

Fagus sylvatica L.

Haya, faya, fago; *cat.*: faix, fatg; *eusk.*: pago

Juan OLIET PALÁ, Fernando PARDO NAVARRO, Heinrich LÖSING

1. Descripción

1.1 Morfología

El haya pertenece al Orden Fagales, familia Fagáceas. Es un árbol elevado, que fácilmente llega a 30-35 m de talla, pudiendo alcanzar los 40 m en fondos de valle o escarpes calizos con suelos profundos. El porte es variado con las condiciones de la estación y las de competencia durante el crecimiento. Puede ser subarborescente en estaciones rupícolas o en cumbres, con escaso suelo; o también esbelto con copa estrecha de ramas ascendentes, en las masas densas, y redondeada, muy abierta, con ramas gruesas, a menudo horizontales, cuando los pies se presentan aislados (Blanco *et al.*, 1997). El follaje siempre es muy denso y abundante y la sombra espesa. El tronco suele ser primero algo flexuoso, con corteza lisa, verdosa; al engrosar se va haciendo esbelto, derecho, lleno y limpio, manteniéndose la corteza lisa tornando a un color grisáceo-ceniciento (Ruiz de la Torre, 2006). El sistema radical está muy desarrollado, pero profundiza poco. Las raíces secundarias son fuertes y muy ramificadas, desarrollándose muchas raíces laterales superficiales, especialmente cuando el árbol deja de crecer en altura (Ruiz de la Torre, 2006). Las ramas, zigzagueantes cuando jóvenes, presentan hojas aisladas y agrupadas en braquiblastos cortos. Las yemas son muy características, estrechas, alargadas, erectas, acabadas en punta y recubiertas por escamas pardo-rojizas imbricadas y pegajosas. Hojas simples, de color verde claro (con el haz algo más oscuro y lustroso), en los macroblastos dísticas y distanciadas, en los braquiblastos fasciculadas densamente. Se disponen horizontalmente, en perpendicular a los rayos solares, lo que contribuye a la umbrosidad del bosque. Limbo muy delgado, suave, aovado-elíptico, con cerca de diez pares de nervios secundarios rectos, paralelos. Poseen pelos blancos y sedosos en el borde, más abundantes cuando son jóvenes.

1.2 Biología reproductiva

Es un árbol monoico y anemófilo. La floración tiene lugar en abril o mayo y posteriormente la polinización, retrasándose bastante tiempo la fecundación. Presenta las flores masculinas en amentos, con periantio sepaloideo y estambres exsertos, de filamentos libres. Las flores femeninas están rodeadas por un involucre basal y el fruto, de tipo nuez, está rodeado por un involucre (cúpula o cascabillo). Las flores son coetáneas con las hojas, apareciendo en los ramillos del año. Las masculinas son numerosas, en amentos largamente pedunculados, globosos y colgantes, con 15-20 flores de periantio membranoso y 8-16 estambres. Las flores femeninas, generalmente geminadas, aparecen en pequeños grupos, cerca del extremo del brote, con involucre común a varias flores, generalmente 2, a las que cubre totalmente, salvo los estigmas. El ovario es de 3 carpelos, 3 lóculos y tres estigmas salientes, soldado a un periantio de 4-6 divisiones.

La maduración de los frutos se completa en septiembre-octubre, diseminando lentamente, entre los meses de octubre y noviembre. Los frutos son trígonos, con aristas muy marcadas, pericarpo leñoso y semilla oleaginosa. Caen poco después de abrirse, en 4 valvas, una cúpula cubierta de espinas subuladas, de consistencia membranosa o coriácea, no pinchudas. Cada cúpula ampara 2 frutos, raramente 3 ó sólo 1, que reciben el nombre de hayuco (el más extendido), fabucos, fabetas, oves ó hagüeyes (Ruiz de la Torre, 2006). El hayuco es un fruto de tipo nuez o núcula, típico de la familia Fagáceas. Se caracterizan por ser: simples, secos, indehiscentes, uniloculares y monospermos. Las núculas presentan un alto contenido energético, situándose el hayuco entre los de mayor valor, superando los 30 kJ por gramo (Grodzinski y Sawicka-Kapusta, 1970). En su composición predominan las grasas y proteínas, con valores en torno al 50 y 30% respectivamente (Drozd, 1968). No es lo más habitual en este tipo de frutos, donde hay un predominio de hidratos de carbono, que pueden suponer más del 80%, como ocurre con bellotas y castañas (Vander Wall, 2001). En cualquier caso se trata de un fruto ávidamente buscado por los depredadores de semillas y herbívoros, en general, debido a su gran contenido calórico. También se han desarrollado defensas frente a los ataques de los insectos, como es el alto porcentaje en taninos. Por otro lado, el alto contenido energético de las semillas, es de gran utilidad para el primer desarrollo de las plántulas de haya. Esto permite a las pequeñas plantas desarrollar rápidamente la superficie fotosintética y el sistema radicular y que estos adquieran un buen tamaño, lo que favorece su supervivencia en los ambientes con una escasa radiación como es el suelo del bosque, donde también hay una fuerte competencia por el agua con las plantas ya establecidas (Vander Wall, 2001).



Figura 1. Fruto de *Fagus sylvatica*
(Foto: J.I. García Viñas).

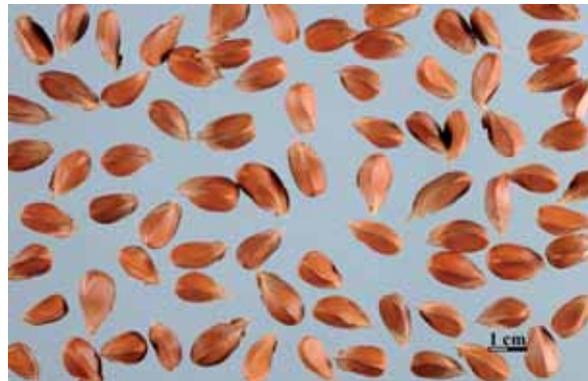


Figura 2. Hayucos de *Fagus sylvatica*.

El haya comienza por dar semilla infecunda después de los 20 a 25 años. Proporciona frutos fértiles a partir de los 35 a 40 años, si el árbol está aislado, o de los 50 a 60 en masa o en lugares umbrosos. Las cosechas menguan hacia los 100-120 años, al cesar el crecimiento en altura, acabando la fructificación al iniciarse la decrepitud (Ruiz de la Torre, 2006). Los principales agentes de dispersión son las aves, al igual que ocurre en la mayor parte de las especies de su familia, en especial los córvidos, como los arrendajos, que entierran gran cantidad de hayucos en los otoños, de los cuales un apreciable porcentaje son consumidos por roedores, jabalíes, tejones y los mismos recolectores. A pesar de esta depredación, la siembra que nace permite la expansión del hayedo sobre los terrenos de su

ámbito ecológico aún no ocupados (Ruiz de la Torre, 2006). El alto contenido energético del hayuco, como en el resto de las semillas tipo nuez, ha condicionado el desarrollo de interacciones mutualistas para la dispersión de la semilla por animales. Esto también tiene que ver con el comportamiento vecero del haya, que es común a un amplio conjunto de especies forestales. Es una especie típicamente vecera, que da cosecha abundante cada 6-8 años en el norte de su área y cada 4-6 años en España (Ruiz de la Torre, 2006), aunque otros autores, para su área de distribución europea general, ofrecen un intervalo mucho más amplio, de entre 2 y 20 años (Wagner *et al.*, 2010). En una reciente revisión sobre este fenómeno se concluye que la vecería es, la mayoría de las veces, un rasgo adaptativo de la reproducción que se superpone a la variabilidad climática (Kelly y Sork, 2002). Dos fuerzas selectivas parecen haber actuado en la evolución a favor de la vecería: un aumento en la eficiencia en la polinización en las especies anemófilas, como el haya (Sork, 1993), y un efecto saciador sobre los depredadores de semillas, de forma que en los años veceros el porcentaje de semillas consumidas es menor, pudiendo quedar una parte importante de ellas para la regeneración natural (Janzen, 1971). La eficiencia en la polinización se ve favorecida por la coincidencia entre abundantes floraciones masculina y femenina, habiendo sido observado este fenómeno en el haya (Nilsson y Wästljung, 1987; Pardo, 2000). En los años de escasa floración los hayucos son en su mayoría vanos, un hecho que se había achacado a la ausencia o escasez de polinización cruzada (Aguirre, 1995) y que recientemente ha podido ser comprobado mediante estudios genéticos (Wang, 2003). Los efectos de la autofecundación también se manifiestan cuando se presentan individuos aislados dentro de masas de otras especies. La ventaja adaptativa de la vecería en relación con la dispersión tiene que ver con el acaparamiento y ocultación de las semillas de forma dispersa a cierta distancia del árbol (Vander Wall, 2001).

