b. Reproductive biology in two *Genisteae* (*Papilionoideae*) endemic of the western Mediterranean region: *Cytisus striatus* and *Retama sphaerocarpa*. *Can. J. Bot.* 77, 809-820.
- RODRÍGUEZ-RIAÑO T., ORTEGA-OLIVENCIA A., DEVESA J.A., 2004. Reproductive biology in *Cytisus multiflorus* (*Fabaceae*). *Ann. Bot. Fenn.* 41, 179-188.
- 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.

TABOADA DÍAZ F.J., CORNIDE T., DÍAZ VIZCAÍNO E., 2007. Comparación da resposta xerminativa de seis leguminosas arbustivas de Galicia en relación con factores vinculados á actividade humana. En: (Evans J., Kristensen B., Crespo O., eds.). Mocidade Investigadora Galega. Santiago de Compostela.

TABOADA DÍAZ F.J., CORNIDE T., DÍAZ VIZCAÍNO E., 2008. Potencialidade silvopastoral de Leguminosas arbustivas en Galicia (NO España) segundo a súa xerminación. En: Relatorios I Congreso Internacional de Valorización Integral do Monte. Santiago de Compostela.

TALAVERA S., 1999. *Cytisus*. En: Flora iberica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares. Vol VII(I) *Leguminosae* (partim). (Talavera S., Aedo C., Castroviejo S., Romero Zarco C., Sáez L., Salgueiro F.J., Velayos M., eds.). Real Jardín Botánico, Madrid. pp. 147-182.

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

WILLIAMS P.A., 1981. Aspects of ecology of broom. (*Cytisus scoparius*) in Canterbury. New Zealand. *New Zealand J. Bot.* 19, 31-43.

WYMAN D., 1986. Wyman's gardening encyclopedia. Expanded 2nd ed. Macmillan. New York.

Ephedra fragilis Desf. subsp. *fragilis*

Canadillo, hierba de las coyunturas, trompetera, trompetera alenda; *cat.*: ginesta borda, trompera fràgil.

Francisco M. PADILLA RUIZ, María Aránzazu PRADA SÁEZ, Francisco I. PUGNAIRE DE IRAOLA

1. Descripción

1.1. Morfología

Ephedra fragilis se desarrolla como un arbusto de 2 a 3 m de altura, en ocasiones 4 m, densamente ramificado desde la base. Las raíces del canadillo se ramifican de manera más o menos rizomatosa, alcanzando una profundidad similar o que supera ligeramente la altura de la parte aérea (Cornelini *et al.*, 2008). Los entrenudos de los tallos jóvenes se separan muy fácilmente; de ahí su denominación.

Las hojas presentan una apariencia de escamas, se disponen de manera opuesta en los nudos y están soldadas en la base, dando lugar a una pequeña vaina. Tienen la función clorofílica muy limitada, que es realizada fundamentalmente por los tallos.

1.2. Biología reproductiva

El canadillo es una especie dioica. Sus conos florales surgen de las axilas de las hojas. Los conos masculinos son de color amarillento y se presentan en grupos de cuatro a ocho pares rodeados en su base por brácteas orbiculares, consistentes. Los conos femeninos son pedunculados, con forma más o menos ovoidea, y están constituidos por un rudimento seminal con un túbulo con forma estiliforme que recibe el polen, protegido por dos a tres pares de brácteas. La floración tiene lugar durante la primavera, entre los meses de abril y junio. La polinización se efectúa gracias a la acción del viento.

Los pseudofrutos (Fig. 1) son ovoides, de 7 a 9 × 2,5 a 3 mm, compuestos por las semillas cubiertas parcial o totalmente por las brácteas algo carnosas, que adquieren una coloración rojiza o rojo violácea en la madurez, dando un aspecto muy vistoso a la planta (Amaral Franco, 1986; López González, 2001). La maduración se produce entre los meses de junio y agosto y su dispersión es zoócora. En esta especie, la vecería tiene lugar cada dos años (Ruiz de la Torre, 1996).

1.3. Distribución y ecología

Se distribuye por el oeste de la región mediterránea (Italia, España y sur de Portugal, Marruecos, Argelia, Túnez y Libia) y en la Macaronesia. En España se localiza principalmente en el Sistema Bético, en la costa y en zonas áridas y semiáridas del interior, en las depresiones del Ebro y del Tajo y en las islas mayores de Baleares, encontrándose también en las islas Canarias.



Figura 1. Sincarpos de *Ephedra fragilis*
(Foto: L. Serra).



Figura 2. Semillas de *Ephedra fragilis*.

El canadillo es un taxón heliófilo y termófilo, que es capaz de soportar períodos de aridez acusados. No es nada exigente en cuanto al sustrato, creciendo en calizas, en yesos e, incluso, en suelos arenosos con moderados contenidos de sal.

Es abundante en ambientes costeros, tanto en roquedos como en arenales, y se encuentra también asociado a diversos matorrales esclerófilos de clima semiárido y árido, llegando hasta los 1.100 m de altitud.

Es una especie muy apetecida por animales salvajes y por el ganado. Así, las poblaciones suelen estar formadas por ejemplares adultos ramoneados y la regeneración natural sólo puede observarse cuando está protegida por plantas espinosas o de talla media (Ruiz de la Torre, 2006).

2. Materiales forestales de reproducción

2.1. Marco normativo. Identificación de los materiales de reproducción

Ephedra fragilis no está incluida en normativas que puedan afectar a la producción y comercialización de sus materiales de reproducción o limitar su utilización. Se debe emplear, por principio de precaución y en aras de la conservación de la estructura genética de la especie, materiales procedentes de la misma región biogeográfica en la que se va a efectuar la restauración. 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).

En Castilla-La Mancha, *E. fragilis* está catalogada como “De interés especial” por el Decreto 33/1998. En los Catálogos de Castilla y León (D. 63/2007) y País Vasco (O. de 10 de enero de 2011) *E. fragilis* subsp. *fragilis* figura dentro de las categorías de “Atención preferente” y “En peligro de extinción”, respectivamente.

El canadillo no está regulado por la normativa fitosanitaria, por lo que sus materiales no van acompañados por el pasaporte fitosanitario.



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

2.2. Técnicas de manejo y propagación

2.2.1. Semillas

La recolección de los conos se efectúa en su madurez, en los meses de julio y agosto, mediante ordeño o vareando las matas. Es necesario controlar frecuentemente el estado de maduración de los frutos ya que su dispersión natural tiene lugar en un breve lapso (Bachetta *et al.*, 2008). El procesado para la limpieza de las semillas se debe realizar rápidamente, con el fin de evitar pudriciones; para ello se rompen las brácteas carnosas mediante un suave despulpado, eliminando los restos que flotan y, posteriormente, se someten a secado, cribado y aventado. Las semillas se conservan sin problemas durante varios años, en recipientes herméticos y a 4 °C, una vez reducido su contenido de humedad en torno al 5%.

Las semillas de *E. fragilis* no presentan problemas para germinar y lo hacen rápidamente. Sin embargo, para acelerar los procesos de germinación es conveniente sumergirlas en agua durante unas 24 h antes de la siembra. Esta se realiza en primavera.

Las plántulas del canadillo presentan dos hojas cotiledonares aciculares; los siguientes pares de hojas también son aciculares, aunque de menor longitud, perdiendo rápidamente esta característica juvenil en el cuarto o quinto verticilo, cuando aparecen las hojas escamosas, propias de los ejemplares adultos (Ruiz de la Torre, 2006).

Tabla 1. Datos característicos de lotes de semillas de *Ephedra fragilis*.

Rendimiento semilla/fruto (% en peso)	Pureza (%)	Facultad germinativa (%)	Nº semillas kg ⁻¹	Referencia
		67	54.400	Ruiz de la Torre (1996)
6	99	(73)	(48.418)	Navarro-Cerrillo y Gálvez (2001)
1-20	96-100	61-95	48.400-61.200	Banc de Llavors Forestals (Anexo II)

2.2.2. Vegetativa

Ephedra fragilis no se propaga vegetativamente para su uso masivo aunque se pueden obtener plantas a partir de estaquillas semileñosas o leñosas (Mac Cárthaigh y Spethmann, 2000). O'Dowd y Richardson (1993) han realizado experiencias para la propagación *in vitro* de *E. fragilis* y otros taxones del género, empleando segmentos de tallos como explantos.

3. Producción de plantas

Las siembras en vivero se pueden realizar en bandejas de germinación (Padilla *et al.*, 2009 a) o directamente en envases forestales (Ruiz de la Torre, 1996). En el primer caso, la siembra se debe realizar sobre vermiculita de grado grueso, para favorecer la aireación y mantener la humedad del sustrato. Las plántulas se transfieren cuidadosamente a los envases forestales definitivos cuando los cotiledones han emergido de las semillas, normalmente entre 3 y 4 semanas después de la siembra.



Figura 4. Planta de una savia con cepellón de *Ephedra fragilis* (Foto: CNRGF El Serranillo).

En el caso de utilizar envases forestales, se aconseja la colocación de sólo dos semillas por envase, ya que su germinación es, por lo general, buena. Las características de esta especie permiten el cultivo en envases forestales de 200 cm³, empleando como sustrato tierra vegetal. De esta manera se obtienen plantas con un tamaño final de 7-15 cm de altura (Navarro-Cerrillo y Gálvez, 2001). El cultivo en envases forestales de 300 cm³ da lugar a plantas de 25 cm de altura (Padilla *et al.*, 2009 a) (Fig. 4). En todo caso, se recomienda el empleo de envases del mayor volumen posible, para obtener un mejor desarrollo radical y, por ende, aumentar la probabilidad de supervivencia en ambientes mediterráneos (Padilla y Pugnaire, 2007). Aunque las plantas de una savia muestran un fácil arraigo en campo (Padilla *et al.*, 2009 b), Ruiz de la Torre (1996) sugiere la utilización de plantas de dos o tres savias, pues aquéllas son más apetecidas por el ganado.

La aplicación de podas antes de la plantación de esta especie, para alterar la relación parte aérea/parte radical, disminuyendo la superficie transpirable, se tradujo en un incremento de la supervivencia, pero sin afectar a su desarrollo posterior (Cortina *et al.*, 2004). Esta poda se suele realizar durante el crecimiento estival, para dar tiempo a que se cicatrice la herida y se forme una nueva yema terminal.

4. Uso en repoblaciones y restauraciones

El canadillo es una especie interesante para la creación de una cubierta vegetal en áreas degradadas y para la diversificación del cortejo de especies en repoblaciones forestales efectuadas con pinos termófilos (Ruiz de la Torre, 1996; Cortina *et al.*, 2004; Carreras, 2006). Su uso en zonas áridas es especialmente recomendable ya que su resistencia a la sequía y a las altas intensidades de luz lo hacen idóneo para ambientes exigentes donde otras especies menos resistentes no consiguen sobrevivir (Padilla *et al.*, 2004; Padilla *et al.*, 2009 b). Puede tener, además, un carácter protector del suelo, porque las numerosas ramas de los individuos adultos proporcionan una eficaz cubierta frente a la erosión (Ruiz de la Torre, 1996). Su empleo en nuestros días es cada vez menos experimental (Vallejo, 2005) y más común.

5. Planificación de la repoblación

El canadillo ha sido plantado con éxito en experimentaciones realizadas en sitios con condiciones ecológicas limitantes para la vegetación, sobre todo si se considera las sencillas técnicas de establecimiento empleadas (Fig. 5).

La edad de las plantas que más se ha utilizado en las restauraciones experimentales llevadas a cabo ha sido de una o dos savias con cepellón (Padilla *et al.*, 2004; Padilla *et al.*, 2009 b). El empleo de brinzales de una savia con cepellón supuso una supervivencia del 93% en parcelas montañosas del este de la provincia de Almería, que habían sido preparadas mediante subsolado lineal doble y protegidas con red antiherbívoros con malla de 8 mm de luz (Padilla *et al.*, 2004). En esa misma zona, Padilla *et al.* (2009 b) midieron supervivencias superiores al 50% tras 3 años en campo en individuos que simplemente habían estado protegidos por ramas y follaje de matorrales. Esta supervivencia se elevó al 75% cuando los plántones habían recibido riegos de establecimiento en los dos primeros veranos. La siembra directa también está indicada para esta especie, aunque se recomienda efectuarla preferiblemente mediante surquillos o por hidrosiembra. En las líneas de siembra se debe adoptar medidas de protección de las plántulas, utilizando ramaje o descaste (Ruiz de la Torre, 1996).

Debido al carácter heliófilo del canadillo, el empleo de protectores que proporcionen demasiada sombra al brinzal, por ejemplo los tubos tipo invernadero, puede ser perjudicial. Lo más recomendable parece ser el uso de protectores tipo rejilla o de brozas y ramas de matorrales para la protección de las plantas jóvenes frente a la acción de los herbívoros (Fig. 5). En zonas con riesgo de heladas es preferible el trasplante de plántones al finalizar el invierno (por ejemplo, febrero). No obstante, en zonas sin heladas puede ser conveniente considerar el trasplante en otoño (por ejemplo, octubre), con el

fin de asegurar el arraigo aprovechando las lluvias de este período, características de la zona mediterránea de la Península. Esta época también es la más recomendable para la siembra directa en campo, coincidiendo con el ciclo natural de regeneración de la especie (Rodríguez Pérez *et al.*, 2005).



Figura 5. Brinzal de *Ephedra fragilis* tras tres años en campo. Las ramas y broza actúan como protectores (Foto: F. Padilla).

6. Bibliografía

- AMARAL FRANCO J., 1986. *Ephedra* L. En: Flora iberica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares. Vol I. *Lycopodiaceae* - *Papaveraceae*. (Castroviejo S., Lainz M., López González G., Montserrat P., Muñoz Garmendia F., Paiva J., Villar L., eds.). Real Jardín Botánico, Madrid. pp. 191-195.
- BACCHETTA G.L., BUENO SÁNCHEZ A., FENU G., JIMÉNEZ-ALFARO B., MATTANA E., PIOTTO B., VIREVAIRE M. (eds.), 2008. Conservación *ex situ* de plantas silvestres. Principado de Asturias - La Caixa, Oviedo.
- CARRERAS C., 2006. Diversificación estructural de masas forestales artificiales. Resultados de ensayos en Andalucía Oriental. Invest. Agr.: Sist. Recur. For. Fuera de serie, 103-110.
- 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.
- CORTINA J., BELLOT J., VILAGROSA A., CATURLA R., MAESTRE F.T., RUBIO E., MARTÍNEZ J.M., BONET A., 2004. Restauración en semiárido. En: Avances en el estudio de la gestión del monte mediterráneo (Vallejo V.R., Alloza J.A., eds.). Fundación CEAM, Valencia, pp. 345-406.
- 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.

- LÓPEZ GONZÁLEZ G.A., 2001. Los árboles y arbustos de la Península Ibérica e Islas Baleares. Tomo I. Ed. Mundi-Prensa, Madrid. pp.334-337.
- MAC CÁRTHAIGH D., SPETHMANN W., 2000. Krüssmanns Gehölzvermehrung. Parey Buchverlag, Berlin.
- 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. 158-160.
- O'DOWD N.A., RICHARDSON D.H.S., 1993. *In vitro* micropropagation of *Ephedra*. J. Hort. Sci. 68, 1013-1020.
- PADILLA F.M., PUGNAIRE F.I., 2007. Rooting depth and soil moisture control Mediterranean woody seedling survival during drought. *Funct. Ecol.* 21, 489-495.
- PADILLA F.M., PUGNAIRE DE IDAOLA F.I., MARÍN R., HERVÁS MUÑOZ M., ORTEGA OLLER R., 2004. El uso de especies arbustivas para la restauración de la cubierta vegetal en ambientes semiáridos. *Cuad. Soc. Esp. Cienc. For.* 17, 103-107.
- PADILLA F.M., MIRANDA J.D., JORQUERA M., PUGNAIRE F.I., 2009 a. Variability in amount and frequency of water supply affects roots but not growth of arid shrubs. *Plant Ecol.* 204, 261-270.
- PADILLA F.M., ORTEGA R., SÁNCHEZ J., PUGNAIRE F.I., 2009 b. Re-thinking species selection for the restoration of arid environments. *Basic Appl. Ecol.* 10, 640-647.
- RODRIGUEZ PÉREZ J., RIERA N., TRAVESET A., 2005. Effect of seed passage through birds and lizards on emergence rate of Mediterranean species: differences between natural and controlled conditions. *Funct. Ecol.* 19, 699-706.
- 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. 269-271.
- VALLEJO V.R., 2005. Restoring Mediterranean Forests. En: *Forest Restoration in Landscapes* (Mansourian S., Vallauri D., Dudley N., eds.), in cooperation with WWF international. Springer, New York, pp. 313-319.

Erica arborea L.

Brezo blanco, brezo, brezo albarizo, brezo castellano, brezo cucharero, berozo blanco, turel, urce blanca; *cat.*: bruc boal, *eusk.*: txilar zuria, zurikatxa, chirrinchin, iguerrigue, iñarra, añarra; *gall.*: urce, urz, uz, urce branca, urrigata

Erica australis L.

Brezo rubio, brezo colorado, bermejuelo, bermejuela, brezo negro, berezo negro, berozo negrillo, berozo rubión; *gall.*: urz bermella, urz, urce; *eusk.*: ainara gorri

María Luz VALBUENA RELEA, María Luisa VERA DE LA PUENTE

1. Descripción

1.1. Morfología

En el género *Erica* (Fam. *Ericaceae*) se incluyen arbustos, excepcionalmente, árboles. Disponen de hojas en verticilos, de 3-6, a veces algunas alternas, enteras o raramente denticuladas, de márgenes resolutos, casi aciculares, generalmente muy estrechas (“ericoides”) y persistentes. El tamaño reducido de las hojas en los brezos del género *Erica* parece que es para disminuir la pérdida de agua por transpiración cuando hace calor o en situaciones con poca disponibilidad de agua. Las paredes celulares de las hojas son gruesas, con lignina o sílice, y las células pueden contener cantidades apreciables de taninos, resinas y aceites esenciales. Estas características las hacen poco apetecibles e indigestas para muchos herbívoros y altamente inflamables en condiciones secas. Se piensa también que el desarrollo de este tipo de hojas esclerófilas es una respuesta a los escasos niveles de nutrientes, especialmente de fósforo, en los suelos en que crecen los brezales. La asociación en sus raíces con hongos (micorrizas) les facilita vivir en estos medios (Webb, 1986).

El brezo blanco (*E. arborea*) es un arbusto o arbolillo siempre verde de 1-4 (7) m de talla en la Península Ibérica, según la región o la altitud. En Canarias alcanza porte arbóreo, pudiendo llegar a 20 m de talla, y en las montañas de África Oriental incluso más (Ruiz de la Torre, 2006). Este brezo generalmente está ramificado desde la cepa, con sus ramas jóvenes de costillas inapreciables, de corteza pardo-amarillenta, pero aspecto blanquecino, al estar cubiertas densamente de pelos, unos lisos (predominan en los brotes del año) y otros, más frecuentes, denticulados-equinados. Los tallos viejos son tortuosos y de color rojizo. Las hojas son lineares, con el margen muy revoluto, que no deja ver el envés y se disponen en verticilos de 3 ó 4; miden de 3 a 9 x (0,3) 0,5 a 0,7 mm. Son glabras o pelosas;

las jóvenes con cilios glandulíferos muy cortos. El follaje verde vivo claro, de los brotes nuevos, destaca sobre otros brezos. Las hojitas que van cayendo forman un humus ácido en el suelo, que se utiliza para cultivar plantas acidófilas (rododendros, azaleas, hortensias, etc.) y se le denomina “tierra de brezo” (López González, 2001; Ruiz de la Torre, 2006; Lastra, 2008). La var. *alpina* Dieck, de la Serranía de Cuenca, es utilizada en jardinería (Bayer, 1993). Esta variedad posee hojas de color verde intenso, que contrastan con los racimos compactos de flores blancas, y puede podarse enérgicamente para mantener la forma, favoreciendo nuevos crecimientos. Otras variedades que son también utilizadas en jardinería son: *E. arborea* ‘Albert’s Gold’, *E. arborea* ‘Estrella Gold’, *E. arborea* ‘Golden Joy’, *E. arborea* ‘Picos Pygmy’, *E. arborea* ‘Spanish Lime’, *E. arborea* ‘Spring Smile’ (HS, 2010).