Los años de mayores cosechas aumentan las posibilidades de que las semillas escapen a la depredación posterior a la dispersión. La mayoría de las especies en las que funciona esta estrategia adaptativa que incluye, además del haya, robles encinas y algunos pinos, presentan semillas tipo nuez. Sin embargo, no hay un acuerdo general sobre qué factores climáticos concretos estimulan la floración del haya (temperatura, sequía o alta insolación) y cómo estos factores interactúan con los procesos fisiológicos implicados en la floración. Para abordar este problema un reciente estudio analiza la correlación entre distintos eventos climáticos y la fructificación en una muestra amplia de poblaciones de hayas del Hemisferio Norte (10 poblaciones de *Fagus sylvatica*, 3 de *F. grandifolia* y 1 de *F. crenata*) con series que van de 6 a 34 años (Piovesan y Adams, 2001). Del estudio se concluye que una sequía a comienzos del verano es un firme indicador de un año siguiente con fructificación alta, la correlación entre sequía y floración es mayor que entre altas temperaturas y floración. El carácter predictivo del clima se incrementa si en el año previo al verano seco ha tenido lugar un verano excepcionalmente húmedo y frío. Un buen conocimiento del clima local donde se encuentran las poblaciones de hayas puede ayudarnos a predecir los años veceros, con las ventajas que esto supone para los programas de producción de planta, considerando además que en los años veceros la semilla será de mejor calidad. Esto además evitaría tener que enfrentarse a los problemas que puede acarrear la conservación de las semillas durante varios años. A los años de gran fructificación les siguen varios años de muy bajas cosechas, como consecuencia de un agotamiento de los recursos. Lo contrario, es decir, la existencia de un año bueno

detrás de otro malo, no siempre suele ocurrir, lo que demuestra la influencia climática en el fenómeno de la vecería. En los años de grandes cosechas los herbívoros raramente movilizan o consumen la mayoría de las semillas. Normalmente, la mayor parte de los hayucos pasan al ciclo de los detritívoros (Nielsen, 1977) quedando almacenadas las testas en la capa de hojarasca, junto a cúpulas y ramillas (Pardo, 2000). El carácter leñoso de todos estos fragmentos hace más lenta su descomposición, lo que les permite ser visibles durante largo tiempo en el suelo del bosque.

Tras la caída de la semilla al suelo esta permanece latente hasta su germinación en la primavera siguiente. Las condiciones de la capa de hojarasca que cubre el suelo del hayedo permiten la conservación de la semilla hasta la próxima primavera, aunque estas condiciones también pueden darse bajo otros tipos de doseles como pueden ser los de los pinares y robledales e, incluso, bajo unas condiciones macroclimáticas de gran humedad ambiental también en arbustados altos como brezales o piornales. Esto permite la expansión del hayedo hacia otras formaciones vegetales y sugiere el empleo de técnicas y cuidados que emulen este comportamiento natural cuando se introduce la especie empleando la siembra (ver apartado 5).

Como se ha comprobado en distintos estudios sobre conservación de semillas, el hayuco tiene unas características intermedias entre las semillas denominadas ortodoxas y las recalcitrantes. Por tanto el hayuco tolera cierto grado de desecación sin que quede comprometida su viabilidad (Willan, 1991; Gosling, 2007). A esto se suma la necesidad de un tratamiento de frío para vencer su dormición (Gosling, 1991). Estos resultados de laboratorio reflejan un comportamiento en el campo que está en relación con las características climáticas y con los ecosistemas que puede ocupar el haya.

Caído el hayuco al suelo, no germina inmediatamente, como ocurre por ejemplo en las bellotas de los robles, que pertenecen a las semillas de tipo recalcitrante. Los fríos invernales, cuando la temperatura desciende bajo cero en todo el área de distribución del haya, favorecen la conservación de la semilla. Pero la elevación de la temperatura entre finales del invierno y principios de la primavera permite la ruptura de la dormición, de forma que los hayucos germinan fácilmente al comienzo del periodo vegetativo casi al tiempo que empiezan a brotar las hojas. También se precisa para vencer la dormición el aumento de la humedad del hayuco, puesto que la semilla recién caída suele tener un contenido de agua más bajo que el necesario para que se supere la latencia (Gosling, 2007). Esto se consigue mediante la estancia dentro de una capa de hojarasca que ha sido mojada tanto por las lluvias invernales como por la nieve. Cuando se han dado todas estas condiciones se produce la germinación del hayuco.

1.3 Distribución y ecología

El haya es una especie característica del dominio Euro-Siberiano occidental, con el centro actual de difusión en el centro y oeste de Europa, hallándose espontáneamente en el sur de Inglaterra y de Escandinavia. La mayor abundancia tiene lugar en los Alpes (Ruiz de la Torre, 2006). Se trata de una especie de reciente aparición en Europa, donde ocupa una superficie estimada en más de 12 millones de hectáreas (Madrigal *et al.*, 2008). El haya se comporta en el centro de su área de distribución como una especie eurioica,

de amplia valencia ecológica, capaz de amoldarse a condiciones edáficas y climáticas relativamente variadas. En el límite meridional de su área en la Península Ibérica, las dificultades impuestas por el clima mediterráneo se traducen en una fragmentación de sus manifestaciones, así como en una localización casi exclusiva en zonas de montaña, siendo raro encontrarla por debajo de los 300 m (Blanco *et al.*, 1997). Sin embargo, en el norte de Europa (60 ° N) aparece a nivel del mar.

En España, donde ocupa unas 365.000 ha (Agúndez *et al.*, 1995), la localización está centrada principalmente en el eje cántabro-pirenaico, de clima oceánico, y los macizos ibérico septentrionales, de moderada continentalidad, más varias estaciones relicticas que constituyen sus últimos reductos meridionales (Fig. 2). Así, aparece desde Galicia, donde su presencia es escasa, y se extiende por Asturias, León, Cantabria y País Vasco. Pero su concentración máxima se encuentra en Navarra, siendo las masas más extensas las de Irati y el valle del Baztán; más hacia el oriente en Pirineos aparece con menor extensión e importancia en las provincias de Huesca y Lleida, no haciendo acto de presencia de nuevo hasta pasado el Alto Segre, en la provincia de Girona. Se extiende asimismo por las umbrías de las sierras ibéricas de Soria y La Rioja, con alguna representación en el Moncayo. La tendencia en estas zonas es a la expansión de su área, fundamentalmente por aparición natural bajo cubierta de otras especies arbóreas (Agúndez *et al.*, 1995). Por último, las localidades de los Puertos de Beceite (Tarragona), Somosierra y Sierra de Ayllón (límites de Madrid, Guadalajara y Segovia) y Sierra de la Peña de Francia, en Salamanca, son los puntos más meridionales de la Península, con climas más xéricos (Blanco *et al.*, 1997, Ruiz de la Torre, 2006), en situación marginal en muchos casos.

En cuanto a su ecología, los hayedos se encuentran en zonas en las que la oscilación de las temperaturas medias mensuales, entre el mes más frío y el más cálido, no alcanza valores importantes. Las medias de enero son en general superiores a 3°C, y las medias de agosto inferiores a 18 °C en la mayor parte de su área. El haya tiene una gran resistencia al frío en el periodo de reposo vegetativo, mostrando sin embargo una gran sensibilidad a heladas tardías (Madrigal *et al.*, 2008). Estas afectan a los brotes florales y a las hojas, provocando necrosis de las que el árbol se recupera difícilmente dada su incapacidad para emitir una segunda generación de brotes.

En lo que respecta al comportamiento a la luz, el haya es un árbol que soporta mucha radiación incidente, aunque en sus fases juveniles se comporta como esciófilo, principalmente en el sur de su área, precisando algún tipo de cobertura para desarrollarse. En condiciones favorables puede germinar y desarrollarse bien a plena luz incluso en la Península Ibérica (Blanco *et al.*, 1997). Pero al mismo tiempo, el haya es el árbol caducifolio europeo que puede vivir con menor luminosidad, ya que sus hojas de sombra poseen un punto de compensación lumínico muy bajo (Blanco *et al.*, 1997), sobreviviendo durante largos periodos bajo intensidades lumínicas del 1% de la radiación fuera de copas (Wagner *et al.*, 2010). Esta cualidad hace del haya una especie enormemente competitiva, capaz de superar y eliminar al resto de los árboles planocaducifolios de la Europa atlántica, húmeda y umbrosa.

En cuanto a precipitaciones, la existente en la zona de hayedos españoles alcanza siempre valores anuales elevados, normalmente por encima de 900 mm; sin embargo, estas cifras

resultan muy elevadas en comparación con las correspondientes en Suecia, por ejemplo, donde la ausencia de sequía estival y la reducción de temperaturas medias demandan mucha menor precipitación, situándose esta alrededor de tan sólo 500 mm (Blanco *et al.*, 1997). En España, la sequía estival, que no obstante rara vez se corresponde con una precipitación veraniega por debajo de 150 mm, se ve compensada por la abundancia de nieblas y la abundante humedad ambiental. Y es que el carácter mesológico más destacado del haya es la necesidad de un ambiente húmedo en los meses de actividad, con un metabolismo intenso durante el ciclo vegetativo. Los veranos largos e intensamente secos han ocasionado recientemente la pérdida de numerosos pies en solanas de pendiente elevada, con escasa capacidad de retención de agua (Ruiz de la Torre, 2006). Una vez más se pone en evidencia la dificultad de fijar valores óptimos y umbrales de precipitación para una especie, dada la alta dependencia del reparto intranual y de otros factores compensatorios.

Prácticamente indiferente en cuanto a los sustratos geológicos, el haya aparece sobre arcillas, granitos, gneises, margas, esquistos, etc., pero abunda más sobre calizas (Ruiz de la Torre, 2006), muchas de ellas descarbonatadas por las abundantes precipitaciones (Agúndez *et al.*, 1995). En relación con los suelos, los hayedos parecen ser muy tolerantes. Por lo general, los hayedos habitan en suelos de evolución media a elevada, siendo raros los suelos poco evolucionados (Agúndez *et al.*, 1995). Aparecen a menudo sobre suelos fértiles y profundos cuya evolución promueven por medio de una abundante acumulación de hojarasca. Su tolerancia al pH es alta, habitando en un rango de 4 a 8,5, aunque su óptimo se sitúa más alrededor de la neutralidad. En el límite meridional de su área, a medida que la disponibilidad hídrica se convierte en factor limitante para su persistencia, los hayedos muestran preferencia por los sistemas montañosos ácidos, mientras que la Europa atlántica y en gran parte del eje cantábrico y Pirineos occidentales se ha señalado su preferencia por sustratos calcáreos (Blanco *et al.*, 1997; Ruiz de la Torre, 2006). Sobre tales sustratos habitan los hayedos eútrofos, que parecen representar la etapa de máximo desarrollo del hayedo en España (Madrigal *et al.*, 2008). El exceso de humedad edáfica no le va bien, no tolerando el encharcamiento (Ruiz de la Torre, 2006). Más información sobre las estaciones del haya se puede consultar en la Tabla 1 y en Gandullo *et al.* (2004).

2. Materiales forestales de reproducción

2.1. Marco normativo. Identificación de los materiales de reproducción

El haya está incluida en la normativa europea y estatal (RD. 289/2003) relativa a la comercialización de los materiales forestales de reproducción, por lo que los materiales que se empleen para la forestación en cualquier zona del territorio español deben cumplir con las características de calidad externa e ir acompañados de la documentación acreditativa fijadas por norma. La delimitación de las regiones de procedencia del haya se ha realizado por el método aglomerativo (Agúndez *et al.*, 1995). Se han establecido 18 regiones que agrupan las masas naturales de la especie (Fig. 3). Las regiones deben manejarse con criterios diferentes según los objetivos a conseguir en los proyectos de reforestación y según las propias características de cada región. Una descripción de las regiones puede consultarse en Agúndez *et al.* (1995) y en Alía *et al.* (2009).

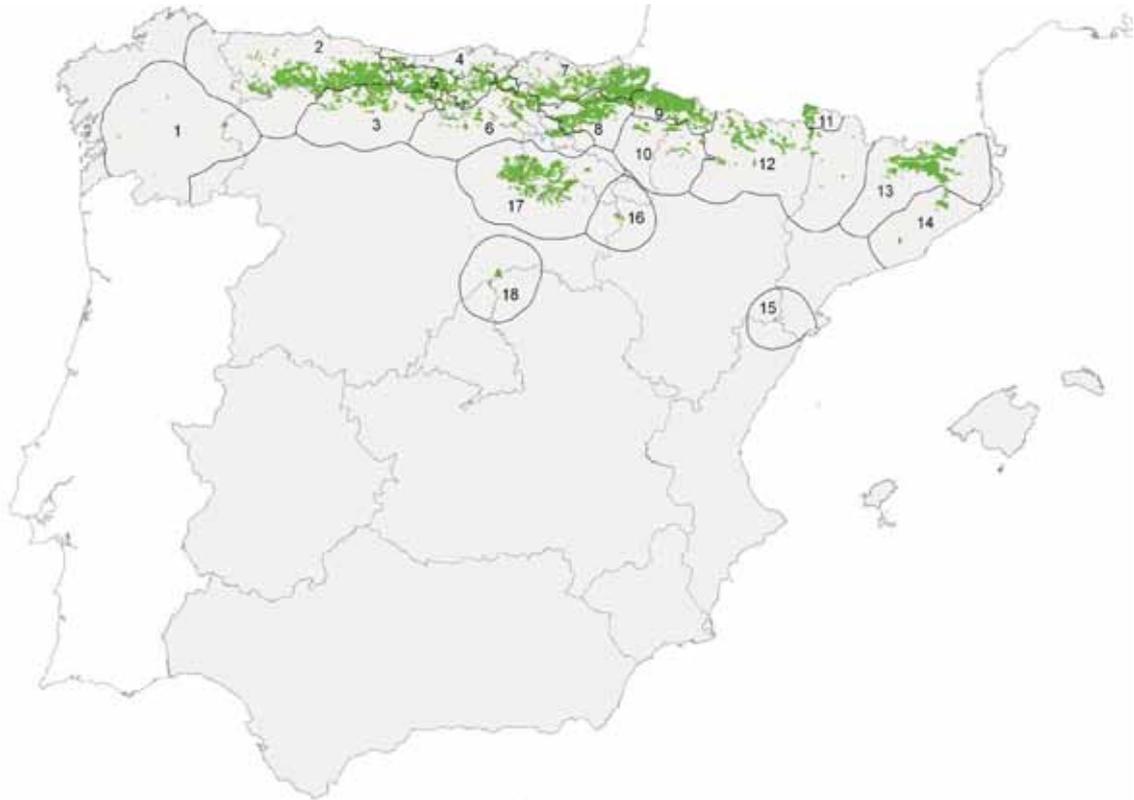


Figura 3. Distribución de *Fagus sylvatica* y Regiones de Procedencia de sus materiales de reproducción. 1.- Galicia y Sierra Ancares. 2.- Cordillera Cantábrica Occidental. 3.- Cordillera Cantábrica Meridional. 4.- Litoral Ástur-Cantábrico. 5.- Cordillera Cantábrica Oriental. 6.- Cuenca del Alto Ebro. 7.- Litoral Vasco-Navarro. 8.- Aralar, Urbasa-Entzia. 9.- Pirineo Occidental. 10.- Sierras Exteriores de Navarra. 11.- Valle de Arán. 12.- Pirineo Central. 13.- Pirineo Oriental. 14.- Cordillera Litoral Catalana. 15.- Puertos de Beceite. 16.- Moncayo. 17.- Sistema Ibérico. 18.- Sierra de Ayllón. (Alía *et al.*, 2009).

En la actualidad hay autorizadas fuentes semilleras en todas las regiones de procedencia de la especie. Además, el Catálogo Nacional de Materiales de Base de haya incluye un total de 20 rodales selectos para la producción de material de categoría seleccionada, distribuidos en diez regiones de procedencia. La similitud fitoclimática entre las regiones de procedencia y los rodales selectos ha permitido distinguir entre regiones de amplio uso, a las que corresponde un material de reproducción cuya utilización puede ser recomendada en otras regiones, y regiones de uso local, que serán aquellas en las que el material proveniente de las mismas sólo debe usarse dentro de su mismo ámbito geográfico. Estas últimas son las regiones: 1 (Sierra del Caurel y Ancares), 14 (Montseny), 15 (Puertos de Beceite), 16 (Moncayo) y 18 (Sierra de Ayllón) (Martín-Albertos *et al.*, 1998). A su vez, y en orden a la utilización del material, resulta oportuna la agrupación de las regiones de procedencia atendiendo a factores climáticos (Alía *et al.*, 2009). Así, cabe distinguir las regiones típicas de haya, que son las distribuidas desde la Cordillera Cantábrica hasta los Pirineos occidentales (2, 5, 7, 8 y 9), las regiones frías (3, 11, 12 y 13) y las de las regiones de procedencias mediterráneas (6, 10, 14, 15, 16, 17 y 18),

caracterizadas por una mayor incidencia de la sequía estival, y a varias de las cuales cabría considerar como de área restringida, por el aislamiento y tamaño de las poblaciones.

El haya está considerada como especie “De interés especial” por las Comunidades Autónomas de Castilla-La Mancha (D. 33/1998) y Madrid (D. 18/1992). Respecto a la legislación sobre sanidad vegetal, es de señalar que el haya figura incluida en la normativa sobre pasaporte fitosanitario.