El brezo negro (*E. australis*) es un arbusto de 0,3-1,7 (2,5) m. Tallos jóvenes de costillas algo marcadas, de corteza pardo-rojiza, con pelos simples, no glandulíferos, a veces mezclados con otros denticulado-equinados. Hojas lineares de 3 a 6 mm, dispuestas en verticilos de cuatro alrededor del tallo, erecto-patentes, lineares, brillantes, tan revolutas que no dejan ver el envés, glabras o pelosas, las jóvenes ciliado-glandulosas (Bayer, 1993). Especie con gran variabilidad morfológica, lo que ha llevado a diferentes interpretaciones taxonómicas. Las poblaciones del interior y del norte de la Península Ibérica son consideradas por otros autores como una subespecie (*E. australis* subsp. *aragonensis* (Willj.) Cout.), pero no siempre es posible su distinción (Bayer, 1993).

Una de las características más peculiares de los dos brezos referenciados, *E. arborea* y *E. australis*, es la formación de gruesas cepas basales, que a veces alcanzan los 50 cm de diámetro. Dicha cepa, que los botánicos denominan lignotubérculo, consiste en un dilatado engrosamiento de la parte superior de la raíz. En su superficie se origina un auténtico banco de yemas que rebrotan con gran vigor cuando se quema o es desbrozada la parte aérea de la planta. La localización de estas yemas, justamente a ras del suelo o subterráneas las protege del fuego reiterado (Oria de Rueda, 2003).

1.2. Biología reproductiva

Las flores son actinomorfas o ligeramente zigomorfas, dispuestas en inflorescencias, con 4 sépalos libres o un poco soldados, 4 pétalos soldados y 8 estambres.

Erica arborea presenta numerosas flores (menos en las zonas más sombrías), de color blanco, a veces algo sonrosadas, con pedicelo largo que lleva unas pequeñas brácteas (Fig. 1). Se presentan en inflorescencias umbeliformes de 1-3 flores en el ápice de cortas ramitas laterales. El cáliz tiene cuatro sépalos ovado-lanceolados, blanquecinos, glabros de 1,2-1,5 (2 mm), soldados en la base, la mitad de largos que la corola o algo menores. La corola, de 2-3,5 (4) mm, tiene forma acampanada, con cuatro lóbulos en el ápice de menos de 1 mm. La corola es persistente cuando se desarrolla el fruto. El androceo consta de ocho estambres, incluidos, con anteras pelosas de dehiscencia poricida, que presentan dos apéndices denticulados de 0,2-0,4 (0,6) mm en su base. Los granos de polen se disponen en tétrades. El gineceo consta de un ovario glabro, elíptico, con un estilo filiforme que sobrepasa la corola y termina en un estigma blanco de forma discoidal (Bayer, 1993). Se han estimado en Andalucía occidental unos 106 primordios seminales por flor y una

proporción de 243 granos de polen por primordio seminal (Arroyo y Herrera, 1988). En la cornisa cantábrica (año 2010), en orla de bosque a 350 m de altitud y sobre sustrato cuarcítico, estimamos entre 50 a 100 primordios seminales por flor, aunque algunos de ellos no estaban bien desarrollados. Cerca del nivel del mar (10 m) en umbría, el número de primordios seminales encontrados fue menor, y algunos de ellos arrugados. En la cordillera cantábrica, en la vertiente norte del Puerto de San Isidro entre 1.000 y 1.100 m, estimamos en una serie de brezos blancos creciendo en cuarcitas, con gran producción de flores (año 2010), entre 70 y 124 primordios seminales por flor, aunque la mayoría de las flores habían sido depredadas por trips (*Thysanoptera*), sin dejar rastro del ovario. En las otras localidades citadas el consumo de ovarios por los trips fue menos intenso. Mientras, al sur de la cordillera cantábrica, en la zona de Babia en sustrato silíceo, las flores no parecían estar afectadas por los trips y tenían entre 100 y 114 primordios seminales aparentemente muy bien desarrollados.



Figuras 1 a y b. Flores y semilla de *Erica arborea* (izquierda) (tamaño aproximado de la semilla: 0,5 mm) y *E. australis* (derecha) (semilla sobre papel milimetrado)
(Fotos de flores: M. L. Vera; fotos de semillas: L. Valbuena).

El fruto es una cápsula glabra, globosa, de unos 2 mm, que se abre en cuatro valvas; presenta numerosas semillas, aunque en ocasiones la producción puede ser menor de 10. Las semillas son de color marrón rojizo a marrón rojizo oscuro, aplanadas, con contorno elipsoidal o anchamente elipsoidal (Fig. 3) y ligeramente aladas lateralmente. La superficie de la semilla es estriada, formada por células alargadas en la dirección del eje principal, con contorno irregular. El tamaño medio de la semilla en poblaciones de la Península Ibérica oscila entre 0,4-0,5 mm de longitud y 0,25-0,35 mm de anchura (Fraga Vila, 1984; Fagúndez, 2006), mientras que poblaciones macaronésicas (Islas Canarias y Madeira) presentan semillas de mayor tamaño (de 0,55 a 0,8 mm de longitud y de 0,3 a 0,4 mm ancho).

Florece entre febrero y agosto según la altitud, orientación y latitud (Arroyo y Herrera, 1988; Vera 1995; López González, 2001; Ruiz de la Torre, 2006), con variaciones interanuales. La polinización es principalmente por insectos, aunque a veces puede ser por el viento (Arroyo y Herrera, 1988; Izco, 2004). *Erica arborea* tiene mucha importancia

apícola, pues es muy melífera y nectarífera. Los nectarios, situados en la base del ovario, son muy accesibles para las abejas, extrayendo gran cantidad de néctar y polen (Lastra, 2008). Las abejas podrían contribuir a la polinización. La época de maduración de la semilla suele ser en verano, aunque el periodo depende de la latitud, altitud y hábitat. Las semillas están maduras en agosto en la Cordillera Cantábrica, sobre los 1.500 m (Valbuena y Vera, 2002).

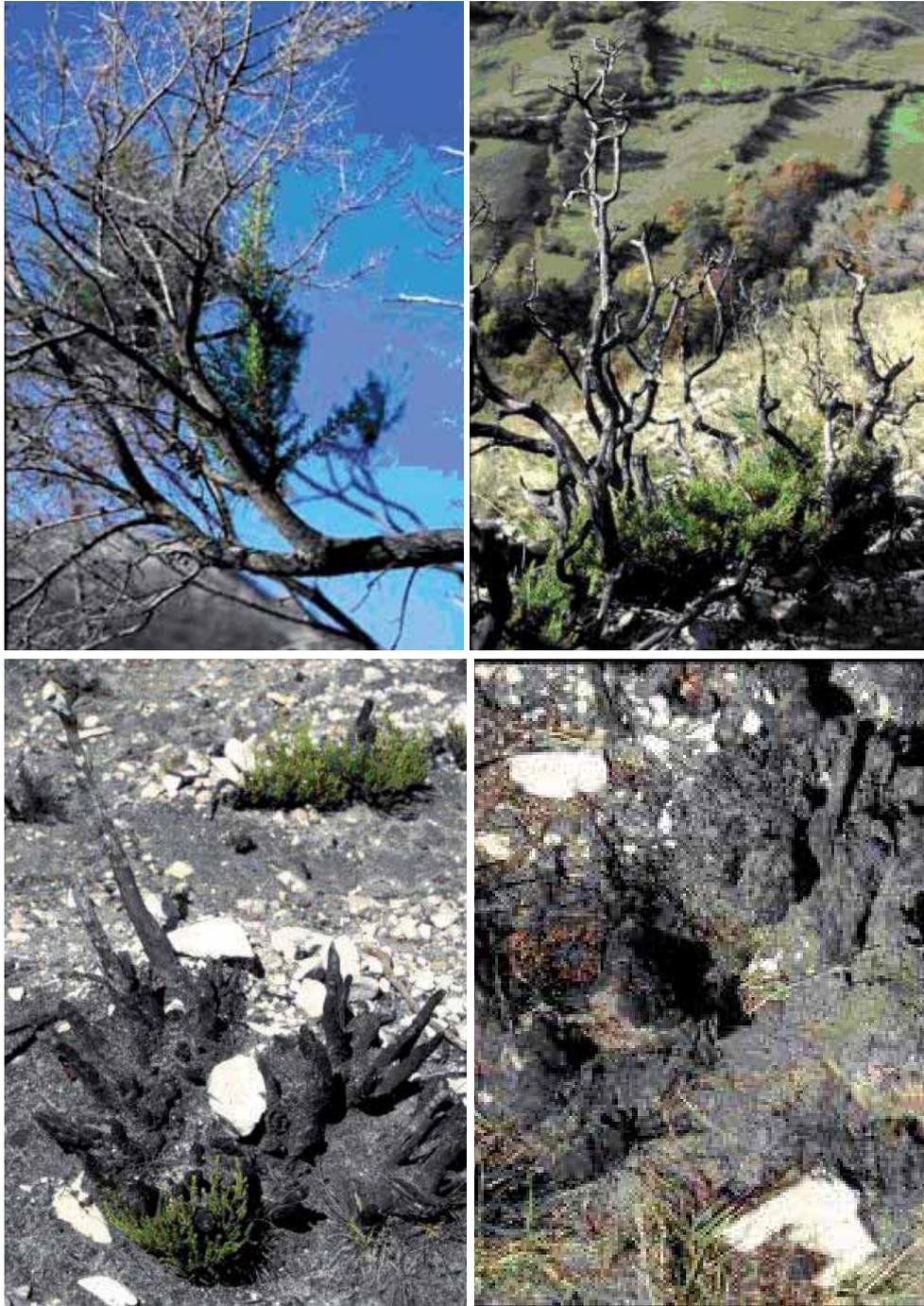
La dispersión de sus semillas es por el viento y por la gravedad y ocurre en verano (Mesleard y Lepart, 1991). Ojeda *et al.* (2000) señalan una producción menor de semillas en las garrigas sobre suelos ricos que en zonas con densa cubierta arbórea en diferentes hábitats de la región de Gibraltar. Sin embargo, en el resto de la Península Ibérica, viviendo en hábitats diversos, la respuesta podría ser diferente. La especie forma un banco de semillas en el suelo, pero a diferencia de otras ericáceas parece que es de corta duración, si nos basamos en los estudios de Mesleard y Lepart (1991) y Valbuena y Vera (2002).

Las semillas requieren humedad y sombra para germinar, así como las plántulas para establecerse. Las plántulas expuestas al sol no suelen sobrevivir bien, al igual que tras un verano con sequía (Mazzoleni y Pizzolongo, 1989). Las plántulas de *E. arborea* son frecuentes en taludes umbríos y zonas aclaradas de bosques y matorrales en situación de penumbra.

Tiene gran capacidad de rebrote a partir de yemas ubicadas en los tocones (cepas, lignotubérculos) situados en la base de los tallos (Arroyo y Herrera, 1988; Mazzoleni y Pizzolongo, 1989; Ojeda *et al.*, 2000; Juliá y Ojeda, 2002), después de una perturbación (Fig. 2). Sin embargo, tras un fuego muy intenso, los tocones no sobreviven. Tampoco podría rebrotar si las perturbaciones son muy frecuentes y no se llegan a restablecer las reservas necesarias para su regeneración, llegando a morir las plantas (Juliá y Ojeda, 2002). Aunque lo habitual es que *E. arborea* rebrote con gran facilidad tras un incendio, incluso de las ramas con poco diámetro si el fuego ha sido poco intenso y duradero. Pero los brotes nuevos pueden no sobrevivir después de una sequía. Un invierno seco puede afectar a la supervivencia de *E. arborea* (Mazzoleni y Pizzolongo, 1989).

Con respecto a eliminar la parte aérea mediante roza, en un estudio en el Parque Natural de los Alcornocales (Cádiz) se muestra que el rebrote de primavera (cortas de agosto) es mayor que el de otoño-invierno (cortas febrero). A los cuatro años de realizar sucesivas cortas, la capacidad de rebrote de *E. arborea* es escasa y similar a la de *E. australis*, ambas mucho menor que en *E. scoparia*. Después de este periodo varias plantas murieron y análisis posteriores mostraron la ausencia de almidón (recurso energético) en las raíces de estas plantas (Juliá y Ojeda, 2002). Comportamiento diferente es el caso de *E. scoparia*, más resistente a rozas o fuegos sucesivos.

Las flores de *Erica australis* (Fig. 1) salen en el extremo de las ramas en grupitos de 2-6 habitualmente, con disposición umbeliforme, provistas de un involucre de bractéolas basales, que forman en conjunto falsas panículas. Pedicelos de 1,5-2,5 (4) mm, con indumento glandulífero o no; bractéolas 3, de 1 a 2,5 mm, insertas bajo el cáliz o en la parte superior del pedicelo. Sépalos 2-3, de 8 (4,5) mm, libres ovados u ovado-lanceolados, rara vez lanceolados, aquillados, cuculados, con margen membranáceo,



Figuras 2 a, b, c y d. De izquierda a derecha y de arriba a abajo, se muestra la respuesta del brezo a los fuegos de menor a mayor intensidad: capacidad de rebrote de *Erica arborea* tras un año después del incendio del otoño de 2000 en Tuiza (Asturias) a 1.100 m de altitud. El tocón afectado por fuego más intenso (inferior derecha) no había rebrotado 7 años después (Fotos: M.L. Vera).

ciliolados, pelosos sobre todo en la parte media inferior o glabrescentes, rojizos o pardo-rojizos. Corola de 6-8,5 (10) mm, rosada o rojiza y raramente albina, tubular o tubular acampanada, con el tubo curvado hacia abajo; presenta 4 lóbulos de 1-1,5 mm, erectos o patentes. Anteras (1,2) 1,3-1,5 (2) mm, inclusas o de ápice ligeramente exerto, dorsifijas con ápices de 0,6-1 mm, subtriangulares, dentados o laciniados; tecas paralelas. Granos de polen en tétradas. Ovario densamente peloso, al menos en la parte apical; estilo de 6-8 mm, de subincluso a netamente exerto, relativamente grueso y anguloso, arqueado, liso; estigma capitado-discooidal, dilatado en la anthesis. Arroyo y Herrera (1988) estudiaron aspectos reproductivos de *E. australis* en Andalucía y estimaron 11.736 tétradas y 181 primordios seminales por flor. La polinización es principalmente por insectos. Al igual que *E. arborea*, tiene importancia apícola.

El fruto es una cápsula de 2,5-3 mm, ovoide o elipsoidal o subglobosa, pelosa en el ápice (Bayer, 1993). *Erica australis* presenta semillas oblongo-elípticas (Fig. 3). La superficie de estas células presenta una ornamentación a base de surcos, que le dan aspecto estriado. Las semillas de esta especie poseen eleosoma (Fagúndez, 2006), es decir, una reserva de sustancias nutritivas dispuesta en el exterior de la semilla. Su presencia está usualmente asociada a una dispersión zoócora, después de su caída al suelo, fundamentalmente por parte de hormigas, que utilizan el eleosoma como alimento, quedando el resto de la semilla oculto y en disposición de germinar. Por lo que respecta al tamaño de las semillas, es variable según diferentes autores. Fagúndez e Izco (2004), a partir de semillas recogidas de distintas poblaciones en la Península Ibérica (desde A Coruña hasta Huelva), estiman que las semillas de esta especie pesan de 0,05 a 0,1 mg y miden entre 0,9 y 1,1 mm de longitud y entre 0,4-0,5 mm de anchura. Fraga (1984), para semillas recogidas en Galicia, estima un menor tamaño; 0,4-0,6 mm largo \times 0,3 mm ancho. Los valores que hemos medido en semillas procedentes de la cornisa cantábrica coinciden con los determinados por Fagúndez e Izco (2004) respecto a la longitud, aunque el rango de anchura es ligeramente diferente (0,5-0,6 mm).

Florece desde enero (incluso antes, en diciembre) hasta julio según la localidad (excepcionalmente en otros periodos). La floración se retrasa con la altitud. En el norte de España, Vera (1995) encuentra diferencias, en función de la altitud, con respecto al inicio de la floración, desarrollo de flores y frutos y época en la cual hay un 50% de flores. De 0 a 200 m el inicio de la floración suele ser en enero; en febrero y marzo, habitualmente, el 50% de los individuos están en plena floración y en abril comienza el desarrollo del fruto. A medida que se sube en altitud el inicio de la floración se retrasa de modo que, por encima de 1.800 m, el periodo de floración se inicia en junio y se extiende hasta finales de julio, comenzando el desarrollo del fruto. Se han observado variaciones interanuales y una tendencia del adelanto de la floración en los últimos años (Braña Vigil *et al.*, 2009).

En general, la época de maduración de la semilla suele ser en verano, aunque el periodo depende de la latitud, altitud y del hábitat. Las semillas están maduras en la Cordillera Cantábrica, generalmente, sobre los 1.500 m en el mes de agosto (Valbuena y Vera, 2002). Más al sur y a menor altitud, entre 800 y 600 m, la maduración se adelanta a los meses de junio o julio (Cruz *et al.*, 2003). No existen muchos datos sobre producción de flores y semillas. Algunos están relacionados con la capacidad de rebrote de la planta. Cruz y Moreno (2001) estudiaron varias poblaciones de esta especie en Cáceres, analizando

la producción de rebrotes de la planta, el número de flores y el número de semillas, expresando los valores por cm^2 de lignotubérculo (considerado como tejido de la planta con capacidad de rebrote). Los resultados, año 1993, muestran una gran variabilidad en la producción de flores entre zonas, oscilando entre 47 y 379 flores cm^{-2} y también en la producción de semillas, entre 251 y 14.858 semillas cm^{-2} . En conjunto se considera que en los brezales mediterráneos hay una gran variabilidad interanual en la producción de flores y de semillas por flor. En estudios posteriores, Cruz *et al.* (2003) encontraron que plantas de tamaño medio, con una biomasa de 2 kg, tenían una producción de 10.000 flores en un año y estimaron que los frutos (cápsulas) contenían entre 15 y 45 semillas. Pero la producción puede ser aún menor, como hemos estimado en ciertas localidades de Asturias en el año 2010, registrando entre 1 y 20 semillas por cápsula. Esta especie forma bancos de semillas persistentes en el suelo. En estudios realizados en la provincia de León se encontraron hasta 2.285 semillas m^{-2} de esta especie (Valbuena y Trabaud, 1995).



Figuras 3 a y b. Semillas de *Erica arborea* (izquierda) y *E. australis* (derecha).

1.3. Distribución y ecología

La distribución *E. arborea* es amplia y discontinua, extendiéndose por el Sur de Europa, en torno a la región mediterránea, Asia Menor, Cáucaso, Islas Canarias (rara en Lanzarote y Fuerteventura), Madeira y en distintas regiones de África (Ruiz de la Torre, 2006). Dentro de la región mediterránea este brezo es menos frecuente en la parte este (Ojeda *et al.*, 1998). También se encuentra en Arabia Saudí (HS, 2010). En el N de África está ampliamente distribuida desde las costas atlánticas del norte de Marruecos hasta el norte de Túnez. Por el sur llega hasta el Medio Atlas septentrional, el Atlas Sahariano occidental y el Macizo de los Aurés. Existe una población relictica centro-sahariana en el Macizo del Tibesti (Charco, 2001). En el Centro de África se encuentra en las montañas de Camerún (Adams *et al.*, 1996; Bussmann, 2006). En África oriental está presente en diversos macizos montañosos, alcanzando en algunos de ellos los 4.000 m de altitud (Bussmann, 2006). En las Islas Baleares se encuentra en Mallorca, Menorca, Ibiza y Cabrera. En la Península Ibérica está dispersa por casi todas las provincias (Fig. 4), excepto en Huesca, Lleida, Valladolid y Almería, estando ausente en las comarcas más áridas o transformadas por el cultivo (Bayer, 1993; López González, 2001; Ruiz de la Torre, 2006). Se encuentra en Portugal, menos en el cuarto norte (Minho, Douro litoral y Trás-os Montes) y tampoco está en las regiones interiores de Beira Baixa, Ribatejo y Alto Alentejo.