2.2. Técnicas de manejo y propagación

2.2.2. Semillas

La semilla madura se recoge normalmente de mediados de septiembre a principios de noviembre. Los hayucos pueden ser recolectados una vez se han abierto las cúpulas y han caído al suelo o pueden ser recogidas las propias cúpulas cuando aún están en los árboles, tras sacudir estos y previo extendido de redes a sus pies. Para la recolección del suelo puede ayudarse de aspiradores portátiles. También facilita la recolección la limpieza anticipada del suelo. En ocasiones se dejan redes o toldos extendidos bajo los árboles para recoger las semillas que vayan cayendo. La recogida de las semillas que ya están en el suelo presenta el inconveniente de una mayor probabilidad de infección por hongos (Dubbel, 1989). Esta circunstancia, unida a la depredación por pájaros y roedores, obliga a actuar con prontitud. También se pueden recoger los frutos cerrados aprovechando las cortas, dejando durante unas semanas que se sequen para que se abran las cúpulas y poder extraer los hayucos. La madurez de la semilla viene indicada por el color de la cúpula que debe ser completamente marrón, debiéndose tomar el mayor cuidado posible de que la semilla recogida en frutos, aún no abiertos, esté completamente desarrollada. El contenido de humedad de las semillas recogidas en fresco es normalmente de un 25-32% aproximadamente, dependiendo de las condiciones ambientales durante la recogida (Suszka, 1996). Resulta conveniente realizar una limpieza sobre el terreno de lo recolectado, en la que se eliminen las impurezas más groseras.

Los hayucos recolectados directamente o tras su extracción de los frutos deben ser extendidos en una fina capa para que se oreen, removiéndolos con cierta frecuencia. El grado de secado a alcanzar (desde superficial hasta un contenido de humedad del 8%) dependerá del uso y manejo que se le vaya a dar a los hayucos. Posteriormente, se procederá a su limpieza por cribado y aventado. Es usual que los años de escasa cosecha, haya un gran número de hayucos parasitados. Las características medias de los lotes de semilla para distintos autores pueden verse en la Tabla 2. Los hayucos recién recolectados se pueden sembrar directamente, en cuyo caso sufren una estratificación en condiciones naturales, o bien almacenarse para ser empleados *a posteriori*. La conservación de los hayucos en buenas condiciones depende de su contenido de humedad y de la temperatura. Los frutos del haya, por sus características intermedias, son menos tolerantes a la desecación y tienen una menor vida que las ortodoxas, al tiempo que no son tan sensibles a su secado ni tan poco duraderas como las recalcitrantes. Las semillas de tipo ortodoxo toleran su desecación hasta cifras inferiores al 5% de humedad, mientras que las recalcitrantes deben mantenerse con una humedad del 40-50% y solo se pueden conservar durante un corto tiempo (Roberts, 1973). El método de conservación de los hayucos depende de la duración del periodo de almacenaje de las semillas. Así, si tan sólo se quieren almacenar

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

RP	Pres (%)	Altitud (m)			Precipitación (mm)		A (meses)	Temperatura (°C)			Osc (°C)	Hs (meses)	Tipo de suelo (FAO)
		Med	Max	Min	Annual	Estival		Med	MaxMC	MinMF			
1	0,3	919	1480	229	1614	156	0,4	10,2	24,7	-0,1	13,8	1,5	RK(88) CMu(12)
2	15,7	1021	2117	27	1388	190	0	9,2	22,2	-1,2	12,9	2,3	RK(41) CMc(37) CMu(14)
3	6,6	1380	1992	941	1293	147	0,2	7,5	23,6	-3,9	15,2	5,3	CMu(60) CMc(26) RK(11)
4	2,8	560	1340	29	1471	213	0	11,7	22,9	2,6	11,8	0	CMc(54) CMu(36)
5	10,2	930	2122	155	1324	187	0,1	9,8	22,6	-0,1	12,6	1,4	CMu(70) CMc(18)
6	6,9	881	1330	299	925	139	0,5	10	24,9	-0,4	14,5	1,2	CMc(78) CMu(16)
7	14,4	545	1396	39	1671	250	0	11,6	23,7	2,1	12,6	0,1	CMu(48) CMc(39) LVx(11)
8	8,1	816	1472	185	1353	192	0,1	10,4	24,2	0,7	14,3	0,1	CMc(92) FLe(6)
9	8,2	1057	2093	469	1519	221	0	8,8	23,6	-1,9	15	3,2	CMc(86) CMu(13)
10	1,7	932	1442	514	937	151	0,3	10,4	26,6	-0,8	16,6	1,6	CMc(73) VRx(20)
11	1,2	1515	2545	586	1231	267	0	6,5	20,4	-4,7	15,6	5,3	CMu(47) CMd(31) RK(19)
12	3,8	1446	2426	577	1282	264	0	7,9	24,2	-4,5	17,3	5	CMc(74) CMu(14)
13	7,2	1045	2476	252	1090	307	0	10	25,6	-2,6	16,1	3,5	CMc(76) CMu(13)
14	0,8	904	1624	76	961	197	0,3	11,1	25,7	-1	16,1	2,2	CMu(77) CMc(23)

RP	Pres			Altitud (m)			Precipitación (mm)		A			Temperatura (°C)			Osc	Hs	Tipo de suelo (FAO)	
	(%)	Med	Max	Min	Annual	Estival	(meses)	Med	MaxMC	MinMF	(°C)	(meses)	(%)					
15	0	1136	1268	1011	1029	157	0,3	10,8	24,6	0,5	14,8	0	CMc(100)					
16	0,2	1364	1907	992	829	152	0,2	9,2	25,6	-2,2	17,4	2,9	CMtu(63) CMc(23) CMg(14)					
17	11,3	1322	2021	619	901	157	0,2	8,5	24,5	-2,3	15,6	3,6	CMc(48) CMtu(42)					
18	0,4	1625	1961	1210	1019	134	1	8,4	26,4	-3,3	17,8	4,8	CMtu(82) CMg(18)					

hasta la siembra en la primavera siguiente a la recogida (conservación a corto plazo), es suficiente con lavar las semillas y guardarlas en bolsas sin sustrato a 3-5 °C, siempre y cuando el contenido de humedad del hayuco oscile entre 30 y el 32%. Si los valores de humedad aumentan, entonces los hayucos pueden comenzar a germinar prematuramente a la temperatura de conservación. Por ello, si se almacenan más húmedas, la conservación debe hacerse a unos -3 °C.

Por otra parte, algunos estudios han mostrado que los hayucos pueden ser almacenados hasta seis años sin pérdida de viabilidad tras su secado hasta un contenido en humedad del 8-10% a temperatura ambiente y su posterior almacenaje en recipientes herméticos, a temperatura de entre -5 y -15 °C (Suszka, 1974). Dado el carácter vecero de la especie, la posibilidad de contar con reservas de hayucos viables es muy conveniente para un suministro regular. Algunos autores opinan que el contenido de humedad para almacenar las semillas a medio plazo debe estar en torno al 15%, puesto que éstas se deterioran progresivamente conforme desciende el valor por debajo de esta cifra (Gosling, 2007). Otros estudios también recientes, han comprobado que existe un margen, tanto de temperaturas como de humedad en cuanto a las condiciones de almacenamiento a largo plazo, estando el rango óptimo entre 9 y 15% de contenido hídrico y -10 y -20 °C de temperatura (León-Lobos y Ellis, 2002; Pukacka *et al.*, 2003). Debe tenerse especial precaución con el secado de la semilla para la conservación a plazos mayores, que siempre debe hacerse a temperaturas inferiores a 20 °C (Catalán, 1991; Poulsen, 1993). Descensos en el contenido hídrico por debajo de 7-8% producen una destrucción irreversible, con pérdida de viabilidad (León-Lobos y Ellis, 2002). Tras su almacenado y antes de la siembra, la semilla debe recuperar los valores de 30-32% de humedad, para lo cual se estratifica durante 8 a 12 semanas a una temperatura entre 3 y 5 °C, en coincidencia con las condiciones de almacenamiento a corto plazo. Ello es debido a que los hayucos requieren estratificación en frío para que pueda tener lugar su germinación y las prácticas habituales en los viveros han combinado la estratificación y el control de las condiciones de almacenaje dentro de un procedimiento coordinado.

En los países centroeuropeos se sigue habitualmente el siguiente proceso: el primer paso es determinar qué cantidad de tiempo de estratificación es necesario para superar la dormición de la semilla de un lote determinado (Suszka y Zieta, 1977). Las semillas frescas recogidas en campo no presentan una humedad suficiente para ser sometidas a estratificación (Gosling, 2007). Por eso se toman muestras de semilla y se llevan hasta un contenido máximo de humedad mediante su remojo o su mezcla con arena y turba húmedas. Después, se guardan a 3 °C hasta que aproximadamente el 10% de las semillas ha comenzado a germinar, haciéndose visibles las radículas. El periodo transcurrido en este proceso se considera como el tiempo necesario para superar la dormición en el lote de semillas analizado. El resto de las semillas son llevadas a un contenido de humedad entre el 28 y el 30% y conservadas en frascos herméticos a 4 °C durante el tiempo estimado anteriormente para vencer la dormición, al que se le suman dos semanas más para asegurar que todas ellas hayan cubierto sus necesidades de frío (Muller y Bonnet-Masimbert, 1989). Bajo estas condiciones se considera que queda vencida la dormición, pero sin que las semillas comiencen a germinar, de forma que están listas para su siembra la primavera siguiente. Las semillas así tratadas pueden ser secadas a temperatura ambiente o en condiciones controladas a temperatura no superior a 20 °C, hasta un contenido de

humedad del 8% y guardadas en frascos herméticos a $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Poulsen, 1993). Los efectos de la estratificación se manifiestan una vez que la semilla es sembrada en primavera.