En la Península Ibérica vive entre el nivel del mar y los 2.000 m, altitud que puede sobrepasar ligeramente (Ruiz de la Torre, 2006). Crece en las orlas y claros de bosques, matorrales frescos y sombríos, preferentemente en suelos silíceos (granitos, cuarcitas, areniscas, etc.) (Bayer, 1993; López González, 2001). Es común en umbrías, vaguadas, barrancos, torrenteras y laderas con suelos frescos y algo húmedos (López González, 2001; Ruiz de la Torre, 2006). Forma parte de los bosques de coníferas de montaña (*Abies alba*, *Pinus sylvestris*), de frondosas caducifolias (hayedos, robledales, quejigares, bosques mixtos) y bosques subesclerófilos y esclerófilos más húmedos (*Quercus suber*, *Q. coccifera*, *Q. canariensis*, *Laurus nobilis*, *Arbutus unedo*, etc.), llegando a ser una mata en las zonas más elevadas (Ruiz de la Torre, 2006). En la cornisa cantábrica forman orlas o etapas de sustitución de diferentes tipos de bosques, aunque ocasionalmente constituyen comunidades permanentes en espolones rocosos (Díaz González y Prieto, 1994). Crece en los claros y orlas de robledales, hayedos, abedulares; también en matorrales algo frescos y sombríos, pudiendo llegar a vivir en las cercanías del nivel del mar en vallecillos y acantilados sombríos sobre sustrato silíceo. Es común en el sotobosque de los abedulares de las zonas montañas silíceas más umbrías en el límite superior del bosque, constituyendo también etapas de sustitución del abedular. Vive también en la alta montaña cantábrica, por encima de 1.700 m hasta un poco más de 2.000 m, en distintas exposiciones (aunque no soporta demasiada insolación y es más frecuente en laderas orientadas al norte) y en sustratos silíceos, conviviendo con matorrales de *Calluna vulgaris* y arándanos y en ocasiones con piornales (Vera, 1984). Se instala en suelos ácidos, siendo frecuente en la cordillera cantábrica en suelos con pH entre 3,5 y 4,5 (Vera, 1983 b). Es raro encontrar *E. arborea* en los suelos degradados, podsolizados y muy ácidos, donde vive *E. australis*, y en donde es difícil la recuperación del bosque. No obstante, en laderas que domina *E. australis* el brezo blanco se puede refugiar cerca de las vaguadas, donde la humedad edáfica es mayor, o en áreas donde el suelo es un poco mejor. El brezo blanco alcanza un mayor desarrollo en los suelos menos degradados y frescos, donde la regeneración del bosque es posible por debajo de los 1.700 m.

El brezo blanco vive en los bosques macaronésicos de laurisilva (en Canarias y Madeira) y puede alcanzar porte arbóreo. Estas comunidades pueden interceptar parte del agua de la precipitación total y parte del agua fluye por sus tallos. *Erica arborea* puede controlar la apertura de los estomas según las condiciones de evaporación, limitando la transpiración en los meses secos del verano (García-Santos *et al.*, 2004 y 2009). En ocasiones, puede ser una planta muy agresiva y en muchos sitios reemplaza a las especies lauroides taladas (Bramwell y Bramwell, 1990; González Artiles *et al.*, 1993). Forma parte, también, del denominado “Monteverde”, frecuentemente llamado también “Fayal-brezal” (agrupación dominada por *Morella faya* y *Erica arborea*). Este brezo también es abundante en zonas del pinar de *Pinus canariensis* más frescos y con retención de humedad en el suelo (Ruiz de la Torre, 2006). En Canarias puede llegar a desarrollarse en suelos sobre basaltos con pH hasta 6,8 (González Artiles *et al.*, 1993).

Como la mayor parte de los brezos, *E. arborea* puede vivir en ambientes adversos para la mayoría de las plantas (Woolhouse y Kwolek, 1981; Ojeda, 1998) y en suelos pobres al tener sus raíces micorrizas. Sus restos orgánicos, lo mismo que ocurre con *E. australis*, dificultan e inhiben el crecimiento de otras plantas por alelopatías, lo que le permite competir con ventaja frente a otras especies (López González, 2001). En general,

E. arborea es resistente a factores de estrés, aunque puede resultar perjudicada por las heladas y los vientos fríos (Bruml *et al.*, 1990), así mismo requiere cierta humedad ambiental y edáfica (Vera, 1983 a; Ruiz de la Torre, 2006; Lastra, 2008). Los periodos secos pueden afectar a los arbustos de brezo blanco produciendo marchitez. Un aumento de temperaturas y disminución de las precipitaciones podría afectar a la supervivencia de las poblaciones de *E. arborea* (Braña Vigil *et al.*, 2009).

Erica australis es un endemismo ibérico-magrebí que ocupa la mitad occidental y centro de la Península Ibérica (Fig. 4). Vive entre 0-2.000 m de altitud, siendo muy abundante en zonas montañosas. Se desarrolla sobre sustratos silíceos diversos (esquistos, areniscas, cierto tipo de pizarras, cuarcitas, metacuarcitas, granitos y gneises) y, excepcionalmente, en suelos ultrabásicos. Los suelos sobre los que se desarrollan son principalmente ranker y podsoles, aunque pueden vivir en suelos pardos y litosuelos. Crece en suelos muy pobres, habitualmente secos y muy ácidos, con pH entre 3,2 y 5 (Vera, 1983 a y b), a veces más elevados, hasta 5,8 (Valbuena, 1995; Valbuena y Trabaud, 1995; Calvo *et al.*, 2002 y 2005). La granulometría es frecuentemente arenosa. Suelen ser suelos muy degradados, afectados frecuentemente por incendios. Se comporta como una especie heliófila, viviendo preferentemente en exposiciones soleadas. Podríamos considerar esta especie bastante generalista con respecto a la temperatura y la precipitación.

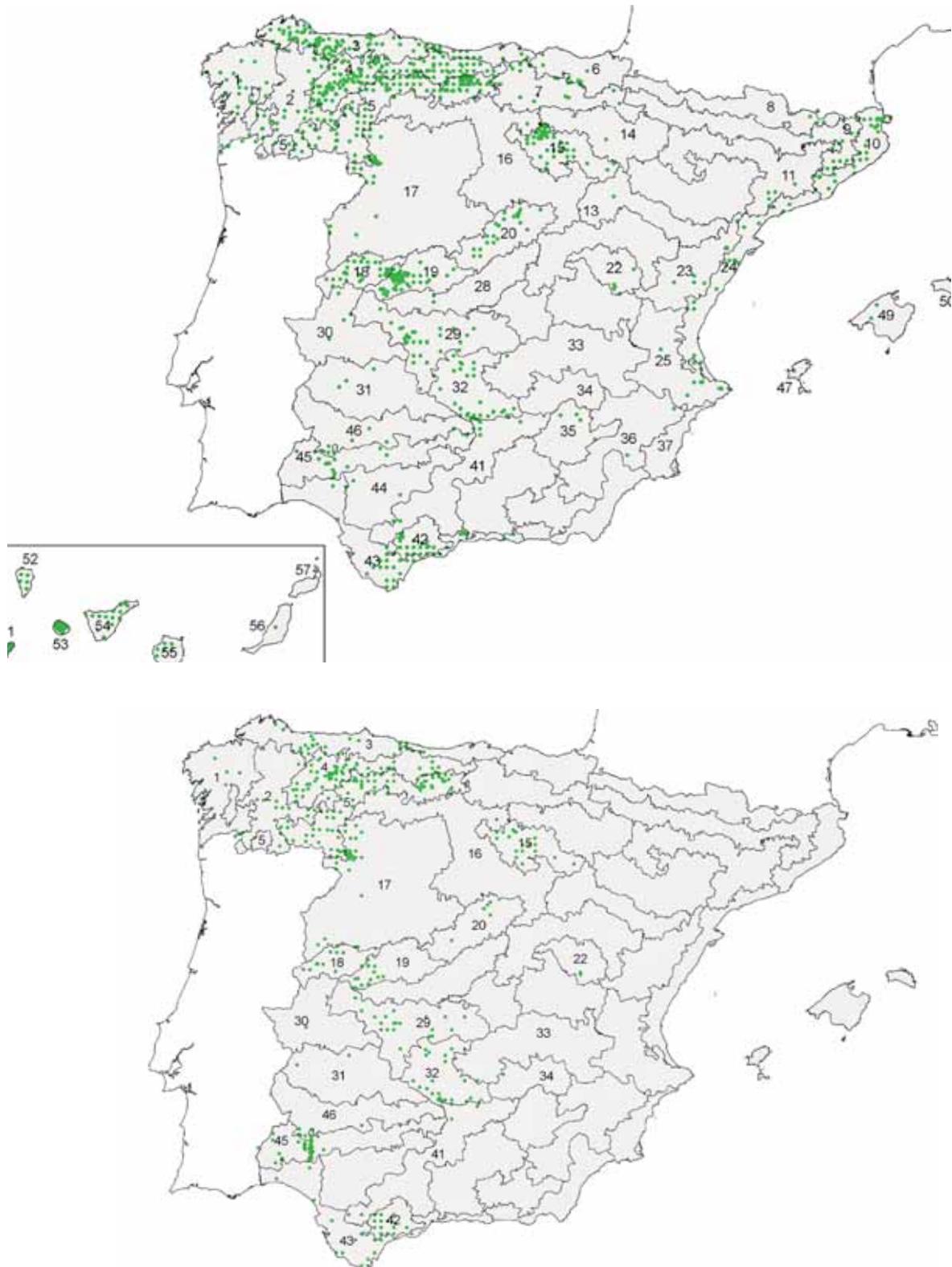
Los brezales de *E. australis* se expandieron como consecuencia de la tala, pastoreo, quema y recolección de leña, siendo muy habituales en áreas con fuegos recurrentes. Sus matorrales representan etapas sucesionales intermedias de abedulares, robledales, melojares, alcornocales, encinares, pinares y, con menor frecuencia, de hayedos, cuando son intensamente perturbados. A veces constituyen comunidades permanentes en algunos crestones y pedreras. *Erica australis* forma parte de brezales, brezales mixtos con tojos o jaras y de bosques aclarados instalados en suelos muy pobres, facilitando su desarrollo la presencia de micorrizas. En las montañas de clima atlántico ocupa preferentemente solanas, pendientes fuertes y áreas con escaso suelo, formando parte de los brezales más secos, En los suelos más húmedos puede convivir con *E. arborea*.

2. Materiales forestales de reproducción

2.1. Marco normativo. Identificación de los materiales de reproducción

No son especies que tengan regulada la producción y comercialización de sus materiales de reproducción. No obstante, debe garantizarse en su uso la concordancia de las zonas de utilización con las de identificación (Fig. 4). 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.

La especie *E. arborea* figura en el Catálogo Regional de Flora Silvestre Protegida de la Región de Murcia (D. 50/2003) dentro de la categoría de especies “En peligro de extinción”. Por su parte, los brezales hidrófilos de *E. arborea* están considerados como “Hábitats de interés especial” en Castilla-La Mancha (D. 199/2001).



Figuras 4 a y b. Distribución de *Erica arborea* (superior) y *E. australis* (inferior) y Regiones de Identificación de sus materiales de reproducción (Fuente: Anthos).

2.2. Técnicas de manejo y propagación

2.2.1. Semillas

El periodo de recolección de las semillas de *E. arborea* es el verano, aunque la época de maduración de las semillas depende de la localidad. En la región mediterránea, en altitudes entre 250 y 450 m, las semillas son dispersadas al comienzo del verano (Mesleard y Lepart, 1991), mientras en la montaña cantábrica, sobre los 1.500 m, suelen estar maduras en agosto (Valbuena y Vera, 2002). Podría ser recomendable que las semillas procedan de zonas de montaña, pues habitualmente los brezos, al menos en el norte de España, alcanzan un mayor porcentaje de germinación y en menos tiempo, cuando las semillas son colectadas en cotas elevadas (Vera, 1997; Valbuena y Vera, 2002; Vera, 2007).

La recolección de flores se realiza mediante ordeño, disponiéndolas provisionalmente en bolsas de papel en un lugar seco y a temperatura ambiente (entre 15 y 18 °C). Para obtener las semillas se pueden trillar los receptáculos florales y separarlas con un tamiz de 1,5 mm de malla. Es preciso considerar que este método de limpieza de la semilla no es perfecto, dado que el cernido no evita eliminar restos de hojas y de la flor. Para una mayor pureza se puede usar un papel, lo más rugoso posible, sobre el que se hace deslizar el producto resultante del cribado. Las semillas ruedan fácilmente por esta superficie mientras que los restos vegetales quedan pegados. De recurrirse al aventado, deberán utilizarse máquinas con sistemas de control de la operación muy precisos. Su almacenaje se hace en frío y ambiente seco. Las semillas pierden viabilidad según pasa el tiempo de almacenamiento (Mesleard y Lepart, 1991; Valbuena y Vera, 2002), por lo que es aconsejable utilizar semillas frescas colectadas en el año para obtener altos valores de germinación. Una pequeña proporción de las semillas pueden presentar dormición, pudiendo ser parcialmente rota por estratificación a 4 °C durante 1 mes, siendo un poco más efectiva que la desecación (Mesleard y Lepart, 1991). Sin embargo, en semillas más viejas (un año) procedentes de la cordillera cantábrica, parece que la estratificación es perjudicial para la germinación (Valbuena y Vera, 2002). Estas diferentes respuestas sugieren que la necesidad o no de la estratificación y su duración, podrían depender de la edad de la semilla y del lugar dónde han sido colectadas. La germinación de las semillas de *E. arborea* disminuye si estas son sometidas a temperaturas superiores a 60 °C durante 10 minutos (Mesleard y Lepart, 1991). Sin embargo, Valbuena y Vera (2002), encontraron valores similares de germinación si son calentadas, incluso a 140 °C, aunque los tiempos de exposición al calor fueron menores, hasta 4 minutos, que los aplicados por Mesleard y Lepart (1991).

Tabla 1. Datos característicos de lotes de semillas de *Erica arborea*.

Pureza (%)	Facultad germinativa (%)	Nº semillas kg ⁻¹	Referencia
25-89	64-78	3.000.000- 11.000.000	Navarro-Cerrillo y Gálvez (2001)

Con respecto al fotoperiodo hay que señalar que Valbuena y Vera (2002) encontraron que la luz (fotoperiodo: 15 horas con luz / 9 horas con oscuridad) es beneficiosa para la germinación de semillas frescas, procedentes de la Cordillera Cantábrica a una altitud de

1.520 m, mientras que para semillas de un año la germinación alcanzó valores similares con luz y con oscuridad. Otros estudios muestran menor porcentaje de germinación cuando las semillas son puestas a germinar tanto en oscuridad como alternando luz/oscuridad, con 12 horas a 15 °C y 12 horas a 20 °C (Mesleard y Lepart, 1991).

El periodo de recolección de las semillas de *E. australis* es el verano, aunque la época de maduración de las semillas depende de la localidad. En la zona norte la recolección se limita a los meses de julio y agosto, ampliándose a junio e incluso mayo, a medida que se descende hacia el sur. Para obtener y conservar las semillas resulta válido lo expuesto al respecto para *E. arborea*.

Generalmente, las semillas de *E. australis* tienen una serie de requerimientos para su germinación y necesitan condiciones favorables para su establecimiento. Esta especie es una rebrotadora facultativa muy relacionada con el fuego. Por ello, muchos de los estudios que se han realizado al respecto se centran en la respuesta de la germinación de sus semillas a elevadas temperaturas. Cruz *et al.* (2003) analizaron la respuesta de la germinación de semillas de esta especie a elevadas temperaturas, a la exposición a sustancias químicas y a compuestos de nitrógeno. Las zonas de estudio estaban situadas entre 600 y 850 m de altitud. En sus estudios encontraron una gran variabilidad de respuesta entre plantas, dentro de la propia planta y entre zonas, tanto en semillas no tratadas, como cuando se someten a elevadas temperaturas o se riegan con algún componente con nitrógeno; sin tratamiento obtienen porcentajes de germinación entre el 5 y el 30%; mientras, cuando las semillas son sometidas a 70 °C durante 1 h los porcentajes varían entre el 15 y el 60%; los porcentajes aumentan hasta el 80% cuando son regadas con agua a la que se ha añadido algún compuesto nitrogenado. Los porcentajes de germinación fueron inferiores en la altitud más elevada (850 m). Resultados similares, con respecto al porcentaje de germinación, se encuentra en semillas de brezos que crecen a 1.500 m de altitud. El porcentaje de germinación de semillas colectadas a esta altitud en la cordillera cantábrica, en condiciones control, es del 13% (Valbuena y Vera, 2002), reduciéndose incluso hasta el 0% cuando las semillas se han almacenado durante un año. Semillas de esta zona se sometieron a tratamientos con temperaturas elevadas y germinaron un 15% cuando se calentaron a 100 °C durante 2 minutos. En las semillas almacenadas durante un año fue preciso aumentar el tiempo de exposición a 100 °C hasta 4 minutos para alcanzar porcentajes de germinación del 3%. Trigueros *et al.* (2010) han trabajado con una población situada a orillas del río Tinto en Huelva. En semillas no tratadas los porcentajes de germinación son similares a los anteriormente señalados (3%) pero este valor aumenta hasta el 91% cuando son sometidas a 100 °C durante 10 minutos. En determinadas zonas de España los porcentajes de germinación, sin ningún tipo de tratamiento a la semilla, podrían llegar al 50%, pero generalmente son semillas que necesitan algún tipo de tratamiento térmico, en cámara de aire caliente, para una mejor germinación. Es necesario tener en cuenta el origen de la semilla para la elección del mejor tratamiento. Así, para semilla provenientes de las montañas de Castilla y León, a elevada altitud, el tratamiento adecuado sería someterlas a 100 °C durante 4 minutos; mientras que semillas recogidas en el sur de la Península tienen su máximo de germinación a 110 °C durante 10 minutos.

Por lo que respecta al peso de las semillas, sólo hay algunos trabajos que recojan este dato. Mesleard y Lepart (1991) obtienen para *E. arborea* un peso de 0,013 mg en semillas

recogidas en Córcega. En el Sistema Central, para esta especie, se encuentran semillas con un peso medio de 0,02 mg (observación personal). En el caso de *E. australis*, Cruz *et al.* (2003) obtienen un peso de 0,03-0,06 mg por semilla, en lotes recogidos en Cáceres. En el Sistema Central se encuentran semillas de *E. australis* con un peso medio de 0,07 mg por semilla (observación personal).

La ISTA (2011) no incluye en sus reglas a las especies del género *Erica*. Dada la enorme dificultad de separar la materia inerte, los ensayos de germinación se realizan sobre réplicas iguales en peso y los resultados obtenidos se expresan como el número de semillas viables por gramo.

Erica arborea presenta una germinación epigea. Plántula de 3-4 cm, con dos cotiledones elipsoidales, y hojas primordiales lineares muy estrechas, de borde entero, y lampiñas.

2.2.2. Vegetativa

A pesar de ser especies eminentemente rebrotadoras, no hay mucha información sobre su posible reproducción por estaquillado. Se presenta la producción mediante esquejes para *E. arborea* que, en términos generales, puede ser también aplicada a *E. australis*. Las estacas de madera de brezo, con hojas y parcialmente maduras, tomadas en cualquier época del año, pero especialmente a principios del verano, se pueden enraizar con facilidad en el invernadero. El tratamiento con ácido indolbutírico (AIB) a 50 ppm por un lapso de 24 h puede ser útil para favorecer el enraizamiento (Infojardín, 2010). Otros horticultores señalan que este brezo se puede propagar tanto por esquejes de leña blanda como de leña verde (Calman *et al.*, 1994). La Sociedad de brezos del Reino Unido (HS, 2010), con experiencia en la propagación de otras especies de *Erica*, señala que para tener éxito en el enraizamiento las estacas deben provenir de plantas saludables, vigorosas y, preferiblemente, que no tengan más de tres años.

Los arbustos del género *Erica* se pueden propagar, también, por acodo simple (Calman *et al.*, 1994). Se recomienda utilizar ramas de la parte exterior de la planta para realizar el acodo. Las ramas se introducen, sin romperlas, en una zanja llena de turba rubia mezclada con turba negra enriquecida y arena y se fijan con un gancho de alambre. Debe comprobarse que la punta de la rama esta vuelta hacia arriba, asomando a la superficie. Por último, se cubre la zanja y se riega. El acodo puede hacerse en cualquier momento del año y tarda unos 9 ó 10 meses en formar raíces (HS, 2010).

3. Producción de plantas

Las semillas de *E. arborea* se pueden sembrar en otoño sin pretratamiento, especialmente si son del mismo año. Las semillas de *E. australis* se pueden sembrar en primavera, con un pretratamiento consistente en un choque térmico de 100 °C durante 4 minutos (Valbuena y Vera, 2002) o de 110 °C durante 10 minutos (Trigueros *et al.*, 2010), según su procedencia sea del norte o del sur peninsular, respectivamente.

Aunque *Erica* se puede cultivar a raíz desnuda, los únicos cultivos de los que se disponen de datos en España son en contenedor. Para el cultivo de estos brezos es preferible que el suelo sea ácido y presente cierta humedad. Las plántulas se desarrollan mejor cuando se mezcla

turba negra enriquecida con turba rubia, a la que se puede añadir vermiculita para mejorar la regulación hídrica. Las plántulas requieren en su primer año que el sustrato esté húmedo (no encharcado) y se sitúen en un lugar fresco. Posteriormente, el riego del brezo debe ser frecuente, pero no excesivo, y es aconsejable que el suelo esté bien drenado. El agua utilizada debe estar desprovista de cal para conservar la acidez del suelo. Los brezos pueden cultivarse en contenedores de tamaño relativamente reducido, ya que son plantas de porte comparativamente pequeño. Por este motivo, los problemas derivados del mal anclaje de los sistemas radicales de las plantas tienen menor importancia que en los árboles de mayor tamaño. No obstante, debe cuidarse la adecuada conformación de las raíces para asegurar un buen anclaje. Se puede producir en contenedores de 200 cm³, con una densidad de entre 300 y 400 plantas m⁻². Los brezos no necesitan fertilización, no obstante, en las plantas que vayan a usarse en repoblación forestal se puede aplicar un fertilizante de liberación lenta, con una formulación 15-9-9, a una dosis de 1 a 2 g l⁻¹ de sustrato, que se podrá completar con fertirrigación, si el crecimiento no alcanza los niveles que se deseen. En general, los brezos son especies resistentes a condiciones de stress o duras. Por ello, no necesitan especiales condiciones de protección, más allá de las que puedan precisar en las primeras fases de su desarrollo tras la germinación, si esta se produce en período en que puedan ocurrir heladas, o la de mantener las plántulas en lugares frescos, pues les podría afectar la exposición al sol, sobre todo a *E. arborea*.