Recientemente, se ha señalado la dificultad que presentan las poblaciones meridionales españolas de haya para aplicarles los protocolos más habituales de rotura de dormición, como los mencionados atrás (Herrero *et al.*, 2001). Así, en poblaciones de la Sierra de Ayllón las semillas responden bien en ocasiones al pretratamiento, mientras que en otros casos la aplicación del mismo no mejora la germinación. Estos autores plantearon la existencia de otro tipo de letargo en las semillas de estas poblaciones, ensayando otros tipos de tratamientos alternativos a la simple estratificación en frío. El tratamiento con el que obtuvieron peores resultados fue el de estratificación fría durante 30 días, en el que la germinación fue del 70%. Los mejores resultados se obtuvieron con la estratificación caliente ($20\text{ }^{\circ}\text{C}$) durante 30 días, alcanzando un 91% de germinación. Aunque los resultados no eran los esperados, los autores señalan que este tipo de estratificación puede ser una buena alternativa para estas poblaciones meridionales de hayas.

Tabla 2. Datos característicos de lotes de semillas de *Fagus sylvatica*.

Rendimiento semilla/fruto (% en peso)	Pureza (%)	Facultad germinativa (%)	Nº semillas kg^{-1}	Referencia
		30-90	4.000	Lösing (com. pers.)
	95	60	4.200	Aldhous (1972)
		60-80	3.000-5.000	Cemagref (1982)
	98	75	4.500	Gradi (1989)
25-30	98	80-90	3.500-4.000-5.300	Catalán (1991)
		70	3.000-4.600-5.000	Forestry Commission (1992)
		50-80	3.700-6.000 (4.600-5.000)	Piotto (1992)
	85-95 ⁽¹⁾	50-100 ⁽¹⁾	3.350-4.000-6.650	Suszka <i>et al.</i> (1994)
	99,1		4.385	Ammer <i>et al.</i> (2002)
12,3			4.000	Ruano (2003)
3-10-42				Louro y Pinto
(22,5)	98-100	75-95	3.100-5.000	CNRGF <i>El Serranillo</i> (Anexo III)
	56-87	90-100		Vivero Central JCyL (Anexo IV)

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

La ISTA (2011) prescribe como método para evaluar un lote de semillas la germinación en arena a temperatura constante de $5\text{ }^{\circ}\text{C}$, pero sin prefijar ninguna duración, señalando que ésta dependerá del grado de durmancia, y que en caso extremo podrán requerirse 24 semanas. Asimismo, señala al ensayo de tetrazolio como alternativa, en particular en casos de letargo profundo. Por su parte, la Forestry Commission (2010) propone como condiciones térmicas del ensayo convencional la alternancia $3-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. La germinación es epigea, teniendo la plántula dos cotiledones reniformes.

2.2.2. Vegetativa

Aunque la propagación de la especie se realiza por semilla, las variedades ornamentales también se injertan. La propagación vegetativa por estaquilla (esqueje leñoso o semileñoso) es posible, pero no habitual (Ruano, 2003). El cultivo *in vitro* es también posible (Vieitez y San José, 1996), aunque no se realiza a escala comercial.

3. Producción de plantas

El haya suele plantarse en zonas con precipitación y humedad relativa abundantes durante la primavera y el estío, por lo que la producción a raíz desnuda es el procedimiento más frecuente. La planta a raíz desnuda tiene la ventaja del menor coste unitario de producción y transporte, así como la obtención de un sistema radical sin deformaciones derivadas del confinamiento. Sin embargo, su producción también puede realizarse en contenedor, sistema que se aconseja especialmente cuando el destino del haya sea alguna zona meridional de su ámbito ecológico en España, donde son presumibles sequías estivales (Peñuelas y Ocaña, 1996). La producción en contenedor tiene además otras ventajas como un mayor control de las condiciones de cultivo y por tanto del tipo de planta a obtener, así como una ventana de plantación más amplia en la campaña de plantación, dado que el arranque, almacenaje y transporte de planta a raíz desnuda y su plantación sólo puede realizarse durante un período concreto en el año (Serrada, 2000). En cualquier caso, la producción de planta de haya en España es escasa, 350.000 plantas en 2007, por lo que no existe mucha información que permita recoger aspectos específicos de su cultivo.

En relación con la calidad de la planta de esta especie, la normativa actual (RD. 289/2003) deroga la disposición anterior sobre calidad exterior (O. 3080 del Ministerio de Agricultura de 21 de enero de 1989) que establecía los valores normativos dimensionales de especies no mediterráneas según el número de savias del brinzal. Por tanto, en la actualidad sólo existe dicha regulación dimensional vigente para algunas especies mediterráneas. De forma genérica, el citado Real Decreto establece los siguientes criterios cualitativos sobre calidad exterior de las plantas:

- Plantas con heridas no cicatrizadas, salvo las derivadas de la poda o arranque
- Plantas total o parcialmente desecadas
- Tallos con fuerte curvatura
- Tallo múltiple
- Tallo y ramas incompletamente maduras, salvo si las plantas salen del vivero durante el periodo vegetativo
- Cuello de la raíz dañado
- Raíces principales gravemente enrolladas, torcidas o dañadas
- Raíz principal formando un ángulo inferior a 110° con el tallo
- Raíces secundarias ausentes o dañadas
- Plantas con daños graves causados por organismos dañinos

- Plantas con indicios de recalentamiento, fermentación o mohos (no confundir con micorrizas)
- Sistema radical claramente insuficiente

En Francia las normas dimensionales mínimas para que las plantas sean consideradas como de calidad cabal y comercial son las que figuran en la Tabla 3. Por otra parte, la Comisión Forestal Británica establece valores mínimos de tamaño algo mayores en altura (20 cm) y en diámetro (4,5 mm) (Aldhous y Mason, 1994).

Tabla 3. Valores de atributos morfológicos y, en su caso, volumen de contenedor establecidos por la normativa francesa para plantas de *Fagus sylvatica* (Journal Officiel de la République Française; Arrêté du 29 novembre 2003).

Edad (savias)		Altura (cm)	Diámetro mínimo del cuello de la raíz (mm)	Volumen mínimo del contenedor (cm ³)
Raíz desnuda	Contenedor			
1	1	10-15	4	200
1	1	15-30	5	200
2	2	30-50	5	200
3	3	50-80	7	400
4	4	≥80	9	400

Para la elección de los atributos de calidad se debe considerar el medio al que las plantas irán destinadas, por su relación con los factores que con mayor probabilidad supondrán una amenaza al establecimiento. En el caso del haya, los destinos de plantación suelen ser generalmente muy productivos, con alta proliferación de vegetación herbácea en primavera y verano. En este caso, la planta debe poseer un tamaño de parte aérea y una capacidad de crecimiento aéreo postrasplante suficiente para responder a la competencia, fundamentalmente por luz, con la vegetación accesoria. Por ello consideramos que la propuesta de calidad debe acercarse más a la que realiza la Comisión Británica, que supone plantar hayas de más de 20 cm de tamaño. Este tamaño se alcanzará con cierta facilidad en planta producida a raíz desnuda.

Para la producción de haya a raíz desnuda, el suelo ideal es arenoso o limoso-arenoso con un pH alrededor de 5,5-6,0. La siembra se suele realizar en primavera, en abril-mayo (Lösing, 1997) o en otoño, con la semilla recién recogida (Catalán, 1991). La siembra en primavera parece más aconsejable, por la mayor probabilidad de éxito (Alía *et al.*, 2009). El inconveniente de ésta es que precisa un buen método de conservación de la semilla recogida en otoño (Catalán, 1991). Para la producción en el vivero, por lo general, se utiliza el esquema de 5 líneas de siembra paralelas, separadas 20 cm. La profundidad de siembra suele ser de 2-3 cm para suelos de textura intermedia y siembras en primavera. En el caso de siembra otoñal, la profundidad debe ser mayor (5-6 cm) y conviene cubrir las eras de vivero con una cubierta extra de tierra y paja de 10-15 cm de espesor que luego se retira cuando la semilla comience a germinar (Catalán, 1991). El sombreado de la semilla y plántulas es aconsejable (Ruano, 2003). En algunos países europeos se emplea maquinaria especial para la siembra. Si se desea lograr una distancia determinada entre

plantas dentro de una fila puede emplearse una sembradora de vacío como la empleada en el cultivo de maíz. La densidad de siembra en la era de cultivo depende del tamaño final de planta deseado. Generalmente, el haya se suele producir en densidades definitivas de 120 a 150 plantas por metro cuadrado cuando se trata de brinzales de una savia, y de 120 para plantas de dos savias. Esto implica, para un sistema de 5 líneas de siembra como el descrito, una separación de 20 cm entre filas y de 3,3 a 4,2 cm entre plantas dentro de una línea (Fig. 4). Además de la densidad definitiva de plantas deseada, para el cálculo de la dosificación de siembra deben considerarse otros aspectos del lote de semillas como la pureza, la potencia germinativa y el coeficiente de cultivo (Ruano, 2003). Esto implica que para obtener una densidad de planta determinada deben realizarse test de germinación previos. La potencia germinativa del haya es muy variable con el lote, pudiendo oscilar entre 30 y 90% (Tabla 2). Las heladas tardías y los pájaros son la mayor amenaza para la siembra. Muchos viveristas siembran por ello bajo red. Por otra parte, para prevenir la aparición de *damping-off*, añaden una mezcla de fungicidas (ver apartado 3.3.1). Como ya se indicó anteriormente, antes de sembrar el contenido de humedad de las semillas debe elevarse por encima del 32% para una rápida germinación (pocos días). En ese momento la siembra debe hacerse rápidamente.