Existe poca información sobre crecimiento de plántulas de *E. arborea* y *E. australis*, pues el cultivo es poco frecuente en vivero. Como ejemplo anecdótico cabe señalar que unas semillas, recolectadas en las montañas de Bale (Etiopía), sembradas en turba con un pH 4,2-5 y colocadas en invernadero, a 20 °C durante el día, 10 °C durante la noche y 8 h diarias de luz, alcanzaron una altura de 16,1 cm después de 15 meses (Johansson *et al.*, 2010).



Figura 5. Planta de *Erica arborea* en contenedor de 300 cm³ (Foto: CNRGF El Serranillo).

4. Uso en repoblaciones y restauraciones

En zonas que han sufrido alguna perturbación (fuego, rozas), con suelos no demasiado degradados, preferentemente silíceos, frescos y algo húmedos, se podría realizar una repoblación con *E. arborea*, siempre que en ese área no hubiese existido anteriormente un brezal de esta especie. En este caso, de forma natural, este brezo se regeneraría mediante semillas (procedentes del banco de semillas del suelo) o por rebrotes de tocones después de la perturbación. Las repoblaciones con *E. arborea* han sido escasas y se dispone de poca información. En Canarias se han plantado en invierno utilizando brinzales de 1-2 años, mantenidos en bolsas de plástico negro 20 × 25 cm, protegidos inicialmente con una red de malla de alambre. Entre noviembre de 1989 y septiembre de 1992 los plantones de *E. arborea* tuvieron un incremento porcentual en altura entre 150 y 250 % dependiendo de las características de las parcelas (todas ellas presentaban un suelo de textura franca sobre sustratos basálticos con un pH entre 4,8-6,8) y se registraron unas marras del 8 % (González *et al.*, 1993). En ocasiones, *E. arborea* se ha utilizado en la restauración de bosques por ser una especie que actúa como facilitadora para el establecimiento de otras especies arbóreas al servir de protección frente a la herbivoría (Jiménez y López-Izquierdo, 2005).

5. Bibliografía

- ADAMS W.M., GOUDIE A.S., ORME A.R. (eds.), 1996. The Physical Geography of Africa. Oxford University Press.
- ARROYO J., HERRERA J., 1988. Polinización y arquitectura floral en *Ericaceae* de Andalucía Occidental. *Lagascalia* 15(extra), 615-623.
- BAYER E., 1993. *Erica*. En: Flora iberica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares. Vol IV. *Cruciferae-Monotropaceae*. (Castroviejo S., Aedo C., Gómez Campo C., Laínz M., Montserrat P., Morales R., Muñoz Garmendia F., Nieto Feliner G., Rico E., Talavera S., Villar L., eds.). Real Jardín Botánico, Madrid. pp. 484-505.
- BRAMWELL D., BRAMWELL Z., 1990. Flores silvestres de las Islas Canarias. Ed. Rueda. Madrid.
- BRAÑA VIGIL F., BUENO SÁNCHEZ A., DE LUIS CALABUIG E., DÍAZ GONZÁLEZ T.E., OBESO SUÁREZ J.R., TABOADA PALOMARES Á., VERA DE LA PUENTE M.L., 2009. Biodiversidad. En: Evidencias y efectos potenciales del cambio climático en Asturias. (Anadón R., Roqueñi N., eds.). Gobierno del Principado de Asturias. Consejería de Medio Ambiente, Ordenación del Territorio e Infraestructuras. pp. 68-80.
- BRUML L., CHISHOLM J., SMOOTHY R., WEEKS J. (eds.), 1990. Enciclopedia. Plantas y flores (Royal Horticulture Society). Ed. Grijalbo. Barcelona.
- BUSSMANN R., 2006. Vegetation zonation and nomenclature of African mountains- An overview. *Lyonia* 11(1), 41-66.
- CALMAN C.L., COPLAND A., EVANS A., PARTINGTON H., SIMMOND J. (eds.), 1994. Enciclopedia. Jardinería (Royal Horticulture Society). Ed. Grijalbo. Barcelona.
- CALVO L., TÁRREGA R., LUIS E., 2002. Secondary succession after perturbations in a shrubland community. *Acta Oecol.* 23, 393-404.
- CALVO L., TÁRREGA R., LUIS E., VALBUENA L., MARCOS E., 2005. Recovery after experimental cutting and burning in three shrub communities with different dominant species. *Plant Ecol.* 180, 175-185.
- CRUZA A., MORENO J.M., 2001. No allocation trade-offs between flowering and sprouting in the lignotuberous, mediterranean shrub *Erica australis*. *Acta Oecol.* 22, 121-127.

- CRUZ A., PEREZ P., VELASCO A., MORENO J.M., 2003. Variability in seed germination at the interpopulation, intrapopulation and intraindividual levels of the shrub *Erica australis* in response to fire-related cues. *Plant Ecol.* 169, 93-103.
- CHARCO J., 2001. Guía de los árboles y arbustos del norte de África. Claves de determinación, descripciones, Ilustraciones y mapas de distribución. Agencia Española de Cooperación Internacional. Ministerio de Asuntos Exteriores. Madrid.
- DÍAZ GONZÁLEZ T.E., PRIETO J.A., 1994. La vegetación de Asturias. *Itinera Geobotánica* 8, 243-528.
- FAGÚNDEZ J., 2006. Taxonomía del género *Erica* L. (*Ericaceae*) en Europa a partir de los caracteres de la cubierta seminal. Tesis Doctoral. Universidad de Santiago de Compostela.
- FAGUNDEZ J., IZCO J., 2004. Seed morphology of *Erica* L. sect. *Tylospora* Salisb. ex I. Hansen. *Israel J. Plant Sci.* 52, 341-346
- FRAGA VILA M.I., 1984. Valor taxonómico de la morfología de las semillas en las especies del género *Erica* presentes en el NO de España. *Acta Bot. Malacitana* 9, 147-152.
- GARCIA-SANTOS G., MARZOL M.V., ASCHAN G., 2004. Water dynamics in a laurel montane cloud forest in the Garajonay national Park (Canary Islands, Spain). *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 8(6), 1065-1075.
- GONZÁLEZ ARTILES F.J., CABRERA PEREZ M.A., GONZALEZ MARTIN M., 1993. Resultados de una experiencia de repoblación con especies arbóreas de la Laurisilva Canaria. *Invest. Agr.: Sist. Recur. For.* 2(2), 197-210.
- HEATHER SOCIETY (HS), 2010. [en línea]. Disponible en: <http://www.heathersociety.org/> [22 Jun, 2011].
- INFOJARDIN, 2010. Brezo blanco. [en línea]. Disponible en: <http://fichas.infojardin.com/arbustos/erica-arborea-brezo-blanco-brezo-albarizo.htm>. [7 Jun, 2010].
- IZCO J. (coord.), 2004. Botánica. McGraw-Hill. Interamericana. Madrid.
- JIMÉNEZ J., LÓPEZ-IZQUIERDO P., 2005. Restauración de la vegetación en los pinares del Parque Nacional de Cabañeros. [en línea]. Disponible en: www.reddeparquesnacionales.mma.es/parques/cabaneros/.../cab_rest_pinares.pdf. [15 Abr, 2011]
- JOHANSSON M., ROOKE T., FETENE M., GRANSTRÖM A., 2010. Browser selectivity alters post-fire competition between *Erica arborea* and *E. trimeria* in the sub-alpine heathlands of Ethiopia. *Plant Ecol.* 207, 149-160.
- JULIÁ S.P., OJEDA COPETE F., 2002. Respuesta de los brezos a rozas sucesivas. Estudios en el Parque Natural de los Alcornocales. *Almoraima* 27, 139-144.
- LASTRA MENÉNDEZ J.J., 2008. Libro flora melífera y mieles de Asturias. Gobierno del Principado de Asturias. Caja Rural Gijón. Caja Rural de Asturias.
- LÓPEZ GONZÁLEZ G.A., 2001. Los árboles y arbustos de la Península Ibérica e Islas Baleares. Tomo II. Ed. Mundi-Prensa, Madrid. pp. 1197-1210.
- MAZZOLENI S., PIZZOLONGO P., 1989. Post-fire regeneration patterns of mediterranean shrubs in the Campania región, southern Italy. En: *Fire in Ecosystem Dynamic* (Goldammer J.G., Jenkins M.J., eds.). The Hague, SPB Academic Publishing. pp. 43-51.
- MESLÉARD F., LEPART J., 1991. Germination and seedling dynamics of *Arbutus unedo* and *Erica arborea* on Corsica. *J. Veget. Sci.* 2, 155-164.
- 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.
- OJEDA F., 1998. Distribución ecológica de los brezos (*Erica australis*, *E.scoparia*, *E.arborea* y *Calluna vulgaris*) en la región del Estrecho de Gibraltar. *Almoraima* 19, 285-290.

- OJEDA F., ARROYO J., MARAÑÓN T., 1998. The phytogeography of european and mediterranean heath species (*Ericoide*, *Ericaceae*): a quantitative analysis. *J. Biogeogr.* 25, 165-178.
- OJEDA F., ARROYO J., MARAÑÓN T., 2000. Ecological distribution of four co-occurring Mediterranean heath species. *Ecography* 23, 148-159.
- ORIA DE RUEDA J.A., 2003. Guía de árboles y arbustos de Castilla y León. Ediciones Cálamo. Palencia.
- RUIZ DE LA TORRE J., 2006. Flora Mayor. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Dirección General para la Biodiversidad, Madrid.
- TRIGUEROS D., PARRA R., ROSSINI S., 2010. Effect of chemical and physical treatments on seed germination of *Erica australis*. *Ann. Bot. Fenn.* 47, 353-360.
- VALBUENA L., 1995. El banco de semillas del suelo y su papel en la recuperación de comunidades incendiadas. Tesis Doctoral. Universidad de León.
- VALBUENA L., TRABAUD L., 1995. Comparison between the soil seed banks of a burnt and an unburnt *Quercus pyrenaica* wild forest. *Vegetatio* 119(1), 81-90.
- VALBUENA L., VERA M.L., 2002. The effects of thermal scarification and seed storage on germination of four heathlands species. *Plant Ecol.* 161(1), 137-144.
- VERA M.L., 1983 a. Estudio de los pastizales de diente, matorrales y su dinamismo, de la zona comprendida entre el Puerto de Ventana y el Puerto de Ventaniella (Asturias-León). Tesis doctoral. Universidad de Oviedo.
- VERA M.L., 1983 b. Rango de variación del pH del suelo de algunos taxones en la Cordillera Cantábrica. *Bol. Cienc. Nat. I.D.E.A.* 31, 169-179.
- VERA M.L., 1984. Los piornales de *Cytisus oromediterraneus* en la Cordillera Cantábrica. *Bol. Cienc. Nat. I.D.E.A.* 34, 7-15.
- VERA M.L., 1995. Efecto de la altitud en la fenología de la floración en especies arbustivas del Norte de España. *Lagascalia* 18(1), 3-14.
- VERA M.L., 1997. Effects of altitude and seed size on germination and seedling survival of heathland plants in north Spain. *Plant Ecol.* 133, 101-106.
- VERA M.L., 2007. Reproductive capacity of the heath *Daboecia cantabrica* through seeds along an altitudinal gradient in north Spain. 10th European Heathland Workshop. Noruega. pp.152.
- WEBB N., 1986. Heathlands. Collins, London.
- WOOLHOUSE H.W., KWOLEK A.V.A., 1981. Seasonal growth and flowering rhythms in european heathlands. En: *Heathlands and related shrublands: analytical studies* (Specht R.L., ed.). Elsevier. Amsterdam. pp. 29-38.

Eucalyptus globulus Labill.

Eucalipto; *cat.*: febrer; *eusk.*: eukalitu; *gall.*: eucalipto

Juan Pedro MAJADA GUIJO, Gustavo Andrés LÓPEZ SCOLLO, Lucinda OLIVEIRA NEVES, Clara CARVALHO ARAUJO

1. Descripción

Las especies del género más importantes para el sector forestal español son: *E. globulus*, *E. camaldulensis*, y *E. nitens*. En este capítulo se va a tratar monográficamente lo relativo a *E. globulus* por su importancia territorial y económica. En gran medida, las otras especies presentan características parecidas en lo relativo a producción y manejo del material forestal de reproducción.

Eucalyptus globulus forma parte de la familia de las *Mirtaceas*, subgénero *Symphyomyrtus* y Sección *Maidenaria*. *Eucalyptus globulus* conocido en inglés como *bluegum eucalyptus* o eucalipto de goma azul y eucalipto común en español y, también, como *Tasmanian bluegum*. Fue una de las primeras especies de eucalipto en difundirse, es una de las más conocidas, está entre una de las más plantadas y se ha convertido, hoy en día, en especie modelo genético de domesticación (Potts *et al.*, 2004). Su clasificación taxonómica está asociada a semejanzas y relaciones de base genética y en muchas ocasiones explica el origen de hibridaciones de épocas anteriores. Las características morfológicas de sus frutos han permitido el conocimiento del grupo taxonómico de los gomeros azules y fueron clasificados en subespecies, así como en zonas intermedias de integración. Si bien se ha discutido en varios estudios su *status* taxonómico, aquí nos referiremos a *E. globulus* tal como lo define Brooker (2000).

Como resultado de las experiencias desarrolladas con material genético de su amplia zona de distribución natural, se consiguió esclarecer el complejo taxonómico y diferenciar las subespecies basándose en características reproductivas. Las subespecies, más tarde con estatus de especies (Brooker, 2000), fueron *E. maidenii*, *E. bicostata*, *E. pseudoglobulus* y *E. globulus*. A pesar de la diferenciación geográfica y morfológica entre las especies también se encontraron poblaciones con variación de formas intermedias procedentes de zonas geográficas de transición entre los sitios de origen de cada especie (Jordan *et al.*, 1994).

1.1. Morfología

El porte de los eucaliptos es muy variable, existiendo eucaliptos de porte arbóreo y otros de porte arbustivo. *Eucalyptus globulus* puede alcanzar hasta 55-60 m, con copa globosa u oblonga y medianamente densa. En Chavín (Lugo) ha alcanzado los 80 m de altura, mientras que en el sudoeste de la Península su altura excepcionalmente supera los 30 m.

El sistema radical es fuerte y bien desarrollado, con predominio de la red superficial. Muchas especies presentan una cepa fuertemente engrosada, formando un tubérculo

leñoso de gran importancia en la regeneración y como reserva de nutrientes. El sistema radical de esta especie presenta como característica general la disposición de una raíz principal penetrante y fuerte, con raíces secundarias someras.

La corteza del tronco adulto es un elemento importante de identificación. Puede ser persistente o caduca y de diverso color, textura, grosor y constitución. La forma de la copa depende de las condiciones ambientales en que se encuentren los ejemplares, aunque, en general, es poco densa, con predominio de las ramas erectas o erecto-patentes. Su ramificación es marcadamente monopódica y es considerada una especie de rápido crecimiento.

Las hojas son simples y su follaje persistente, suelen presentar un heteromorfismo de gran importancia sistemática y marcado control genético. Las hojas jóvenes suelen ser opuestas por más o menos pares y sentadas, con más frecuencia que pecioladas, incluso abrazadoras o trabadas, y con el limbo perpendicular al plano definido por el tallo y su nervio medio. Su coloración suele diferenciarse de la de las hojas adultas debido a recubrimientos glauco-céreos o distinta coloración. Su consistencia es más tenue. Las hojas adultas presentan gran variabilidad, aunque generalmente son alternas, pecioladas, falciformes, de bordes enteros, péndulas, con limbos en planos verticales, más o menos coriáceos y de recubrimiento y coloración muy variable. Las hojas suelen contener gran cantidad de cámaras con aceites característicos. Su temperamento es robusto y su longevidad puede llegar hasta los 100-150 años.

1.2. Biología reproductiva

En su hábitat natural, *E. globulus* es una especie que se reproduce por la germinación de sus semillas en los claros ocasionados por caídas de árboles sobremaduros. En los rodales plantados puede llegar a hacerlo en los terrenos adyacentes a las plantaciones. Las semillas almacenadas en el suelo, bajo rodales de mayor edad, a menudo germinan prolíficamente después de las operaciones madereras y la regeneración natural resultante interfiere con el manejo de los rodales conjuntamente con los rebrotes (Skolmen y Roger, 1981). Un factor favorable para el desarrollo de plantaciones con *E. globulus* es la considerable ventaja competitiva que posee en comparación con otras especies, debido a que su follaje juvenil es raramente consumido por el ganado vacuno u ovino e, incluso, por los ciervos.

El género *Eucalyptus* se caracteriza por la falta de diferenciación de cáliz y corola, estando sus piezas soldadas y formando un receptáculo con opérculo caedizo en la floración. A la protección que el opérculo presta a las piezas sexuales hace alusión el nombre del género, que significa “bien cubierto”. La caída del opérculo permite la expansión de los estambres que, inicialmente, se encuentran doblados hacia adentro. Las flores aparecen generalmente en racimos o cimas umbeliformes axilares, en pequeños grupos o exclusivamente aisladas como en el caso de *E. globulus*. En España esta especie florece de octubre a noviembre en el Sudoeste y hasta diciembre-enero en el Noroeste; si bien, se ha estudiado que existe una diferencia racial en la época de floración de hasta dos meses (Apiolaza *et al.*, 2001). En el hemisferio sur la florecencia es más abundante de febrero a marzo. Las flores en botón poseen una tapa verrugosa u opérculo de aproximadamente 2,5 cm de diámetro, el cual se desprende, permitiendo que los numerosos filamentos de los estambres se

desplieguen en forma de brocha de afeitador por encima de la base en forma de taza (el hipantio). Las flores, blanco amarillentas, son polinizadas principalmente por insectos y pájaros. Al igual que en casi todas las especies de eucalipto, el polen es usualmente viable antes de que el estigma sea receptivo (FAO, 1979).

El fruto es también muy variable tanto en forma y tamaño de la cápsula, como en la forma de abrirse, posición de las valvas y del disco circundante, etc. Está formado por una cápsula leñosa distintiva ensanchada en su parte superior, de 15 mm de longitud y 2 cm de diámetro (Fig. 1). Necesita prácticamente un año para completar su maduración haciéndolo aproximadamente 11 meses después de la floración (Krugman, 1974).

La producción de semillas, tanto fértiles como abortadas, es abundante. Las primeras suelen ser poliédricas, más gruesas y de diferente coloración, aunque a veces adquieren formas redondeadas o aladas. Las semillas de *E. globulus* son relativamente grandes comparadas con las de otras especies de eucalipto (Fig. 2). Hay entre 18 y 320 semillas por gramo de semillas y hollejo o alrededor de 460 semillas limpias por gramo (Cremer, 1977). Las cápsulas liberan las semillas inmediatamente al alcanzar la madurez y las semillas son dispersadas por el viento. La distancia de dispersión calculada según una altura de 40 m con vientos de 10 km por hora, fue de solamente 20 m. Las semillas recién liberadas germinan dentro de unas pocas semanas bajo condiciones adecuadas. Los árboles comienzan a producir semillas a los 4 ó 5 años si los espaciamientos son amplios y sus copas están abiertas. Rinden abundantes cosechas de semillas en la mayoría de los lugares a unos intervalos de 3 a 5 años (Turnbull y Prior, 1978).



Figura 1. Fruto en fase de formación de *Eucalyptus globulus* (Foto: J. Majada).



Figura 2. Semillas de *Eucalyptus globulus*.

1.3. Distribución y ecología

Eucalyptus globulus se encuentra en la costa sudeste de Tasmania pero crece también en pequeñas áreas de la costa oeste de Tasmania, en islas en el estrecho de Bass al norte de Tasmania y en el Cabo Otway, Strzelecki Ranges y el Promontorio de Wilson al sur de Victoria, en Australia (Hall *et al.*, 1975) (Fig. 3). *Eucalyptus globulus* ha sido plantado en sus áreas nativas de Tasmania y Victoria, en donde es una fuente importante de madera para celulosa (Tibbits, 1986), pero también se han desarrollado importantes núcleos de plantación al oeste de Victoria y al oeste de Australia Occidental.