Los sistemas para la producción de esta especie a raíz desnuda varían en función del tamaño y de la calidad requeridos. El trasplante suele realizarse con planta de una savia. Dicha planta puede emplearse directamente en plantaciones (1+0) o bien volver a ser trasplantada en el vivero para obtener material de mayor tamaño (Fig. 5). Así, otras combinaciones que suelen comercializarse son 1+1, 1+2, 2+2, ó, en ocasiones, 1+3. Cuando sobra material 1+0 que no puede trasplantarse suele prolongarse su cultivo un año más en la misma era, para lo cual se realiza un repicado de raíces en otoño y se deja crecer un año más hasta producir una planta tipo 2+0 (Lösing, 1997). Para estos esquemas de producción el tamaño de planta suele oscilar entre 30 y 50 cm (Löf *et al.*, 2004).



Figura 4. Plantas de *Fagus sylvatica* de una savia, a raíz desnuda, producida en sistema de 5 hileras separadas 20 cm (Foto: H. Lösing).



Figura 5. Plantas de una savia de *Fagus sylvatica*: a raíz desnuda con repicado de raíces (izquierda) (Foto: H. Lösing); cultivada en alveolo de 300 cm³ (derecha) (Foto: CNRGF *El Serranillo*).

La densidad en el trasplante para brinzales de haya producidos bajo el método 1+2 debe ser de alrededor de 60 plantas por metro cuadrado, y 50 para el método 2+2. En este caso, la separación entre líneas recomendada suele ser de 50 cm, lo que implica que con tres líneas en un metro, la separación entre plantas dentro de una línea oscilará entre 5 (método 1+2) y 6 (método 2+2) cm.

La producción de haya en contenedor es cada vez más frecuente, en especial para destinos de plantación de condiciones severas, como por ejemplo a elevadas altitudes o en zonas de prolongada sequía estival, de ciertas zonas de su hábitat natural en España. El envase idóneo debe cumplir las cualidades estándar en la producción de otras frondosas, principalmente poseer un sistema de antiespiralamiento de las raíces, mediante resaltes interiores verticales que conduzcan a la raíz hacia el fondo del contenedor y de autorrepicado aéreo mediante orificios inferiores que además faciliten el drenaje. También se emplean envases biodegradables a través de los cuales la raíz puede penetrar, que no exigen la extracción previa de la planta antes de plantar. El tamaño del envase en planta de una savia debe ser superior a los 350 cm³, con densidades inferiores a 250 plantas por m² (Alía *et al.*, 2009), con objeto de producir hayas de tamaño aéreo grande que pueda competir con la vegetación natural en el monte. El sustrato más frecuente empleado es la turba rubia, aunque también se emplea corteza compostada de pino u otras coníferas, material que suele ser más barato. La siembra en los alvéolos puede realizarse manual o mecanizadamente. Si la calidad de los lotes es mala, se recomienda pregerminar la

semilla y sembrar manualmente sólo la emergida. El resto de las consideraciones sobre la siembra pueden tomarse de las realizadas anteriormente.

La fertilización y el riego son críticas en la producción de esta especie. Puede emplearse fertirrigación o fertilizantes de liberación controlada recubiertos (tipo Osmocote). Las recomendaciones generales sobre dosis para este tipo de productos son de 2 a 4 g por litro de sustrato y de 5 a 8 meses de duración (para planta de una savia), si bien podría incrementarse la dosis hasta valores de 6 g por litro si se desea planta con mayores tamaños y reservas nutricionales (Oliet *et al.*, 2004). El manejo del riego debe ser especialmente cuidadoso en verano, dada la alta sensibilidad de la especie a la desecación, por lo que se recomienda además el sombreado del cultivo (Alía *et al.*, 2009). Las hayas forman simbiosis con hongos ectomicorrícicos de los grupos ascomicetos, deuteromicetos y basidiomicetos (Ruano, 2003). Los estudios sobre micorrización y éxito después del transplante de haya son, hasta la fecha, inexistentes.

Durante la germinación y emergencia los efectos causados por diferentes especies de *Phytophthora* spp. son un problema grave, especialmente durante los periodos fríos y húmedos que pueden ocurrir en la primavera (Lösing, 1997). Los tratamientos preventivos que pueden aplicarse son fungicidas del tipo Dimethomorph, Fosethyl, Metalaxyl o Propamocarb en combinación con un fungicida de contacto como Mancozeb después de la germinación. Asimismo, para prevenir el *damping-off* debe evitarse regar en exceso durante la germinación. Por otra parte, dado que las esporas de los hongos pueden durar varios años en el suelo, algunos viveros rotan los cultivos para evitar proliferación de poblaciones de hongos. *Phyllaphis fagi* (Pulgón del haya, “*Wolly aphid*”) es el insecto más difícil de controlar en el haya. Este áfido o pulgón ha ido ganando progresivamente resistencia a la mayoría de los insecticidas. Los productos más efectivos hasta el momento son del grupo de los neonicotinoides, como Clothianidin, Imidacloprid, Thiacloprid y Thiametoxam. Asimismo se están ensayando, con resultados prometedores, productos del tipo Flonicamid y Spirotetramat. Las especies que forman agallas (*Dasyneura fagicola* y *Contarinia fagi*) en el haya no se contemplan generalmente como un problema en muchos viveros. Sin embargo, estas pueden provocar la muerte de las yemas terminales y, por tanto, la producción de guías múltiples. Para su control eficaz deben aplicarse tratamientos combinados con productos del grupo de los piretroides, como Cyhalothrin.

4. Uso en repoblaciones y restauraciones

El hayedo ha sido un bosque tradicionalmente sometido a diversos usos por parte del hombre, quien ha aprovechado y modelado estos ecosistemas de acuerdo con la utilidad principal que proveía. En la actualidad, a la producción de bienes en especie se ha añadido la provisión de servicios ambientales, ya que se reconoce en esta especie y en sus ecosistemas asociados un alto valor ecológico (Madrigal *et al.*, 2008). Esto es especialmente cierto en las poblaciones ibéricas más meridionales de la especie, donde la labor de conservación y restauración es una tarea muy relevante y al mismo tiempo donde supone un reto mayor (Aranda *et al.*, 2000). En estos casos parece justificada la diversificación de estrategias para el éxito perseguido. Alternativas que, en algunos casos, no se justificarían por el elevado coste pueden plantearse en este. Por ejemplo, la introducción de hayas bajo cubierta de coníferas de origen artificial puede ser una

actuación conveniente para la restauración de estas poblaciones meridionales. El temperamento de la especie y su alta capacidad competitiva bajo cubierta explican la expansión natural del hayedo en los pinares (Blanco *et al.*, 1997; Ruíz de la Torre, 2006) y al mismo tiempo son garantía de éxito de su introducción en estas condiciones mediante plantación. Sin embargo, dicha introducción debe llevarse a cabo bajo ciertas condiciones y siguiendo algunas prescripciones técnicas que garanticen el éxito de los trabajos.

En las zonas del resto de la Península, donde la especie vegeta sin limitaciones estacionales, una extensión considerable corresponde a montes de titularidad pública (Agúndez *et al.*, 1995) y son gestionados en monte alto con métodos de regeneración natural que se ejecutan de acuerdo con los planes de ordenación. La ordenación del monte persigue la renovación generacional ligada a su aprovechamiento ordenado (Madrigal *et al.*, 2008). En este contexto el empleo de regeneración artificial es menos frecuente. Sólo cuando se desee diversificar específicamente masas de coníferas en estas zonas puede plantearse la repoblación bajo cubierta. En este caso, esta actuación se justificará en el contexto de la mejora del valor ecológico de los montes (Ammer *et al.*, 2002) más que en la necesidad de recuperar las poblaciones de haya.

Por otra parte, el empleo de *F. sylvatica* en proyectos de forestación se contempla con objetivos protectores, y así se ha considerado en los sucesivos decretos sobre ayudas a la reforestación en tierras agrarias, tanto en España como en el resto de Europa (Wagner *et al.*, 2010). Sin embargo, el valor de la madera es elevado y su demanda creciente, por lo que el empleo de la especie en plantaciones productoras es una alternativa viable para propietarios, siempre y cuando se apliquen sistemas selvícolas más o menos intensivos. En el año 2007 se plantaron en España 190 ha con esta especie, de las cuales sólo 3 fueron de vocación productora (MMA, 2010).