El primer registro del eucalipto en la Península Ibérica data de 1829 en Portugal. En España, donde hay actualmente en torno a las 400.000 ha, su área preferente de cultivo es la cornisa cantábrica, Galicia y sudoeste peninsular. Aunque existen varias especies cultivadas, la empleada con mayor frecuencia es *E. globulus*, existiendo una superficie de *E. nitens* con una extensión aproximada de 20.000 ha. Según Lorenzo y Álvarez (2000), las plantaciones de esta última especie se encuentran fundamentalmente en la provincia de Lugo.

La estación, dentro de nuestras latitudes (Bravo y Montero, 2008), propicia para que *E. globulus* presente unos crecimientos adecuados al objetivo preferente de su introducción, la producción de madera, queda definida por: altitud de 0 a 400 m, precipitación anual entre 500 y 1.500 mm, ausencia de sequía estival y de heladas intensas, temperatura media del mes más frío superior a 4 °C, temperatura media anual de 12 a 20 °C, fitoclima VI(V) y IV₂, suelos silíceos o descarbonatados (es especie calcífuga), permeabilidad media, capacidad de retención de agua media a alta y ausencia de salinidad.

Generalmente son especies de luz, cuyas plántulas toleran mal la cubierta. Las masas de eucalipto son luminosas debido a la disposición colgante de las hojas. Los eucaliptos aguantan mal la vecindad de árboles que les disputen el suelo y la luz.

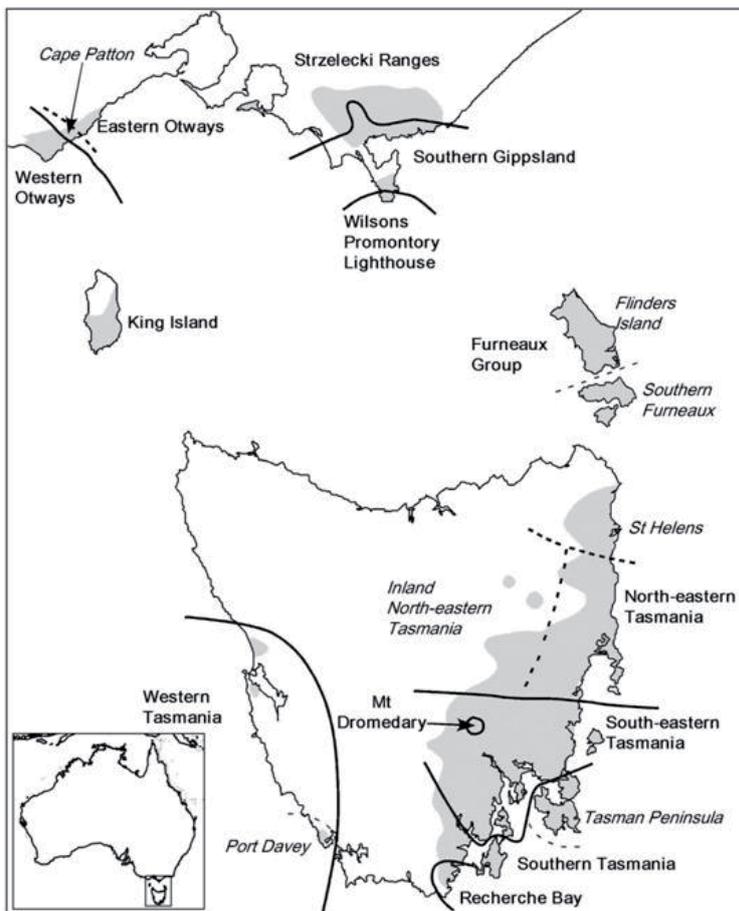


Figura 3. Mapa de Tasmania y sur de Victoria (Australia) señalando la distribución de las 13 razas y 20 subrazas de *Eucalyptus globulus* propuestas por Dutkowski y Potts (1999) y revisado por López *et al.* (2001).

2. Materiales forestales de reproducción

2.1. Marco normativo. Identificación de los materiales de reproducción

A diferencia de otras especies alóctonas y a pesar de su importancia dentro del sector forestal, ninguna especie del género *Eucalyptus* está incluida en las normativas europea y española que regulan la comercialización de los materiales forestales de reproducción. Inicialmente, en todos los países del sur de Europa, las especies de eucalipto cultivadas quedaron excluidas de las disposiciones que regulaban la producción y el comercio de dichos materiales. Posiblemente, al tratarse de especies exóticas de cultivo, el interés de las instituciones públicas se orientó en atender especies nativas que requerían esfuerzos locales para salvaguardar la integridad genética de la especie y el conocimiento de su variación, el uso de sus recursos genéticos para el establecimiento de nuevas masas y la posible interacción con el medio natural por la deriva genética producida por la contaminación de polen. La evaluación de materiales genéticos de *Eucalyptus* spp. procedentes de su área de distribución original siempre ha sido impulsada por el sector privado. Dicha evaluación ha tenido lugar desde la década de los 80 por diversas empresas, lo cual ha permitido caracterizar los materiales mejor adaptados a las condiciones locales y más productivas, garantizando a los productores el aprovisionamiento de estos materiales, trabajando con suministradores autorizados en Australia.

En la actualidad se encuentra material genético inscrito por empresas españolas y portuguesas en el registro europeo de variedades vegetales. Esta situación facilita el reconocimiento de los materiales por los distintos interesados y la acreditación de sus cualidades y recomendaciones de uso. La familiarización con el uso de los clones registrados es más frecuente, principalmente, en el ámbito ibérico. Por otro lado, aunque también por iniciativa privada, resulta importante poner de manifiesto que *E. globulus* presenta los únicos ejemplos de programas operativos de mejora genética en la Península Ibérica.

En la década de los ochenta se promovió una iniciativa internacional para conocer en profundidad esta especie y fruto de ella surgieron programas de mejora en diversos países, entre los que se encuentran España y Portugal. Se organizaron recolecciones de semillas a nivel familiar abarcando toda el área de distribución nativa y representando toda la variación natural de la especie. La primera de las cosechas, en 1977, fue organizada por Keit Orme. En 1988/89 la institución de investigación de Australia (CSIRO) recolectó, en más de 600 árboles, lotes de familias de medios hermanos localizados en 49 sitios a lo largo y ancho de la distribución natural de *E. globulus*, incluidas sus clases taxonómicas intermedias. Sin embargo, la demanda y el interés fue de tal magnitud que a la primera cosecha le sucedieron otras en las siguientes dos décadas. En los ensayos de evaluación de las familias recolectadas se encontraron diferencias significativas entre procedencias para todas las características estudiadas y una estructuración espacial de la variación para muchos de estos rasgos. Así, podemos observar que en promedio las procedencias de Strzelecki Ranges y Otways se destacan desde el punto de vista productivo. Su mejor crecimiento, adaptación ecológica y densidad de la madera, despiertan gran interés económico por estas procedencias y las posicionan como las mejores. A pesar de ello, son las de más baja capacidad de reproducción vegetativa mediante enraizamiento de

miniestaquillas (Cañas *et al.*, 2004). Todos estos materiales configuraron una buena parte de las poblaciones base de mejora de la especie en cada país. Además, se comprobó que el comportamiento en distintos sitios y las correlaciones de crecimiento a edades tempranas dentro de países es de 0,75, disminuyendo entre países a 0,51. Esto indica que a menor correlación, los genotipos que son más exitosos en un sitio no lo son el otro. En casos de ambientes con mayor contraste, como ocurre en España entre el norte y el sur, las correlaciones alcanzan valores menores (0,39) (Costa *et al.*, 2005) o dicho de otra forma, la interacción genotipo x ambiente es más marcada. Aunque sería excesivamente prolijo la descripción exhaustiva de los fundamentos y estructura de los programas de mejora en esta especie, es importante reseñar al menos que, para algunos caracteres, presenta elevados valores de los principales parámetros genéticos (heredabilidades y correlaciones genéticas de las poblaciones), referencias de mayor importancia cuando se formula un programa de conservación de recursos genéticos o una estrategia de mejora genética. La respuesta a la selección para una característica determinada depende del grado de control genético de la misma. Así, encontramos que el crecimiento es moderadamente heredable, mientras que la densidad de la madera es altamente heredable. Esto significa que para el caso de densidad de la madera, con heredabilidades aproximadas de 0,48, el 48% de la variación observada puede ser utilizada en mejoramiento genético. En los últimos años se han reportado heredabilidades de diferentes características de interés estimadas en diferentes ambientes, mostrando tendencias claras acerca de su valor (Tabla 1). Para más información ver López (2010).

Tabla 1. Heredabilidad (h^2) estimada para diferentes rasgos sobre progenies/familias de polinización libre en poblaciones de *Eucalyptus globulus* (López *et al.*, 2002; excepto datos de resistencia a *Phoracantha*, de Soria y Borralho, 1997; y de enraizamiento, de Cañas *et al.*, 2004).

Variables	h^2	Nivel de h^2
Supervivencia	0,05	bajo
Bifurcación	0,04	
Forma	0,10	
Resistencia a <i>Phoracantha</i>	0,19	
Enraizamiento	0,23	medio
Crecimiento	0,27	
Espesor corteza	0,32	
Densidad Pilodyn	0,48	alto
Cambio a hoja adulta	0,61	

El empleo de caracteres heredables permite introducir mejoras cuantitativas en las siguientes generaciones (Neves *et al.*, 2000). Para algunos de los caracteres es imprescindible que sean fijados en la población de mejora. En la Figura 4 se puede observar la capacidad de enraizamiento de plantas juveniles procedentes de cruzamientos controlados.

La localización de plantaciones eucalipto se puede observar en la Figura 5, con una clara concentración en la zona noroeste de la Península Ibérica y en la provincia de Huelva.

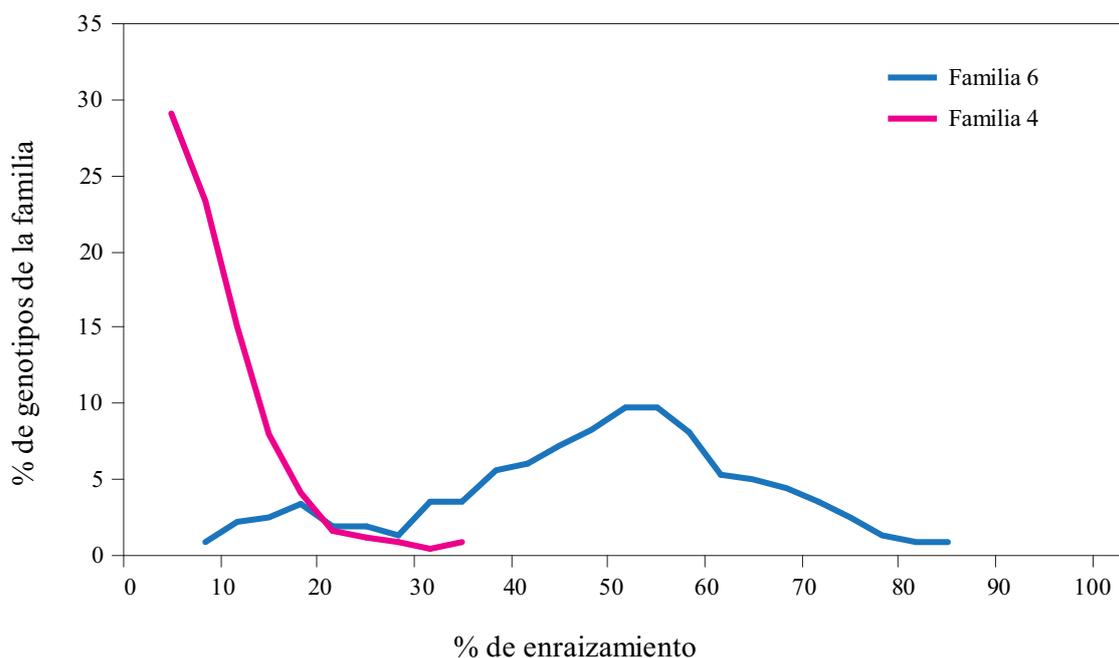


Figura 4. Capacidad de enraizamiento de plantas juveniles procedentes de cruzamientos controlados (Fuente: Neves *et al.*, 2000).



Figura 5. Distribución de *Eucalyptus globulus* en España. La distribución en Extremadura probablemente corresponda a las especies *E. camaldulensis* y *E. maidenii* (Fuente: Mapa Forestal de España, 1:200.000).

Las regiones de identificación que contienen estas plantaciones son las 1, 3 y 6 en la zona Norte y las 43, 44 y 45 en Huelva. Adicionalmente aparecen algunas manchas en Extremadura, que se corresponden con la regiones 30, 31 y 46, aunque en este caso se trata de *E. camaldulensis* y *E. maidenii*.

2.2. Técnicas de manejo y propagación

2.2.1. Semillas

La selección fenotípica de árboles dominantes y vigorosos para su cosecha de semillas fue históricamente el primer paso de selección de una fuente semillera. Sin embargo, debido a la moderada heredabilidad que manifiestan las variables de crecimiento (López *et al.*, 2002), las ganancias son modestas. Aún más, si se suman problemas de depresión por endogamia que en ciertos casos reportaron hasta un 30% de reducción en volumen (Hardner y Potts, 1995; López *et al.*, 2000 b).

El método más económico de recolección de semilla es hacerla después de los apeos en los montes de producción. Se ha comprobado que la mayor cantidad de semilla dentro de una determinada área (por lo menos el 85%) se concentra sobre los árboles dominantes y codominantes. Si se cosecha de los árboles dominantes, habrá automáticamente una cierta selección por vigor (pero no por forma), sin aumentar el coste de la recolección.

Esta situación y el creciente interés económico en torno a la implantación de masas productivas motivaron el establecimiento y desarrollo de programas de mejora genética con selecciones recurrentes y hasta el control total del pedigrí para asegurar las máximas ganancias genéticas en aquellos rasgos de mayor interés económico. Como resultado de los avances en la mejora genética se instalaron huertos semilleros de polinización libre (abierto) que luego fueron gestionados con polinizaciones controladas. En el mercado ibérico algunos programas han alcanzado la segunda generación de mejora y es posible disponer de semillas para plantaciones comerciales, si bien, gran parte de esos recursos se utilizan para el propio desarrollo de los programas de mejora o para producir clones candidatos.

Cuando se cosecha, después de la corta de las cápsulas aisladas o agrupadas, éstas deben sacarse a mano de las ramas y ponerse lo más pronto posible en bolsas resistente de tejido tupido. Las cápsulas deberán ponerse posteriormente sobre una superficie plana limpia o sobre una lona o malla que permita su aireación, en ambiente cálido y seco, sacudiéndolas regularmente para que caigan las semillas (FAO, 1981).

Las semillas, de condición ortodoxa, pueden ser almacenadas durante varios años preservándolas de la humedad en contenedores herméticos a una temperatura de 0 a 3 °C. En la Península Ibérica se producen semillas de *E. globulus* y se han importado de procedencias seleccionadas. Pero, en las últimas décadas, se ha consolidado la implantación de variedades clonales mejoradas por empresas que suministran materiales de reproducción para su consumo interno, así como para particulares interesados.

La ISTA (2011) contempla que los análisis de germinación de lotes de semillas de *Eucalyptus* se realicen sobre repeticiones iguales en peso (0,1 g para *E. camaldulensis*, 1

g para *E. globulus* y 0,25 g para *E. nitens*), expresando el resultado como el número de semillas viables por kilogramo. En cuanto a las condiciones del ensayo, las citadas normas establecen para *E. camaldulensis*, *E. globulus* y *E. nitens* una temperatura constante de 30, 25 y 20 °C, respectivamente y una duración mínima del ensayo de 14 días para las dos primeras y 21 días para *E. nitens*, para el que se consigna la realización de un doble test, sobre una muestra de semilla sin estratificar y sobre otra estratificada en frío (3-5 °C) durante 21 días. En la Tabla 2 se ofrecen datos de caracterización de lotes de semillas comerciales.

Tabla 2. Datos característicos de lotes de semillas de *Eucalyptus globulus*.

Pureza (%)	Facultad germinativa (%)	Nº semillas kg ⁻¹	Referencia
100	90	370.000-535.000	CNRGF <i>El Serranillo</i> (Anexo III)

2.2.2. Vegetativa

El empleo de técnicas de propagación vegetativa de eucalipto, al igual que en otros países donde se cultiva esta especie, ha evolucionado desde la propagación vegetativa clásica al micro o miniesquejado. Las herramientas biotecnológicas, como la embriogénesis somática, suministran *a priori* una solución completa en términos efectivos de volumen de producción a un coste aceptable. Sin embargo, el nivel actual de desarrollo en el caso concreto de especies de *Eucalyptus* hace inviable, de momento, su aplicación industrial. Alternativamente, desde hace más de dos décadas, se ha recurrido a la producción clonal vía propagación vegetativa de materiales forestales de reproducción en la Península Ibérica, principalmente impulsada por el grupo ENCE en España (López *et al.*, 2010) y en Portugal por Celbi (Neves *et al.*, 2004 a y b) y Soporcel-Portucel. Estos grupos industriales han implementado el desarrollo de nuevas técnicas de miniesquejado. Estas técnicas persiguen superar la limitación que imponen las técnicas de propagación tradicionales y, en las cuales, sólo los materiales mantenidos en fase juvenil presentan, con limitaciones aceptables, tasas de propagación y de calidad de producto. La disminución de la juvenilidad está asociada a una pérdida de la competencia morfogénica que, incluso en coníferas, puede provocar un crecimiento plagiotrópico y ramificación asimétrica (Dietrichson y Kierulf, 1982). En la propagación de especies forestales es fundamental, por tanto, controlar el estado de maduración de las plantas madre donadoras, con el fin de mantener la eficiencia de la capacidad rizogénica potencial de cada clon. La técnica mayormente utilizada por la industria es la realización de podas periódicas (Anderson *et al.*, 1999).

El injerto es un método habitualmente empleado en el sector industrial como alternativa para el rejuvenecimiento o recuperación de materiales a incluir en programas de mejora genética. Existen varios métodos de injertado para eucalipto, siendo los más utilizados el injerto en escudete con incisión lateral o el inglés en cabeza (Fig. 6). La preparación de las púas se debe realizar siempre teniendo en cuenta el diámetro del porta (preferiblemente de 3 a 5 mm). Es importante que los diámetros sean lo más idénticos posibles y, en el caso de que los materiales sean heterogéneos, es importante que al menos uno de los lados del



Figura 6. Injerto realizado sobre un portainjertos decapitado (Foto: J. Majada).

porta quede bien adherido a la púa. Los cortes tienen que ser limpios y es importante dejar, al menos, un par de hojas fotosintéticamente activas. Este proceso realizado en invernadero con un buen control ambiental permitiría evaluar la supervivencia del injerto tras seis semanas. Una vez verificado el éxito del proceso, la planta puede ser transferida a una zona de aclimatación o trasplantada a un contenedor de mayor volumen.

Desde un punto de vista práctico, las podas seriadas en eucalipto se pueden aplicar sobre materiales producidos vía cultivo de tejidos (microestaquillas) (Miguel *et al.*, 2004; Harvengt, 2005; Lelu-Walter *et al.*, 2006) o sobre materiales no sometidos previamente a un proceso de rejuvenecimiento *in vitro* (miniestaquillas) (Wendling *et al.*, 2000) (Fig. 7). Ambas estrategias se emplean a nivel comercial con un gran éxito en distintas especies del género *Eucalyptus*. La técnica de miniesquejado, también utilizada en España, presenta como ventaja frente a métodos convencionales el empleo de plantas madre de pequeño porte, la facilidad de planificar ciclos productivos, una alta productividad y la eficiencia de enraizamiento (menor variabilidad, mejor conexión vascular, bajo coste, etc.) (Wendling *et al.*, 2000; Assis y Mafia, 2007).

3. Producción de plantas

La información disponible sobre las técnicas de gestión de producción de material forestal de reproducción de eucaliptos es escasa a nivel nacional. La mayor parte se encuentra disponible internamente en las empresas forestales y una gran parte de ella no ha sido divulgada en artículos técnicos o científicos. En esta especie la producción por el sector privado se suele realizar en viveros altamente tecnificados con especialistas que realizan un seguimiento de una serie de factores críticos en los sistemas productivos, como por ejemplo, manejo de semillas, preparación de sustratos, fertilización, fertirrigación y control de plagas (Vergara y Marchant, 2007).



Figura 7. Comparación entre macroestacas (izquierda) y miniestacas (derecha) de un mismo clon de eucalipto (Foto: J. Majada).

Se regeneran fácilmente por semilla aunque, en condiciones naturales, la proporción de pies que por este procedimiento llegan a adultos es muy baja. Mientras la mayoría de las especies pueden brotar muy bien de cepa, *E. nitens* es una excepción. El interés que presenta su cultivo ha resultado en el establecimiento de extensas plantaciones con técnicas desarrolladas que se han ido ajustando a la especie y al sitio en particular. Las plantaciones se realizan con plantas en cepellón lo que facilita su establecimiento a lo largo de estaciones con condiciones favorables. Las plantas tradicionalmente de semillas se han ido reemplazando por variedades clonales mejoradas de gran adaptación, alta producción y buenas características tecnológicas.

La actual producción de plantas en los viveros se realiza con un intensivo manejo, especialmente cuando se producen en contenedor. Aunque todas las fases del manejo del vivero son importantes, el sustrato y las prácticas que tienen que ver con él, constituyen el núcleo de todo programa de manejo. Para que las plantas crezcan vigorosamente, el sustrato debe suministrar humedad adecuada, nutrientes, aireación y el volumen adecuado para crecer de acuerdo con el tiempo de permanencia previsto en vivero (Armson y Sadreika, 1979). Aparte de consideraciones genéticas, los niveles de estos cuatro factores, junto con la luz y la temperatura, controlan el desarrollo y tamaño de las plántulas en el vivero. Por otra parte, debe mantenerse un control sanitario estricto para evitar que las enfermedades dañen la producción. En la Península Ibérica se han empleado semillas

como materiales forestales de reproducción de *E. globulus* sin embargo, en la actualidad, los esquejes son la mayoría.

En la producción de plantas vía seminal es fundamental garantizar la idoneidad de la procedencia genética y la calidad de la semilla empleada. La calibración de los lotes de semilla, libres de impurezas, puede afectar a la homogeneidad y eficiencia de la germinación. Este hecho se ha podido comprobar en viveros comerciales donde se trabaja con distintas procedencias australianas de semilla de *E. globulus* calibrada en tres tamaños: de 1 a 1,5 mm, de 1,5 a 2 mm y semillas mayores de 2 mm. Transcurridas 12 semanas, se analiza la eficiencia en la germinación y la homogeneidad en la producción para cada una de las condiciones ensayadas. A medida que aumenta el tamaño de la semilla, la eficiencia o porcentaje de germinación es mayor, pasando de un 80% a un 95%, en función de las procedencias genéticas empleadas.

A diferencia de las plantas que se producen a raíz desnuda, las cuales crecen en un suelo natural, las plantas en contenedores se enfrentan a condiciones muy diferentes de crecimiento. Por las características inherentes de los contenedores y a las mezclas de sustratos utilizados (tamaño y distribución de las partículas que conforman el medio de crecimiento), pueden generarse condiciones que eviten que el agua de riego drene libremente, creando una zona saturada con agua. La textura del medio de crecimiento, es decir, la distribución de tamaño de las partículas de corteza, tiene que ser cuidadosamente seleccionada para mantener un rango apropiado de porosidad, el que debe persistir a lo largo de todo el ciclo de crecimiento. La distribución de 1 a 10 mm facilita la retención de agua y permite crear el porcentaje de porosidad óptimo para mantener una aireación apropiada dentro del sustrato (Bragg y Chamber, 1986; Majada *et al.*, 1997). El desarrollo radical de *E. globulus* es especialmente sensible al encharcamiento y muy especialmente en el proceso de rizogénesis adventicia para producción clonal. En ensayos con distintos sustratos de cultivo se pudo comprobar como las características de un soporte pueden condicionar totalmente el desarrollo radical (Fig. 8). Los sustratos menos aireados producen, en el mismo contenedor, un sistema radical más endeble, mientras que los más aireados con una buena capacidad de retención de agua mejoran la fibrosidad de sus raíces.

El efecto de la gestión en vivero, condicionado por la elección del tipo de sustrato, es visible en campo con diferencias de crecimiento significativas en función de las calidades de sistema radical (Majada *et al.*, 1997). En la gestión del riego se han realizado distintos estudios donde se pone de manifiesto que los déficits hídricos continuos pueden afectar a la germinación de las semillas y al crecimiento. Así, mantener potenciales por debajo de -10 kPa puede disminuir la eficiencia en el proceso de producción de *E. globulus*. Durante el control del crecimiento, la irrigación deficitaria disminuye el crecimiento de las plantas en contenedor (Wang *et al.*, 1988; Osorio *et al.*, 1998), pudiéndose observar una interacción con el tamaño de la semilla y el nivel de mejora que presente el material empleado (López *et al.*, 2000 c). En la Tabla 3 se puede observar como afectan a la producción de *E. globulus* distintos programas de riego, gestionados con minitensiómetros con transductores de presión, sobre plantas producidas en el mismo tipo de contenedor y sustrato (Gutiérrez *et al.*, 2002).



Figura 8. Desarrollo de sistemas radicales de brinzales de eucalipto (plantas de 6 semanas) en contenedor, condicionados por el sustrato: turba negra-silíce (3:1); turba negra-corteza pino (3:1); turba rubia-vermiculita (3:1) (de izquierda a derecha) (Fotos: J. Majada).

Tabla 3. Distribución de biomasa en plantas de *Eucalyptus globulus* de 4 meses según el programa de riego (siembra en abril; nivel hídrico mantenido en continuo durante la producción de las plantas; para una misma variable, letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$)).

Programa Riego (kPa)	Altura	Peso seco (g)				Hoja		
		Raíz	Tallo	Hojas	Total	Área (cm ²)	Longitud (cm)	Anchura (cm)
-18	38,09 a	0,16 a	0,36 a	0,56 a	1,08 a	27,03 a	9,73 a	3,59 a
-33	26,59 b	0,09 c	0,18 b	0,35 c	0,63 c	20,20 b	8,52 b	3,03 b
-63	23,44 c	0,08 c	0,17 b	0,32 c	0,56 c	17,30 c	7,94 c	2,72 c
VW ⁽¹⁾	24,93 c	0,12 b	0,20 a	0,45 b	0,76 b	19,03 b	8,28 b	2,95 b

⁽¹⁾ programa con un riego semanal sin control automático del potencial del sustrato.

Cualquier programa de fertilización que se diseñe para aplicarlo a viveros que produzcan plantas en contenedores debe tratar de mantener un equilibrio en el sustrato, para las diferentes concentraciones de los distintos nutrientes que participan (Landis *et al.*, 1989). Este programa debe ser dinámico y modificarse de acuerdo con los cambios que experimenten las plántulas durante todo el periodo de permanencia en vivero. Antes de modificar las prescripciones, es necesario enviar a un laboratorio muestras de las plántulas y luego analizar las concentraciones de los distintos elementos esenciales. También, es recomendable seleccionar al azar diez o quince bandejas distribuidas en el vivero y

cubriendo la mayor cantidad de situaciones diferentes que el viverista conozca. En cada bandeja pueden establecerse, en forma permanente, miniparcelas de diez plántulas y medirlas semanalmente (altura y diámetro de cuello desde el segundo mes).

La forma de fertilizar, las cantidades aplicadas y los productos utilizados, han experimentado grandes cambios en las tres últimas décadas (Prado y Toro, 1996). Generalmente, los viveristas no fertilizaban las plántulas o aplicaban bajas cantidades para producir plántulas “con hambre de nutrientes” (*starving*) para aclimatarlas a condiciones extremas. Este punto de vista ha cambiado sustancialmente y existe un amplio consenso en que es necesario proporcionarle a las plantas condiciones más favorables para el crecimiento, tanto de tipo climático como nutricional. Esto permite que las plantas sean capaces fisiológicamente de enfrentar situaciones adversas en los lugares definitivos de plantación (Duryea y McClain, 1984), aunque también hay que reseñar que una fertilización con un equilibrio excesivamente nitrogenado puede provocar problemas con hongos del tipo *damping off*.

En especies de crecimiento rápido, la fertilización puede acelerar rápidamente el crecimiento aéreo y radical de las plantas, modificar el contenido de nutrientes para luego cambiar la cantidad de reservas disponibles, mejorando el enraizamiento en terreno y el crecimiento, la resistencia al estrés hídrico, a bajas temperaturas y enfermedades. Un aspecto importante en cualquier programa de fertilización es la frecuencia de aplicación. Close *et al.* (2005) evaluaron el efecto de la frecuencia de aplicación de distintas dosis de nitrógeno (1,25 mg por planta de Peters Excel, 20:2,2:6,6) en plantas de *E. globulus*, encontrando niveles de deficiencias de nitrógeno (% de materia seca de hojas), tanto para una como para dos aplicaciones semanales durante su permanencia en vivero. Por otra parte, Materan *et al.* (2004) y Monsalve *et al.* (2009) evaluaron el efecto de la aplicación de distintos esquemas de fertilización nitrogenada sobre el desarrollo de plantas de *E. globulus* producidas en contenedores. Estos autores concluyeron que la fertilización nitrogenada aumenta significativamente la biomasa aérea y radical, el crecimiento en diámetro del cuello y la altura de plantas, obteniéndose los mejores resultados con 27,8 mg por planta de nitrato de amonio. Los resultados obtenidos para este atributo concuerdan con el estudio realizados por Fernández *et al.* (2007), en el que se valora el efecto de diferentes esquemas de fertilización, variando las concentraciones de N-P-K en plantas de *E. globulus* producidas en contenedores, sobre el potencial de crecimiento radical de las plantas al final del ciclo de producción y la posterior supervivencia en campo. Por otra parte, con los tratamientos 50 mg l⁻¹ y 100 mg l⁻¹ las plantas tampoco alcanzaron el óptimo de nitrógeno foliar señalado por Escobar *et al.* (2002), como se denotaba por los síntomas de deficiencia observados (follaje pequeño y de color amarillo-verdoso) (Landis, 2000). Los restantes elementos (a excepción del fósforo para el tratamiento de 50 mg l⁻¹) se encontraron en niveles adecuados en todos los tratamientos, según los niveles óptimos propuestos por Escobar *et al.* (2002); la frecuencia de aplicaciones fijas por semana no considera los cambios en la demanda hídrica del cultivo durante el ciclo de producción. Esta situación es posible mejorarla utilizando, básicamente, tres criterios: aplicando un esquema de fertirrigación en función de la demanda hídrica del cultivo, aumentando la concentración o implementando un sistema de fertilización exponencial (Timmer y Aidelbaum, 1996), en donde la misma cantidad total de fertilizante usada por planta se agrega en concentraciones crecientes a lo largo del proceso de producción siguiendo la

curva de crecimiento del cultivo y no un sistema convencional de concentración fija para toda la etapa de pleno crecimiento.

Sin embargo, en las regiones del arco atlántico se produce demanda de planta durante casi todos los meses del año, evidentemente con una menor frecuencia en período estival, por lo que se plantea la necesidad de efectuar varios lotes de producción durante distintos meses del año. En este sentido, se han realizado estudios para caracterizar los crecimientos de *E. globulus* y *E. nitens* producidos en contenedor, variando el nivel de fertilización, las condiciones de cultivo y la época de producción de planta. Los ensayos fueron realizados en Asturias realizándose siembras periódicas cada mes y empleando como fertilizante un granulado de lenta liberación (16+8+11+(2MgO)+oligoelementos) en distintas concentraciones (0,5, 1 y 2 g l⁻¹). Los sustratos y plantas se evaluaron durante un período no inferior a tres meses. Después de 90 días de cultivo, los parámetros morfológicos evaluados son directamente proporcionales al nivel del fertilizante disponible en el sustrato. Sin embargo, únicamente se detectan diferencias significativas en las plantas obtenidas de las siembras efectuadas de abril a septiembre y de enero a marzo. En el resto de los meses no se observan diferencias al cabo de 90 días. Posiblemente parte de ello se explique debido a que el fertilizante de liberación controlada requiera un umbral de temperatura para su liberación y en invierno no es suficiente; sin descartar que el bajo crecimiento experimentado en invierno por efectos ambientales no alcanza a ser perceptible para permitir apreciar diferencias a pesar de la aplicación diferencial de fertilizante. En la Figura 9 se puede observar que la producción con rangos óptimos de temperatura puede incrementar la altura de las plantas entre un 150 y 250%, en función de la dosis empleada respecto al control.

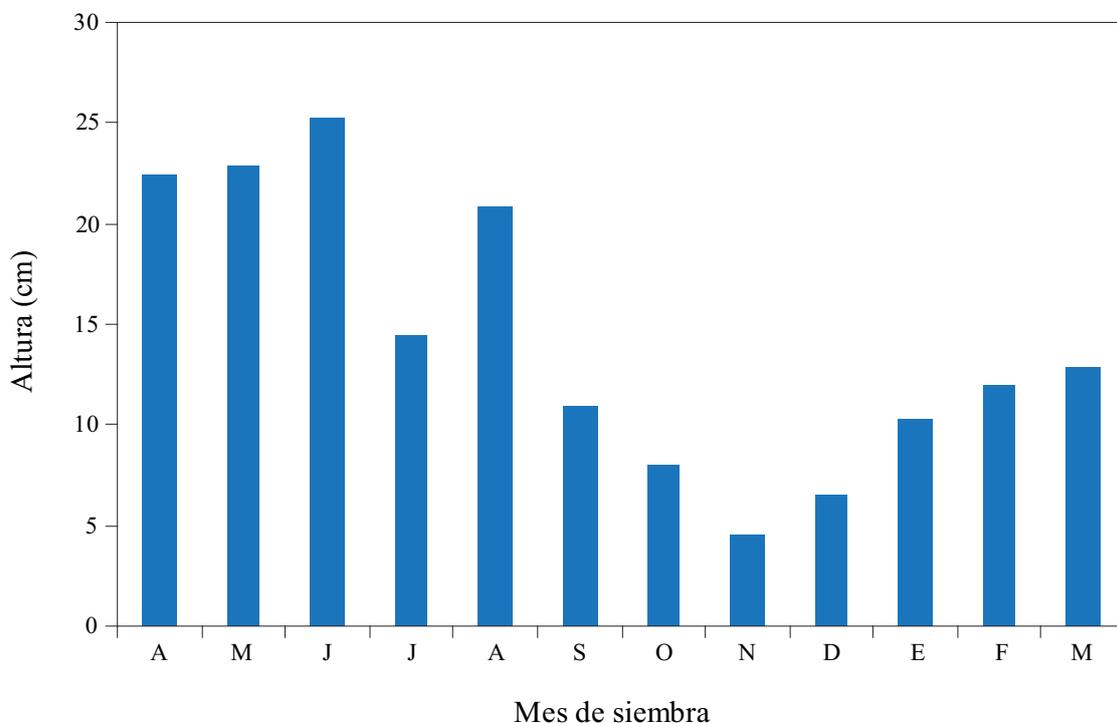


Figura 9. Altura de plantas de tres meses de edad producidas con 2 g l⁻¹ de fertilizante granulado mini 16+8+11+(2MgO) según el mes de siembra.

Como se puede deducir de los distintos ejemplos citados anteriormente, los viveros que producen planta en contenedor tienen la posibilidad de promover un rápido crecimiento de *E. globulus* cuando aplican elevadas tasas de fertilización nitrogenada. Sin embargo, la parte aérea será forzada a desarrollarse en detrimento del sistema radical. Cuando se aplican tasas elevadas de fertilización se acumula en el sustrato un exceso de nutrientes que puede causar problemas de toxicidad, dañando a las raíces principalmente y provocando un incremento en la aparición de enfermedades como *Botrytis cinerea*. En la actualidad, *B. cinerea* es el principal problema biótico en la producción de plantas de *E. globulus* en contenedor en todo el mundo. La fertilización desequilibrada por exceso con nitrógeno, junto con factores como una alta densidad de cultivo y heladas frecuentes, puede provocar grandes pérdidas en los viveros. En algunos países, como Chile, se están evaluando con éxito herramientas de lucha biológica con cepas de *Clonostachys* y *Trichoderma*, las cuales fueron más efectivas que los fungicidas sistémicos aplicados (cyprodinil+fludioxonil -Switch- y procymidona -Sumisclex-) (Molina *et al.*, 2006). Sin embargo, plantas con niveles foliares altos de potasio muestran mejor resistencia a enfermedades y daños abióticos. El efecto de la calidad de planta en función de las condiciones de manejo en vivero afecta claramente al comportamiento de las repoblaciones con esta especie. A este respecto, Close *et al.* (2003) investigaron el comportamiento en terreno de plantas de *E. globulus* originadas a partir de diez viveros diferentes que producían plantas con amplias variaciones en atributos morfológicos y nutricionales. Encontraron que la media en crecimiento en la altura de las plantas fue un 35% mayor en el mejor lote de plantas comparado con el peor, transcurridos seis meses después de realizada la plantación, difiriendo el volumen del fuste un 50% después de 18 meses.

El esquema de producción de planta por vía vegetativa se centra siempre sobre material clonal seleccionado, el cual se escala en un banco clonal de plantas madre. El diseño de espaciamiento va a depender de las propiedades de cada clon, de la infraestructura disponible y de la demanda anual del número de copias que sea necesario producir en cada campaña. En los últimos años, el diseño ha evolucionado mucho, con un incremento de la densidad de plantas madre, asociado a una mayor capacidad de controlar los requerimientos nutricionales de los distintos clones en producción (Tabla 4).

Tabla 4. Evolución del diseño de parques clonales para producción de *Eucalyptus* spp. (adaptado de Higashi *et al.* (2000 a)).

Período	Sitio	Densidad	Edad 1ª poda (días)	Frecuencia de cosecha (días)	Tamaño de la estacilla (cm)	Productividad media (nº m ⁻² año ⁻¹)
Década de los 80	Campo	3 x 3 m	540	30 - 40	10 - 15	114
Inicio de los 90	Campo	1 x 1,5 m	180	40 - 60		121
1995 - 1999	Campo	0,5 x 0,5 m	30 - 40	40 - 60	6 - 8	1.752
1996	Vivero	Tubete (55 cm ³)	30 - 40	15 - 20	2 - 3	29.200
1999	Vivero	0,1 x 0,1 m (sistema hidropónico)	20 - 30	7 - 15	2 - 3	41.480

Uno de los aspectos críticos de la producción por miniesquejado es la fertilización de las plantas madre, dado que el sistema intensivo de producción debe garantizar que los explantos cosechados estén en condiciones de enraizar bajo condiciones controladas (Assis *et al.*, 1992; Xavier y Comério, 1996; Xavier *et al.*, 1997). La mejor manera de garantizar dichas condiciones pasa por emplear sistemas de cultivo hidropónico. Se han ensayado desde los tipo *floating* a los cultivos tradicionales sobre soportes más o menos inertes como arenas u otros soportes porosos (Higashi *et al.*, 2000 a). El sistema de producción adoptado dependerá de los materiales disponibles por cada empresa o situación. El sistema de producción puede ser implantado sobre plantas cultivadas en contenedor, en vaso o en canaleta mediante hidroponía (Fig. 10).



Figura 10. Parque de pies madre de eucalipto mantenido en cultivo hidropónico con perlita (Foto: Celbi).

Desde el punto de vista de control nutricional es preferible no emplear sustratos orgánicos ya que en muchas ocasiones presentan características físicas y químicas inadecuadas para los cultivos hidropónicos (Martínez y Barbosa, 1999). Por contra, el manejo de sustratos inertes sin capacidad de intercambio catiónico facilita el control nutricional en sistemas intensivos, incluyendo la posibilidad de establecer un sistema de cultivo cerrado con control de patógenos (Tabla 5).

No existe una única solución general para todas las especies y condiciones de cultivo. En la Tabla 6 se presentan diferentes soluciones ya ensayadas para eucalipto y que se han hecho públicas en distintos medios científicos.

En todo caso, la aplicación de programas nutricionales debe ser adaptada a las necesidades de los genotipos producidos operacionalmente y teniendo en cuenta los requisitos ambientales que impone la situación del vivero de producción. Como guía, en la Tabla 7 se presentan los contenidos de nutrientes mínimos y máximos que deben poseer los brotes empleados como miniesquejes de cara a iniciar el proceso de enraizamiento (Higashi *et al.*, 2000 a).

La deficiencia de nutrientes clave en el proceso rizogénico puede condicionar enormemente la eficiencia de propagación en una especie tan complicada de propagar como *E. globulus*.

Tabla 5. Características físicas y químicas de algunos sustratos usados en cultivos hidropónicos de *Eucalyptus* spp. (un mismo sustrato puede variar sus propiedades debido a sus diferentes procesamientos u orígenes) (adaptado de Morgan, 1998).