5. Planificación de la repoblación

Como se indicó en el apartado anterior, la introducción del haya bajo la sombra de coníferas debe hacerse con precaución. Una de las decisiones fundamentales es la definición del modelo selvícola y del estado de madurez del rodal que debe acompañar a la introducción bajo cubierta. El rodal a diversificar deberá haber alcanzado ciertos niveles de madurez que faciliten su diferenciación específica. Los rodales jóvenes, en fase de competencia excluyente (latizal o fustal bajo), aún no han perdido el control de la estación y no liberan espacio vegetativo. Esto puede ser más patente aún en las masas de resinosas procedentes de repoblación. La introducción en estas condiciones de un subpiso de haya implica realizar una clara fuerte sobre la masa adulta que reduzca la competencia interespecífica (fundamentalmente por las raíces) antes de la repoblación (Ammer *et al.*, 2002), clara que puede comprometer la propia estabilidad de la cubierta. Además, es fácil que el dosel vuelva a cerrarse, obligando a realizar claras frecuentes que deberán ejecutarse con la precaución de respetar el sotobosque del hayedo. Por otra parte, la propia viabilidad del haya como regenerado a la espera queda comprometida en vista del dilatado plazo hasta la corta final del pinar que lo libere. Por ello, lo más recomendable es elegir pinares relativamente maduros (Oliver y Larson, 1996) con respuestas ante las claras más lentas y más próximos a su corta final, así como efectuar aperturas de la cubierta previas que favorezcan el crecimiento del haya introducida.

En cuanto al método de repoblación (siembra o plantación), el debate general para las especies forestales es de aplicación también al haya, aunque con los matices que se derivan de aspectos estacionales y específicos. La siembra de hayucos es una operación más barata, pero generalmente con mucho menor éxito en supervivencia y en crecimiento que la plantación (Löf *et al.*, 2004). La depredación del hayuco, una semilla con un alto contenido energético, es muy frecuente (Löf *et al.*, 2004), más que las bellotas de roble (Wagner *et al.*, 2010). La siembra debe efectuarse a una profundidad de 2-3 cm, debiéndose emplear semilla con garantía de alto poder germinativo. Algunas operaciones como cubrir la semilla con una capa de hojarasca de haya, ha mostrado buenos resultados, ya que la aíslan de la desecación (Ammer *et al.*, 2002). Otras, como la enmienda caliza, ha dado resultados contradictorios, ya que depende de la procedencia del haya y del pH del suelo receptor (Ammer *et al.*, 2002). Así, la enmienda de suelos ácidos parece tener un efecto positivo sobre la germinación y emergencia de las plántulas (Wagner *et al.*, 2010). Por otra parte, el lento desarrollo en las primeras fases de la plántula recién germinada reduce su capacidad competitiva respecto a la vegetación accesoria, por lo que la siembra debe acompañarse de cuidados culturales posteriores de eliminación de la vegetación. La protección frente a depredadores mediante tubos protectores translúcidos de pequeño tamaño, fáciles de instalar y de bajo precio, contribuye significativamente a reducir las pérdidas en los hayucos, si bien aún en estas circunstancias la supervivencia y el crecimiento del haya plantada durante los primeros años sigue siendo significativamente mayor (Löf *et al.*, 2004).

En vista de los resultados variables, la regeneración artificial suele realizarse por plantación. Por lo general se recomienda la utilización de planta grande, tanto a raíz desnuda como en contenedor. El haya tiene un hábito de crecimiento decurrente cuando crece en bajas densidades, con clara pérdida de dominancia apical y ramas laterales gruesas. Para conseguir una formación de fuste adecuada, las densidades de plantación deben ser superiores a 1.500 árboles por ha (Wagner *et al.*, 2010). En otros países de Centro y Norte de Europa, las plantaciones de haya sobre terreno desnudo se realizan con densidades de unos 10.000 árboles por ha (Buesa, 2006).

Si el haya se planta en combinación, pueden emplearse mezcla de especies en disposiciones variadas según el objetivo de la repoblación. En plantaciones de vocación productora, el empleo de una conífera permite obtener productos anticipados, al tiempo que esta realiza el papel de conformación de fustes del haya en las primeras edades. En estas circunstancias, la plantación en filas monoespecíficas alternantes permite la retirada de filas completas con más facilidad que para otras disposiciones (Buesa, 2006). Para este propósito la especie acompañante debe cumplir ciertos requisitos de porte y velocidad de crecimiento, matizados por el marco de plantación y la realización de podas. Especies como *Chamaecyparis lawsoniana* plantada en filas alternas con el haya y en marcos de 1,5x1,5 m es compatible con el buen desarrollo y conformación de esta en las primeras edades (Buesa, 2006). En el caso de plantaciones mixtas con propósitos de enriquecimiento específico, la disposición de las especies tiene menos importancia, pudiéndose recurrir a disposiciones no geométricas que den una mayor sensación de naturalidad. Sin embargo, debe tenerse en cuenta, en cualquier situación y para cualquier propósito repoblador, que en la elección de la mezcla de especies debe atenderse a factores como la velocidad de crecimiento de cada una en sus primeras edades en conjunción con las condiciones de la

estación. Así, por lo general, el haya es más lento en sus primeras fases que otras especies como *Acer pseudoplatanus* y *Fraxinus excelsior*, pudiendo sucumbir en ausencia de claros y con buenas calidades de estación. Sin embargo, en mezcla con otras especies como *Quercus petraea* y *Q. robur*, el haya puede acabar superando a éstas, pero sólo en zonas de buena calidad de estación (Wagner *et al.*, 2010). Otras especies, como el abedul, a pesar de su rápido crecimiento inicial en altura, no ejercen una competencia que amenace el porvenir del haya (Buesa, 2006), probablemente por el menor grado de sombreo. Con ciertas coníferas, la densa cubierta de algunas y su velocidad de crecimiento hace que las mezclas sean difícilmente compatibles, a menos que se planten en marcos amplios y se realicen anticipadas y frecuentes operaciones de podas y claros (Buesa, 2006).



Figura 6. Repoblación de *Fagus sylvatica* en el monte Txindoki, Larraitz, Guipúzcoa
(Foto: J. Otero)

Por lo general, el haya suele plantarse en condiciones ambientales que favorecen la proliferación de vegetación herbácea con gran poder competitivo, especialmente en terrenos rasos (fuera de cubierta forestal) y en campos de cultivo abandonados. La eliminación de hierbas es, por tanto, una operación muy importante para garantizar el éxito del repoblado. Algunas decisiones previas como el empleo de planta de gran tamaño pueden reducir la necesidad de esta operación, inevitable si se emplea planta pequeña o siembra (Löf *et al.*, 2004). Herbicidas como glifosato (0,65% de ingrediente activo) durante el periodo vegetativo, así como de preemergencia tipo propyzamida (0,5% de ingrediente activo) tras la plantación (Löf *et al.*, 2004) pueden ayudar a reducir la competencia herbácea.

Sobre los tubos protectores, puede afirmarse, en una primera aproximación, que su empleo en esta especie parece adecuado, tanto para la protección frente a la herbivoría como por la conformación de un fuste más recto y menos ramoso en las primeras etapas. Además, dada la susceptibilidad del haya al exceso de radiación esta podría beneficiarse de la protección del tubo. Sin embargo, deben tomarse algunas precauciones. Por una parte, el tubo protector parece retrasar el endurecimiento de las plantas en el otoño, lo que las hace más susceptibles a heladas tempranas (Löf *et al.*, 2004). Pero además, las temperaturas mínimas nocturnas dentro de los tubos son inferiores (Oliet *et al.*, 2003), pudiéndose alargar el periodo de heladas en primavera. Esto puede provocar graves daños teniendo en cuenta la susceptibilidad de la especie a heladas una vez emergidas las yemas (Agúndez *et al.*, 1995). Ante la escasa experiencia documentada sobre el manejo de los protectores con el haya, podría recomendarse su uso con precaución, empleándolo primero a pequeña escala en la zona. Se aconseja, en cualquier caso, emplear tubos perforados, que reducen la amplitud térmica diaria (Oliet *et al.*, 2003). No parece haber limitaciones en cuanto a la transmisividad dentro de los rangos comerciales, por su buena adaptación a bajos niveles de radiación. Las heladas tardías pueden originar malformaciones en los troncos, bifurcaciones basales o ahorquillamientos, que pueden depreciar en un futuro el valor de la madera (Agúndez *et al.*, 1995). Este hecho, junto con su tendencia a la decurrencia, hacen que las podas de formación sean actuaciones casi imperativas en las plantaciones con vocación maderera.