Características	Arena fina	Arcilla expandida	Lana de roca	Vermiculita
Capacidad de retención de agua	Alta	Baja	Alta	Alta
Porosidad de aireación	Baja	Alta	Alta	Moderada
Tamaño de partículas	Pequeño	Grande	Fibras	Medio
Densidad aparente	Alta	Moderada	Baja	Baja
Capilaridad	Moderada	Baja	Alta	Alta
Perdida de agua por evapotranspiración	Moderada	Moderada	Alta	Alta
Perdida de estructura por uso continuado	Baja	Baja	Moderada	Moderada
Posibilidad de reutilización	Buena	Buena	Escasa	Buena
pH	7,2 Variable	6,6	7,1	7,3 5,5-9,0
Capacidad de intercambio catiónico (mg l ⁻¹)	Baja 10-40	Baja 0-1	Alta 0-1	Alta 50-150
Concentración de sodio (mg kg ⁻¹)	20 Variable	16	-	-

Tabla 6. Composición de la solución nutritiva (mg l⁻¹) utilizada en diversos programas de producción clonal de *Eucalyptus* spp. mediante miniesquejado.

Nutriente	Higashi <i>et al.</i> (1998)	Higashi <i>et al.</i> (2000 b)	Paula <i>et al.</i> (2000)	Silveira <i>et al.</i> (2000)
N	250	(1)	224	162
P	40	44	27	22
K	200	323	(2)	161
Ca	100	228	200	117
Mg	48	61	50	30
S	64	80	67	39
B	0,5	0,5	0,5	0,5
Cu	0,03	0,03	0,03	0,03
Fe	10	5	4,7	5
Mn	0,7	0,78	0,46	0,78
Zn	0,07	0,06	0,09	0,06
Mo	0,015	-	0,016	-
Co	0,006	-	-	-

⁽¹⁾ Se utilizaron tres dosis diferentes de N: 40, 160 y 320 mg l⁻¹

⁽²⁾ En los 5 meses iniciales del cultivo la dosis de K fue de 243 mg l⁻¹; durante el estudio del efecto de K, las dosis empleadas fueron de 0, 50, 100 y 200 mg l⁻¹

Por ejemplo, el enraizamiento de miniestaquillas de *Eucalyptus* se optimiza cuando la concentración de Ca existente en los brotes empleados en el proceso de esquejado está comprendida entre 8 y 14 g l⁻¹ de CaCl₂ (Higashi *et al.* 2000 b). En *E. globulus* los motivos por los cuales puede fracasar la propagación vegetativa de un clon pueden ser muy variados, pudiendo existir un conjunto de factores, muchas veces interrelacionados, que influyen la respuesta final (Araujo *et al.*, 2004). Sin duda, el más importante es el genético, tal y como aparece citado en diversos trabajos (Borralho *et al.*, 1992; Neves *et al.*, 2000), pero no el único. Ciertos clones muestran buen enraizamiento cuando se reproducen por macroestaquillas, mientras que otros lo hacen mejor por miniestaquillas. Sin embargo, despejar la causa ambiental que determina esa diferencia no deja de ser una incógnita de difícil resolución.

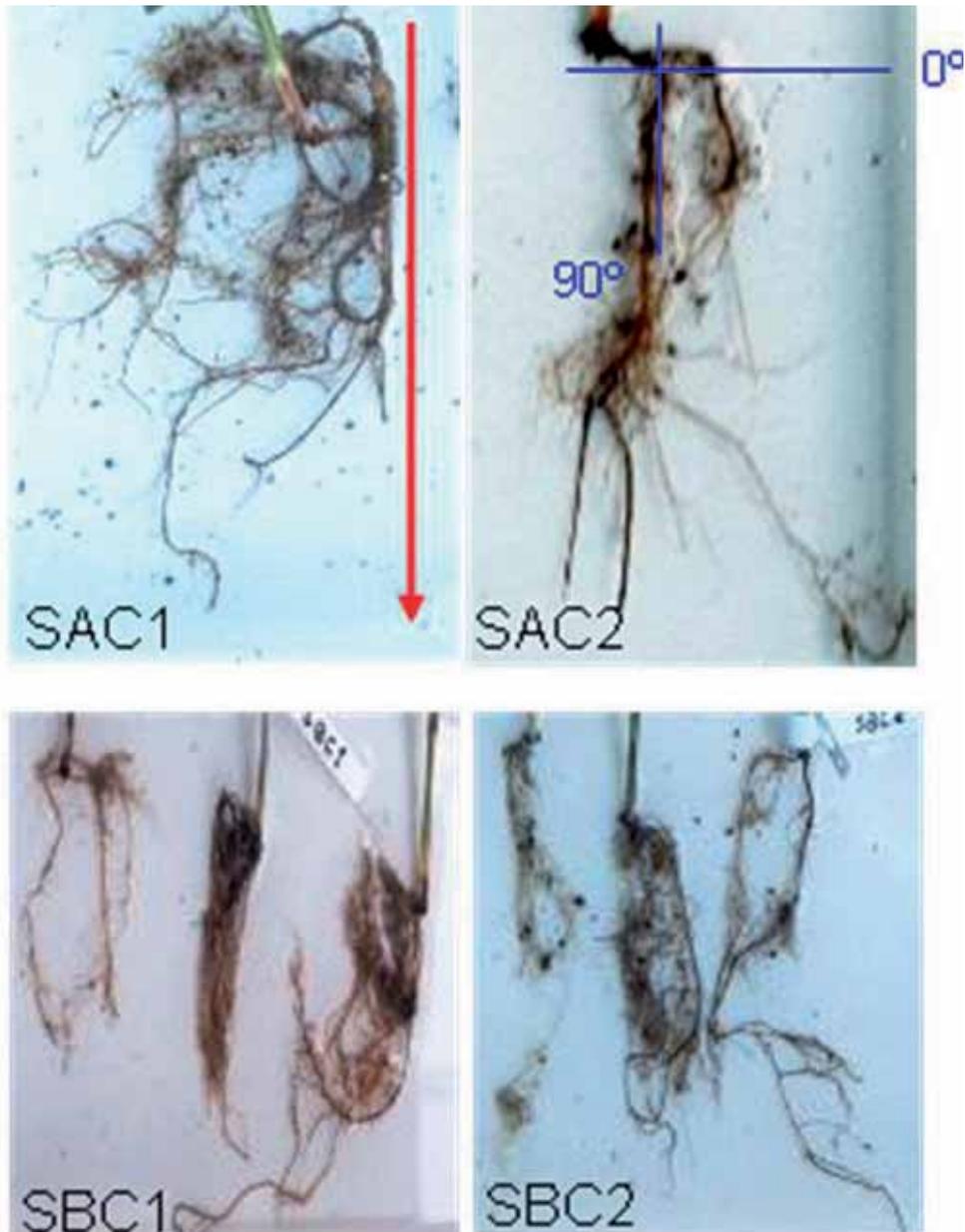
Tabla 7. Contenido de macro y micronutrientes adecuados, sub y supraóptimos para brotes de *Eucalyptus* de 14 días de edad, mantenidos en jardín clonal para producción de miniesquejes.

Nutriente	Alto	Adecuado	Bajo	Deficiente
Macronutrientes (g kg⁻¹)				
N	>40	28-40	20-28	<20
P	>4	2,5-4	1,5-4	<1,5
K	>30	15-30	10-15	<10
Ca	>7	5-7	3-5	<3
Mg	>4	2-3	1-2	<1
S	>2,5	2-2,5	1,3-2	<1,3
Micronutrientes (mg kg⁻¹)				
B	>70	35-70	20-35	<20
Cu	>15	8-15	5-8	<5
Fe	>220	101-220	75-100	<75
Mn	>700	250-500	150-250	<150
Zn	>80	30-60	20-30	<20

Además, en la propagación vegetativa de *E. globulus* el conocimiento de la interacción clon/ambiente es especialmente importante para definir protocolos eficientes de clonación. En clones con elevada interacción genotipo x ambiente, ya sea por el binomio sustrato-contenedor, por las condiciones ambientales del invernadero o ambos, realizar un control muy ajustado a las necesidades críticas de cada genotipo marca el éxito o fracaso de su producción.

En los clones con limitaciones ambientales a la propagación es importante mantener una aireación mínima del sustrato, ya que permite una mayor y más rápida emisión de los primordios radicales, mejorando significativamente su supervivencia. Por otro lado, la morfología y arquitectura también están muy influenciadas por las características del sustrato y el tipo de contenedor (Neves *et al.*, 2004 a y b). Aunque inicialmente el número de raíces primarias y secundarias está condicionado genéticamente, parámetros como

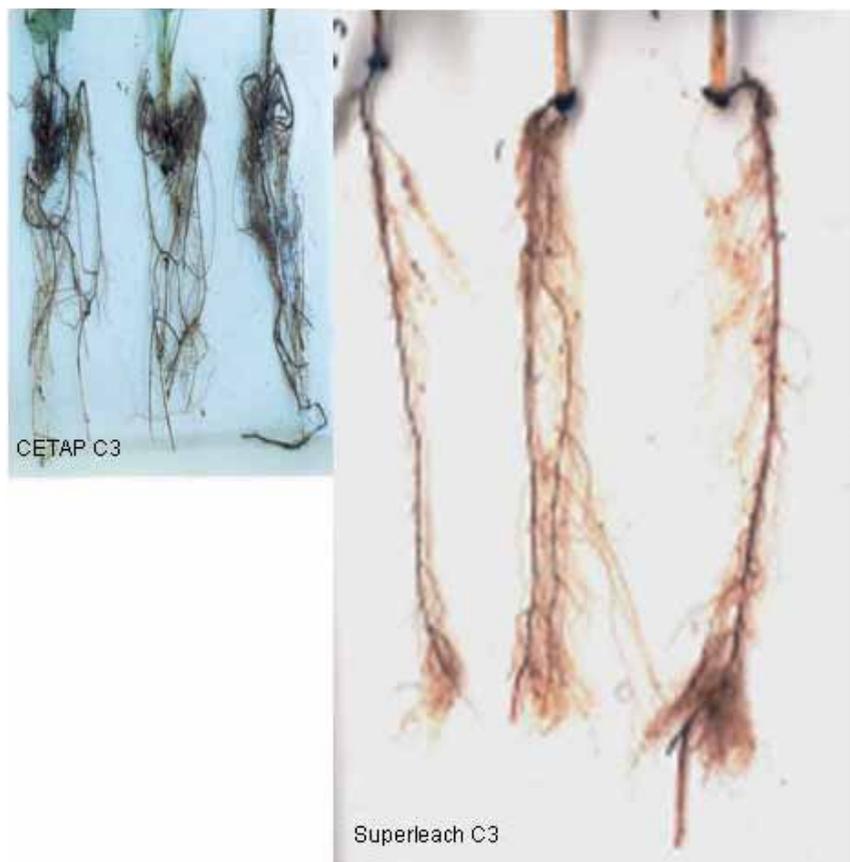
crecimiento, diámetro, orientación, fibrosidad, etc. dependen del sustrato y contenedor, especialmente en clones sensibles al ambiente de propagación. Se muestra como ejemplo la respuesta de desarrollo radical de clones de *E. globulus* en diferentes contenedores y ambientes de propagación (Fig. 11). El clon 1 tiene unas raíces que crecen de forma muy desorganizada cuando se desarrollan en un sustrato poco aireado (SAC1), mientras que la mejora de las prestaciones físicas del sustrato disminuye las anomalías de desarrollo radical (SBC1). En el caso del clon 2 (C2), menos sensible al ambiente de propagación, la composición del sustrato no resulta tan limitante.



Figuraa 11 a, b, c y d. Comportamiento de dos clones (C1 y C2) en dos sustratos con características físicas diferentes (SA y SB). La flecha roja indica la posición de la raíz sobre la pared del contenedor. En SAC2 se indica la posición que tenía la estaquilla en el centro del alveolo sobre el sustrato (Fotos: J. Majada).

Se puede observar como el grado de espiralización de las raíces es mayor en los clones más sensibles y en los sustratos con menor grado de aireación (Fig. 11). Estas malformaciones aumentan la fragilidad de la conexión vascular tallo-raíz, con el agravante de que se pueden mantener en el campo durante los primeros años, aumentando los riesgos de inestabilidad de las masas establecidas con estos condicionantes.

El factor contenedor puede jugar un papel importante a la hora de forzar el crecimiento de las raíces principales con su adecuado geotropismo. Podemos observar como en clones sensibles al ambiente de propagación, el diseño de ciertos contenedores puede mejorar su conformación (Fig. 12). En estos casos, el menor diámetro del alveolo facilita las condiciones de aireación en la parte superior donde se implanta la estaquilla. Esto fuerza a las raíces principales a crecer hacia abajo en contenedores más profundos y con menor tasa de espiralización, del tipo Superleach, frente al contenedor Cetap donde las raíces tienden a desarrollarse inicialmente hacia el exterior del contenedor. Sin embargo, la dificultad en este tipo de contenedores estriba en la dificultad de extracción de la planta en el momento de la plantación. En todo caso es posible ajustar las prestaciones del conjunto sustrato-contenedor-clon adaptándose a cada caso particular.



Figuras 12 a y b. Detalle de raíces de un clon (C3) cultivado sobre el mismo sustrato pero en distinto contenedor: Cetap (izquierda) y Superleach (derecha) (Fotos: J. Majada).

Como se citó anteriormente, el control ambiental es otro aspecto importante durante la fase de enraizamiento. Las condiciones de control de déficit de presión de vapor deben ser especialmente controladas durante las dos-tres primeras semanas de enraizamiento y, sobretodo, para los clones sensibles al ambiente de propagación. Una vez trascurrido este período, si el proceso de rizogénesis progresa adecuadamente, las plantas requieren un menor control ambiental, aunque deben seguir otras cuatro-cinco semanas con control de humedad y temperatura hasta completar el proceso (Fig. 13).

Para producir clones de eucalipto se debe mantener una humedad ambiente controlada que oscile entre $-0,4$ KPa y $-0,8$ KPa de déficit de presión de vapor (dependiendo de los clones). Para conseguir alcanzar estos objetivos de humedad es importante emplear sistemas de pulverización con gotas de agua (*ultra-fog*) que eviten la coalescencia y el consiguiente encharcamiento de los sustratos. Es conveniente que la activación de los sistemas de control sea automática, de acuerdo con las medidas de sensores de humedad y temperatura que permiten calcular el déficit de presión de vapor.

La manipulación de la planta producida a partir de semillas a lo largo del período de producción va a incidir sobre su calidad final y, por tanto, sobre su comportamiento en campo. Con el fin de minimizar dicha manipulación, debe ser sembrada en contenedores con celdas individuales. El número de semillas por alvéolo dependerá de su facultad



Figura 13. Producción industrial de clones de *Eucalyptus globulus*: fase de finalización del proceso de enraizamiento y preaclimatación en invernadero (Foto: J. Majada).

germinativa manteniendo como objetivo una planta por envase. En caso de que germine más de una semilla hay que dejar una única plántula, la más vigorosa y que esté centrada en el alvéolo. La selección de la planta se realizará cuando empiecen a tener el primer par de hojas ya que de lo contrario las raíces se enredan y se pueden provocar daños a la que permanece.

Para la identificación de una planta de calidad debe considerarse principalmente el equilibrio nutricional, el sistema radicular activo, su estado fitosanitario y el tamaño y disposición de las hojas. Los requisitos de una buena planta de eucalipto son:

- El equilibrio nutricional óptimo de macro y micro nutrientes garantiza las condiciones iniciales de establecimiento de la planta en terreno. No obstante, como valores de referencia se pueden considerar una concentración mínima de 1% para nitrógeno y una relación N/P = 15.
- Las raíces no deben presentar enrollamientos ni deformaciones especialmente en la base del cepellón. El sistema radicular del cepellón no debe ser excesivamente denso ni amarillento (indicaría un tiempo excesivo de permanencia en contenedor), debe mostrarse con meristemas terminales blancos y jóvenes.
- El tamaño de la planta debe oscilar entre 15 y 20 cm de altura en la Cornisa Cantábrica y entre 25 y 50 cm en el sur. No obstante, una planta puede ser apta si cumple los requisitos anteriores aunque su tamaño sea mayor sin llegar a ser una planta de más de 9 meses de vivero.
- Las hojas no deben presentar cambios de coloración, ya sea por efecto de desequilibrio nutricional, daños por enfermedades o plagas o estrés abiótico.
- La disposición de las hojas en el tallo o la distancia entre internodos no debe ser menor de unos 2 cm.
- El estado fitosanitario de la planta debe ser controlado de forma rigurosa, desechándose toda planta con daños en tallo, raíces o inserciones de las hojas al tallo, bien sea por hongos o cualquier otro tipo de agente patógeno. En cualquier caso debe salir del vivero revisada y tratada preventivamente.
- El material genético de la planta debe estar claramente identificado.
- La planta debe presentar una sola guía principal, no muy tierna, ya que sería más sensible a daños, tanto físicos (en transporte y manipulación), como de tipo fitosanitario.

El eucalipto es un género con períodos cortos de producción en vivero si la comparamos con pinos o robles. La planta no debe salir demasiado “tierna” o débil ni excesivamente endurecida. El periodo de producción varía entre 3 y 5 meses dependiendo de la especie y del inicio de época de siembra.

La planta debe ser tratada con sumo cuidado hasta que sea puesta en el campo, siguiendo las instrucciones que reciba de su proveedor habitual. De lo contrario, una manipulación errónea o deficiente traerá como consecuencia una pérdida de calidad.

4. Uso en repoblaciones y restauraciones

En España, *E. globulus* contribuye de forma significativa y creciente a la producción forestal nacional, constituyendo el 34% de todo el volumen de cortas en 2003, a pesar de que el eucalipto ocupa solo el 2,9% de la superficie arbolada del país (MAPA, 2004). La superficie que ocupa esta especie despierta controversias y encendidos debates debido a varios motivos. Por una parte, los inventarios la identifican, en ocasiones, como una mezcla de especies de eucalipto, tal y como ocurre en Huelva, y por otra, existen superficies en las cuales se incluye con otras frondosas o coníferas. En cualquier caso, las masas puras citadas en los inventarios forestales indican la existencia de 9.338 ha en el País Vasco, 26.000 ha en Cantabria, 52.000 ha en Asturias, 86.060 ha en A Coruña, 51.235 ha en Lugo, 40.384 ha en Pontevedra y 133.595 ha en Huelva.

Dentro del género, las plantaciones de *E. globulus* del noroeste de la Península Ibérica son reconocidas internacionalmente por su elevado rendimiento ya que, en los mejores sitios, la producción alcanza los $50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, variando la media entre 7 y $30 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ (Riesco, 2007). Aunque se detecta un incremento de las regiones tropicales más adecuadas para el crecimiento de las especies forestales, la Península Ibérica es una excepción a esa tendencia debido a las excepcionales condiciones que reúne para el cultivo de *E. globulus* y, también, a su proximidad al mercado europeo (Kellison, 1992).

El principal aprovechamiento que se hace de esta especie es el de la producción de madera para celulosa, aunque no es éste el único aprovechamiento que genera. La industria de los tableros de fibra y partículas se abastece regularmente de *E. globulus* y más recientemente de *E. nitens*, adaptándose excelentemente al proceso industrial de fabricación de tableros. Sepliarsky (2006) también destaca su uso en productos aserrados, tarimas, contrachapado, chapa plana, vigas laminadas y parquet. Desde el momento de la promoción de la energía a partir de la biomasa, los residuos de cortas han pasado a ser un producto complementario a su aplicación tradicional e incluso se están desarrollando plantaciones con destino exclusivamente energético (López, 2010), dando lugar a plantaciones recientes con otras especies, tales como *E. maidenii*, *E. camaldulensis* y *E. dunnii* que permiten optimizar la producción de biomasa en diferentes ambientes.

Eucalyptus globulus es muy valorado por los fabricantes de papeles de impresión y escritura (papel para impresoras y fotocopiadoras, papeles offset estucados y no estucados, papeles de gama alta para libros de arte o catálogos) y otras aplicaciones especiales. Por su parte, la suavidad es uno de los aspectos más apreciados por los fabricantes de papel tisú (higiénicos, pañuelos, servilletas, papel de cocina) y las fibras de eucalipto confieren mayor suavidad y capacidad de absorción, propiedades fundamentales en los papeles de uso higiénico. Esta triple superioridad: (i) productividad y rendimiento específico, (ii) morfología y calidad de fibras adecuada al proceso de fabricación de los mejores papeles y (iii) un menor coste de producción como materia prima, está transformando la industria de la celulosa en el mundo, convirtiendo el eucalipto en la fibra de mayor crecimiento en la fabricación de papel. Por otro lado, en los últimos años ha diversificado sus usos a productos tan variados como filtros de automóvil, bolsas de té, industria textil, acetatos, placas base para ordenadores, pólvora para explosivos y madera para construcción (tableros, tarimas, muebles).

5. Planificación de la repoblación

Para el objetivo preferente productor de madera para pasta de papel que se ha expresado en el epígrafe anterior, la cuestión más trascendente sobre la planificación de la repoblación es la decisión sobre la densidad inicial de plantación. Sobre este aspecto aparece una amplia discusión en Ruiz *et al.* (2008) que se recomienda consultar.

Hay que tener en cuenta que, tras el primer recepe, la densidad de la masa llega casi a duplicarse, pues se pueden mantener de media dos chirpiales por cepa en el segundo turno y siguientes (Fig. 14). Pero, si la densidad inicial es muy baja, puede reducirse la rentabilidad del primer turno y hacer necesaria una reposición de marras que, dado el crecimiento de la especie, puede tener dudosa viabilidad. Por otra parte, la calidad de la estación condiciona en gran medida la espesura que pueda dar la máxima renta en especie durante los sucesivos recepes. Resumiendo diferentes propuestas (Toval, 1999; Ruiz *et al.*, 2008), se pueden recomendar las siguientes densidades: 1.500 pies ha⁻¹ para las mejores calidades de Galicia y Cornisa Cantábrica, 1.100 pies ha⁻¹ para las peores calidades de Galicia y Cornisa Cantábrica, 1.000 pies ha⁻¹ para las mejores calidades del sudoeste (Huelva), 700 pies ha⁻¹ para las peores calidades del sudoeste (Huelva). Otro condicionante importante para definir la densidad inicial es la calidad genética del material. Las buenas variedades disponibles permiten mantener o mejorar los niveles de producción con menos pies ha⁻¹. En plantaciones con fines energéticos se recurre a densidades mayores. Se comenzaron a implantar 3.333 pies ha⁻¹ pero se observa una tendencia a disminuir a 2.800-3.000 pies ha⁻¹, dependiendo de la calidad de la estación.



Figuras 14 a, b y c. Eucaliptal en Huelva próximo a su primer turno (izquierda); eucaliptal de Chavín (Lugo) con edad próxima a 100 años y sin haber tenido ningún recepe, son los árboles más altos de España, del orden de 80 m (centro); eucaliptal de segunda corta en Xove (Lugo) (derecha) (Fotos: J. Majada).

6. Bibliografía

- ANDERSON A.B., FRAMPTON L.J., WEIR R.J., 1999. Shoot production and rooting ability of cuttings from juvenile greenhouse Loblolly pine hedges. Transactions of the Illinois State. Academy of Science. Department of Forestry. North Carolina State University. Raleigh, N.C. USA. 92(1-2), 1-14.
- APIOLAZA L.A., POTTS B.M., GORE P.L., 2001. Genetic control of peak flowering time of *Eucalyptus globulus*. En: IUFRO International Symposium Developing the Eucalypt of the future, Valdivia, Chile. 10-15 Septiembre de 2001.
- ARAUJO C., NEVES L., MAJADA J., 2004. Celbi clonal development strategy for *Eucalyptus globulus*. En: *Eucalyptus* in a changing world. (Borrallho N.M.G., Pereira J.S., Marques C., Coutinho J., Madeira M., Tomé M., eds.). Proc. of International IUFRO Conf., Aveiro (Portugal) 11-15 October 2004. pp
- ARMSON K.A., SADREIKA U., 1979. Forest Tree Nursery. Soil Management and Related Practices. Ontario, Ministry of Natural Resources. Toronto, Ontario.
- ASSIS T.F., MAFIA R.G., 2007. Hibridação e clonagem. En: Biotecnologia florestal. (Borém A., ed.). Suprema Gráfica, Viçosa. pp. 93-121.
- ASSIS T.F., ROSA O.P., GONÇALVES S.I., 1992. Propagação clonal de *Eucalyptus* por microestaquia. En: Congresso Florestal Estadual, 7. Nova Prata, Anais. Santa Maria, UFSM.
- BORRALHO N.M.G., ALMEIDA I.M., COTTERILL P.P., 1992. Genetic control of growth of young *Eucalyptus globulus* clones in Portugal. *Silvae Genet.* 41, 100-105.
- BRAGG N., CHAMBER B., 1986. Interpretation and advisory applications of air-filled porosity (AFP) measurements. *Acta Hort.* 221, 35-44.
- BRAVO A., MONTERO G., 2008. Descripción de los caracteres culturales de las principales especies forestales de España. 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. 1.039-1.114.
- BROOKER M.I.H., 2000. A new classification of the genus *Eucalyptus* L'Her. (*Myrtaceae*). *Aust. Syst. Bot.* 13, 79-148.
- CAÑAS I., SORIA F., LOPEZ G., ASTORGA R., TOVAL G., 2004. Genetic parameters for rooting trait in *Eucalyptus globulus* (Labill.). En: *Eucalyptus* in a changing world. (Borrallho N.M.G., Pereira J.S., Marques C., Coutinho J., Madeira M., Tomé M., eds.). Proc. of International IUFRO Conf., Aveiro (Portugal) 11-15 October 2004. pp. 159-160.
- CLOSE D.C., BAIL I., BEADLE C.L., CLASEN Q., 2003. *Eucalyptus globulus* Labill.: seedling specifications and performance after planting. *Aust. For.* 66, 145-152.
- CLOSE D.C., BAIL I., HUNTER S., BEADLE C.L., 2005. Effects of exponential nutrient-loading on morphological and nitrogen characteristics and on after-planting performance of *Eucalyptus globulus* seedlings. *For. Ecol. Manage.* 205, 397-403.
- COSTA E SILVA J., DUTKOWSKI G.W., BORRALHO N.M.G., 2005. Across-site heterogeneity of genetic and environmental variances in the genetic evaluation of *Eucalyptus globulus* trials for height growth. *Ann. For. Sci.* 62, 183-191.
- CREMER K.W., 1977. Distance of seed dispersal in eucalypts estimated from seed weights. *Aust. For. Res.* 7, 225-228.
- DIETRICHSON J., KIERULF C., 1982. Selection of eight-year old Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) plants in a progeny trial and mass production by cuttings. Reports of the Norwegian Forest Research Institute 38.1. Ås, Noruega.
- DURYEA M.L., MCCLAIN K.M., 1984. Altering seedling physiology to improve reforestation success, pp: 77-114. En: *Seedling Physiology and Reforestation Success.* (Duryea M.L., Brown G.N., eds.). Martines Nijhoff/ Dr Junk. The Hague.

- DUTKOWSKI G.W., POTTS B.M., 1999. Geographical patterns of genetic variation in *Eucalyptus globulus* ssp. *globulus* and a revised racial classification. *Aust. J. Bot.* 46, 237-263.
- ESCOBAR R., SÁNCHEZ M., PEREIRA G., 2002. Forest nursery management in Chile. En: National Proceedings: Forest and conservation nursery Associations. (Dumroese R.K., Riley L.E., Landis T.D., eds.). USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station. pp. 219-225.
- FAO (Food and Agriculture Organization), 1979. Eucalypts for planting. FAO Forestry Series 11. Rome, Italy.
- FAO (Food and Agriculture Organization), 1981. El Eucalipto en la repoblación forestal [en línea]. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/004/AC459S/AC459S00.HTM> [7 Sep, 2010].
- FERNANDEZ M., MARCOS C., TAPIAS R., RUIZ F., LOPEZ G., 2007. Nursery fertilisation affects the frost-tolerance and plant quality of *Eucalyptus globulus* Labill. cuttings. *Ann. For. Sci.* 64, 865-873.
- GUTIERREZ L., CASARES A., SANCHEZ-TAMES R., MAJADA J., 2002. Early growth, biomass allocation and physiology in three *Eucalyptus nitens* populations under different water regimes. *Forestry* 75(2), 139-148
- HALL N., JOHNSTON R.D., CHIPPENDALE G.M., 1975. Forest trees of Australia. Canberra, Australia: Department of Agriculture, Forestry and Timber Bureau.
- HARDNER C.M., POTTS B.M., 1995. Inbreeding depression and changes in variation after selfing *Eucalyptus globulus* subsp. *globulus*. *Silvae Genet.* 44, 46-54.
- HARVENGT L., 2005. Somatic embryogenesis in maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.). En: Protocol of somatic embryogenesis in woody plants. (Jain S.M., Gupta P.K., eds.). Springer Verlag, Berlin. pp. 107-120.
- HIGASHI E.N., SILVEIRA R.L.V.A., PAULA T.A., ZANARDO C.E., GONÇALVES A.N., 1998. Nutrição mineral em minijardim clonal hidropônico de *Eucalyptus*: concentração, acúmulo de nutrientes em função da idade. Relatório Interno do IPEF. (dados não publicados).
- HIGASHI E.N., SILVEIRA R.L.V.A., GONÇALVES A.N., 2000 a. Monitoramento nutricional e fertilização em macro, mini e microjardim clonal de *Eucalyptus*. En: Nutrição e fertilização florestal. (Gonçalves J.L.M., Benedetti V., eds.) Piracicaba: IPEF. pp.192-217.
- HIGASHI E.N., SILVEIRA R.L.V.A., VALLE C.F., BONINE C.A.V., BOUCHARDET J.A., GONÇALVES A.N., 2000 b. Efeito da aplicação de nitrogênio na concentração dos nutrientes, na produção e enraizamento de miniestacas de clones de *Eucalyptus* na condição de minijardim clonal. En: Reunião Brasileira de fertilidade do solo e nutrição de plantas, 25. Santa Maria, 2000. Resumo expandido, Santa Maria: SBSC/SBM.
- ISTA (International Seed Testing Association), 2011. International rules for seed testing. Edition 2011. ISTA, Bassersdorf, Switzerland.
- JORDAN G.J., BORRALHO N.M.G., TILYARD P.A., POTTS B.M., 1994. Identification of races in *Eucalyptus globulus* spp. *globulus* based on growth traits in Tasmania and Geographic distribution. *Silvae Genet.* 43, 292-298.
- KELLISON R.C., 1992. Forest technology developments in the 1990s. *Tappi J.* 75 (7), 49-52.
- KRUGMAN S.L., 1974. *Eucalyptus* L'Herit. 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. 384-392.
- LANDIS T.D., 2000. Manual de viveros para la producción de especies forestales en contenedor. En: Manual Agrícola. Volumen N° 4. (Landis T.D., Tinus R.W., McDonald S.E., Barnett J.P., eds.). Washington, DC, U.S. Department of Agriculture, Forest Service. pp. 1-67.
- LANDIS T.D., TINUS R.W., McDONALD S.E., BARNETT J.P., 1989. Seedling Nutrition and Irrigation. Vol. 4. The Container Tree Nursery Manual. Agric. Handbook N° 674. USDA.
- LELU-WALTER M.A., BERNIER-CARDOU M., KLIMASZEWSKA K., 2006. Simplified and improved somatic embryogenesis for clonal propagation of *Pinus pinaster* (Ait.). *Plant Cell Rep.* 25, 767-776.
- LÓPEZ G.A., 2010. Domesticación y cultivo del eucalipto. *Boletín del CIDEU* 8-9, 83-95.

- LÓPEZ G.A., POTTS B.M., TILYARD P.A., 2000 a. F1 hybrid inviability in *Eucalyptus*: The case study of *E. ovata* x *E. globulus*. *Heredity* 85(3), 242-250.
- LÓPEZ M., HUMARA J.M., CASARES A., MAJADA J., 2000 b. The effect of temperature and water stress on laboratory germination of *Eucalyptus globulus* Labill. seeds of different sizes. *Ann. Sci. For.* 57, 245-300.
- LÓPEZ M., HUMARA J.M., CASARES A., MAJADA J., 2000 c. Temperature and provenance as two factors affecting *Eucalyptus nitens* seed germination. *Forestry* 73(1), 87- 90.
- LÓPEZ G.A., POTTS B.M., DUTKOWSKI G.W., RODRÍGUEZ TRAVERSO J.M., 2001. Quantitative genetics of *Eucalyptus globulus*: Affinities of land race and native stand localities. *Silvae Genet.* 50 (5-6), 244-252.
- LÓPEZ G.A., POTTS B.M., DUTKOWSKI G.W., APIOLAZA L.A., GELID P.E., 2002. Genetic variation and inter-trait correlations in a *Eucalyptus globulus* base population in Argentina. *International J. For. Genet.* 9 (3), 217-231.
- LÓPEZ G., CAÑAS I., RUIZ F., 2010. Vegetative propagation techniques and genetic improvement in *Eucalyptus globulus* En: *Eucalyptus Species Management, History, Status and Trends in Ethiopia*. (Gil L., Tadesse W., Tolosana E., López R., eds.) Proceedings from the Congress held in Addis Ababa. September 15th-17th. pp. 246-255.
- LORENZO J.J., ALVAREZ GONZÁLEZ J.G., 2000. Primeros resultados de crecimiento y producción de las masas de *Eucalyptus nitens* en la provincia de Lugo. En: *Actas del Congreso de Ordenación y Gestión Sostenible de Montes*. Tomo I. pp. 605-611.
- MAJADA J., GONZALEZ-RIO F., GÓMEZ C., CASARES A., 1997. Efecto del sustrato en la calidad de eucalipto *E. globulus* producido en contenedor. En: *Actas del II Congreso Forestal Español, II Congreso Forestal Hispano Luso*. Mesa 3. (Puertas F., Rivas M., eds.). Pamplona. pp. 365-370. Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- MAPA (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación), 2004. Anuario de Estadística Agroalimentaria. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid.
- MARTINEZ H.E.P., BARBOSA J.G., 1999. O uso de sustratos em cultivos hidropônicos. Viçosa: UFV, Cadernos didáticos, 42.
- MATERAN M., COOPMAN R., RIOS D., SANCHEZ M., 2004. Efecto del estrés nutricional de N sobre el crecimiento de plantas de *Eucalyptus globulus* Labill. En: *Segundo Congreso Chileno de Ciencias Forestales*. Valdivia. Chile.
- MIGUEL C., GONÇALVES S., TERESO S., MARUM L., MAROCO J., OLIVEIRA M., 2004. Somatic embryogenesis from 20 open-pollinated families of Portuguese plus trees of maritime pine. *Plant Cell Tiss.* 76, 121-130.
- MOLINA G., ZALDÚA S., GONZÁLEZ G., SANFUENTES E., STOWASSER V., 2006. Screening to antagonistic fungi for *Botrytis cinerea* biocontrol in Chilean forest nurseries. *Bosque* 27(2), 126-134.
- MONSALVE J., ESCOBAR R., ACEVEDO M., SÁNCHEZ M., COOPMAN R., 2009. Efecto de la concentración de nitrógeno sobre atributos morfológicos, potencial de crecimiento radical y estatus nutricional en plantas de *Eucalyptus globulus* producidas a raíz cubierta. *Bosque* 30(2), 88-94.
- MORGAN L., 1988. Hydroponic substrates. *Practical hydroponics and greenhouses*. Nov-diez. 20-31.
- NEVES L., ALMEIDA M.H., ALMEIDA H., MAJADA J., ARAÚJO C., 2004 a. Root growth potential of chemically pruned *Eucalyptus globulus* versus field growth. En: *Eucalyptus in a Changing World*. (Borrallho N.M.G., Pereira J.S., Marques C., Coutinho J., Madeira M., Tomé M., eds.). Proc. of International IUFRO Conf., Aveiro (Portugal) 11-15 October 2004. pp. 538.
- NEVES L., MAJADA J., ARAUJO C., 2000. Genotype effect on the in vitro propagation characteristics of *Eucalyptus globulus* Labill. En: *4º Plant Biotechnology Workshop*, Evora (Portugal).pp. 27-28.

- NEVES L., SOUSA J., MAJADA J., ARAÚJO C., 2004 b. Growth of *Eucalyptus globulus* rooted cuttings and seedlings grown in copper coated containers. En: *Eucalyptus in a Changing World*. (Borrallho N.M.G., Pereira J.S., Marques C., Coutinho J., Madeira M., Tomé M., eds.). Proc. of International IUFRO Conf., Aveiro (Portugal) 11-15 October 2004. pp. 536-537.
- OSORIO J., OSORIO M.L., CHAVES M.M., PEREIRA J.S., 1998. Water deficits are more important in delaying growth than in changing patterns of carbon allocation in *Eucalyptus globulus*. *Tree Physiol.* 18, 363-373.
- PAULA T.A., SILVEIRA R.L.V.A., HIGASHI E.N., GONÇALVES A.N., 2000. Efeito do potássio sobre a produção e enraizamento de estacas de *Eucalyptus*. En: Reunião Brasileira de fertilidade do solo E nutrição de plantas, Santa Maria, 2000. Resumo expandido, Santa Maria: SBCS/SBM. [cd-rom].
- POTTS B., VAILLANCOURT R., JORDAN G., DUTKOWSKI G., COSTA E SILVA J., MCKINNON G., STEANE D., VOLKER P., LOPEZ G., APIOLAZA L., LI Y., MARQUES C., BORRALHO N., 2004. Exploration of the *Eucalyptus globulus* gene pool. En: *Eucalyptus in a Changing World*. (Borrallho N.M.G., Pereira J.S., Marques C., Coutinho J., Madeira M., Tomé M., eds.). Proc. of International IUFRO Conf., Aveiro (Portugal) 11-15 October 2004. pp. 46-61.
- PRADO J.A., TORO J.A., 1996. Silviculture of eucalypts plantations in Chile. En: Nutrition of eucalypts. (Attiwill P., Adams M., eds.). CSIRO Australia. pp. 357- 369.
- RIESCO G., 2007. Aspectos particulares de la ordenación de plantaciones de eucalipto (*Eucalyptus globulus* Labill.). Boletín del CIDEU 3, 171-180.
- RUIZ F., LÓPEZ G., TOVAL G., ALEJANO R., 2008. Selvicultura de *Eucalyptus globulus* Labill. 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. 118-154.
- SEPLIARSKY F., 2006. Nuevos usos industriales de la madera de *Eucalyptus globulus*. Boletín Informativo CIDEU 2, 93-102.
- SILVEIRA R.L.V.A., BONINE C.A.V., HIGASHI E.N., VALLE C.F., BOUCHARDET J.A., GONÇALVES A.N., 2000. Produção de matéria seca, concentração e conteúdo de macro e micronutrientes em brotações de clones de *Eucalyptus* na condição de minijardim clonal. En: Reunião Brasileira de fertilidade do solo e nutrição de plantas [cd-rom]. Santa Maria: SBCS/SBM.
- SKOLMEN R.G., 1981. Growth of four unthinned *Eucalyptus globulus* coppice stands on the island of Hawaii. En: Proceedings, IUFRO/MAB/ FS symposium: wood production in the neotropics via plantations. (Whitmore J.L., ed.) 1980 Sept. 8-12; Río Piedras, PR. Washington DC: International Union of Forestry Research Organizations. pp. 87-95.
- SORIA F., BORRALHO N.M.G., 1997. The genetics of resistance to *Phoracantha semipunctata* attack in *Eucalyptus globulus* in Spain. *Silvae Genet.* 46, 365-369.
- TIBBITS W.N., 1986. Eucalypt plantations in Tasmania. *Aust. For.* 49(4), 219-225.
- TIMMER V.R., AIDELBAUM A.S., 1996. Manual for exponential nutrient loading of seedlings to improve trasplanting performance on competitive forest sites. Sault Ste Marie (Ontario): Canadian Forest Service, Natural Resources Canada. NODA/NFP Technical Report TR25.
- TOVAL G., 1999. Repoblaciones Forestales, Selvicultura de los eucaliptares. En: Ciencias y Técnicas Forestales. 150 años de aportaciones de los Ingenieros de Montes. (Madrigal A., coord.). FUCOVASA. Madrid. pp. 313-339.
- TURNBULL J.W., PRYOR L.D., 1978. Choice of species and seed source. En: *Eucalypts for wood production*. (Hillis W.E., Brown A.G., eds.). Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, Canberra, Australia. pp. 6-65.
- VERGARA J.T., MARCHANT I.Q., 2007. Fertilización de *Eucalyptus globulus* producidos en contenedor. Instituto Forestal, Chile.
- WANG D., BACHELARD E.P., BANKS J.C.G., 1988. Growth and water relations of seedlings of two *Eucalyptus globulus*. *Tree Physiol.* 1, 129-138.

WENDLING I., XAVIER A., GOMES J.M., PIRES I.E., ANDRADE H.B., 2000. Efeito do regulador de crescimento AIB na propagação de clones de *Eucalyptus* spp. por miniestaquia. Rev. Árvore 24, 187-192.

XAVIER A., COMÉRIO J., 1996. Miniestaquia: uma maximização da micropropagação de *Eucalyptus*. Rev. Árvore 20(1), 9-16.

XAVIER A., COMÉRIO J., IANELLI C.M., 1997. Eficiência da estaquia, da microestaquia e da micropropagação da clonagem de *Eucalyptus* spp. En: IUFRO Conference on Silviculture and improvement of eucalypts. Salvador, 1997. Proceedings. Colombo: EMBRAPA/Cnpf. V.2, 40-45.