6. Bibliografía

- AGUIRRE J.L., 1995. Dinámica de poblaciones de *Fagus sylvatica* L. en el Sistema Central, Tesis doctoral, Universidad de Alcalá de Henares, Alcalá de Henares, Madrid.
- AGÚNDEZ L., MARTIN S., DE MIGUEL J., GALERA R.M., JIMÉNEZ M.P., DÍAZ-FERNÁNDEZ P., 1995. Las regiones de procedencia de *Fagus sylvatica* L. en España Instituto para la Conservación de la Naturaleza, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid.
- ALDHOUS J.R., 1972. Nursery Practice. Forestry Commission Bulletin 43.
- ALDHOUS J.R., MASON W.L. (eds.), 1994. Forest Nursery Practice. The Forestry Authority. Forestry Commission. Bulletin 111.
- ALÍA R., ALBA N., AGÚNDEZ D., IGLESIAS S. (coords.), 2005. Manual para la comercialización y producción de semillas y plantas forestales. Materiales de base y de reproducción. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- 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. 107-112.
- AMMER C., MOSANDL R., EL KATEB H., 2002. Direct seeding of beech (*Fagus sylvatica* L.) in Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) stands-effects of canopy density and fine root biomass on seed germination. For. Ecol. Manage. 159(1-2), 59-72.
- ARANDA I., GIL L., PARDOS J.A., 2000. Water relations and gas exchange in *Fagus sylvatica* L. and *Quercus petraea* (Mattuschka) Liebl. in a mixed stand at their southern limit of distribution in Europe. Trees 14, 344-352.
- 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. pp. 59-102.
- BUESA VERDÚ A., 2006. El haya en Bizkaya. Diputación Foral de Bizkaia.

- 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. 206-208.
- CEMAGREF (Centre National du Maquinisme Agricole du Genie Rural des Eaux et des Forêts), 1982. Les Semences Forestières. Note Technique 48.
- DROZDZ A., 1968. Digestibility and assimilation of natural foods in small rodents. *Acta Theriol.* 13, 367-389.
- DUBBEL V., 1989. Die Bedeutung des Bodenkontaktes für die Qualität des Buchensaatgutes. *Forst und Holz* 44(19), 512-516.
- FORESTRY COMMISSION, 1992. Seed Manual for Forest Trees. Ed. A.G. Gordon. Bulletin 83.
- FORESTRY COMMISSION, 2010. Draft guidance for seed testing at Forestry Commission approved forest tree seed testing facilities. Disponible en: [http://www.forestry.gov.uk/pdf/STC-Appendix_1.pdf/\\$FILE/STC-Appendix_1.pdf](http://www.forestry.gov.uk/pdf/STC-Appendix_1.pdf/$FILE/STC-Appendix_1.pdf) [5 Jul, 2010]
- GANDULLO J.M., BLANCO A., SÁNCHEZ PALOMARES O., RUBIO A., ELENA R., GÓMEZ V., 2004. Las estaciones ecológicas de los hayedos españoles. INIA, Madrid.
- GOSLING P.G., 1991. Beechnut storage: a review and practical interpretation of the scientific literature. *Forestry* 64 (1), 51-59.
- GOSLING P.G., 2007. Raising trees and shrubs from seed. Forestry Commission, Edinburgh.
- GRADI A., 1989. Vivaistica Forestale. Edagricole, Bologna.
- GRODZINSKI W., SAWICKA-KAPUSTA K., 1970. Energy value of tree seeds eaten by small mammals. *Oikos* 21, 52-58.
- HERRERO N., BENITO L.F., CARRASCO I., PEÑUELAS J.L., 2001. Nuevos pretratamientos para la germinación de *Fagus sylvatica* L. En: Actas del III Congreso Forestal Español. Mesa 3. (Junta de Andalucía, ed.). Granada. pp. 647-652. Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- ISTA (International Seed Testing Association), 2011. International rules for seed testing. Edition 2011. ISTA, Bassersdorf, Switzerland.
- JANZEN D.H., 1971. Seed predation by animals. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 2, 465-92.
- KELLY D., SORK V.L., 2002. Mast seeding in perennial plants: why, how, where? *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 33, 427-447.
- LEÓN-LOBOS P., ELLIS R.H., 2002. Seed storage behaviour of *Fagus sylvatica* and *Fagus crenata*. *Seed Sci. Technol.* 12, 31-7.
- 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.
- LÖSING H., 1997. Erste Versuchsergebnisse zum Knospensterben an *Fagus sylvatica*, Anuell report, Versuchs- und Beratungsring. pp. 29-32.
- 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.
- MADRIGAL A., CALAMA R., MADRIGAL G., AUNÓS A., REQUE J.A., 2008. Selvicultura de *Fagus sylvatica* L. En: Compendio de Selvicultura aplicada en España (Serrada R., Montero G., Reque J.A., eds.). Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Agroalimentaria. Madrid. pp.155-185.
- MMA (Ministerio de Medio Ambiente), 2010. Anuario de Estadística [on line]. Disponible en: URL: <http://www.mma.es> [1 Abr, 2010].
- MULLER C., BONNET-MASIMBERT M., 1989. Breaking dormancy before storage: an improvement to processing of beechnuts (*Fagus sylvatica* L.). *Seed Sci. Technol.* 17, 15-26.
- NIELSEN B.O., 1977. Beech seeds as an ecosystem component. *Oikos* 29, 268-274.

- NILSSON S.G., WÄSTLJUNG U., 1987. Seed predation and cross-pollination in mast-seeding beech (*Fagus sylvatica*) patches. *Ecology* 68, 260-265.
- OLIET J., NAVARRO R., CONTRERAS O., 2003. Evaluación de la aplicación de mejoradores y tubos en repoblaciones forestales. Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía.
- OLIET J., PLANELLES R., SEGURA M.L., ARTERO F., JACOBS D.F., 2004. Mineral nutrition and growth of containerized *Pinus halepensis* seedlings under controlled-release fertilization. *Sci. Horti.* 103(1), 113-129.
- OLIVER C.D., LARSON B.C., 1996. *Forests stand dynamics*. McGraw-Hill. New York.
- PARDO F., 2000. Caracterización de rodales arbolados del “Hayedo de Montejo” (Madrid): estructura, composición e incorporación de la hojarasca al suelo, Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.
- PEÑUELAS J., OCAÑA L., 1996. Cultivo de plantas forestales en contenedor. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación - Ed. Mundi-Prensa. Madrid.
- PIOTTO B., 1992. Semi di alberi e arbusti in Italia: come e quando seminarli. Società Agricola e Forestale (Grupo ENCC), Roma.
- PIOVESAN G., ADAMS J.M., 2001. Masting behaviour in beech: linking reproduction and climatic variation. *Can. J. Bot.* 79, 1039-1047.
- POULSEN K.M., 1993. Predicting the storage life of beech nuts. *Seed Sci. Technol.* 21, 327-337.
- PUCEK Z., JEDRZEJEWSKI W., JEDRZEJEWSKA B., PUCEK M., 1993. Rodent population dynamics in a primeval deciduous forest (Bialowieza National Park) in relation to weather, seed crop, and predation. *Acta Theriol.* 38, 199-232.
- PUKACKA S., HOFFMANN S.K., GOSLAR J., PUKACKI P.M., WÓJKIEWICZ E., 2003. Water and lipid relations in beech (*Fagus sylvatica* L.) seeds and its effect on storage behaviour. *Biochim. Biophys. Acta* 1621, 48-56.
- ROBERTS E.H., 1973. Predicting the storage life of seeds. *Seed Sci. Technol.* 1, 499-514.
- RUANO MARTÍNEZ J.R., 2003. *Viveros forestales. Manual de cultivo y proyectos*. Ed. Mundi-Prensa, Madrid.
- RUIZ DE LA TORRE J., 2006. Flora Mayor. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Dirección General para la Biodiversidad, Madrid. pp. 620-630.
- SERRADA R., 2000. *Apuntes de Repoblaciones Forestales*. Fundación Conde del Valle de Salazar. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Forestal. Madrid.
- SORK V.L., 1993. Evolutionary ecology of mast-seeding in temperate and tropical oaks (*Quercus* spp). *Vegetatio* 107-108, 113-147.
- SUSZKA B., 1974. Storage of beech (*Fagus sylvatica* L.) seeds for up to 5 winters. *Arboretum Kornickie* 19, 105-128.
- SUSZKA B., ZIETA L., 1977. A new presowing treatment for cold-stored beech (*Fagus silvatica* L.) seed. *Arboretum Kornickie* 22, 237-255.
- SUSZKA B., MULLER C., BONNET-MASIMBERT M., 1994. Graines des feuillus forestiers. De la récolte au semis. INRA. Paris, Francia.
- SUSZKA B., MULLER C., BONNET-MASIMBERT M., 1996. Seeds of forest broadleaves from harvest to sowing. INRA, Paris.
- VANDER WALL S.B., 2001. The evolutionary ecology of nut dispersal. *Bot. Rev.* 67, 74-117.
- VIEITEZ A.M., SAN-JOSÉ M.C., 1996. Adventitious shoot regeneration from *Fagus sylvatica* leaf explants *in vitro*. *In Vitro Cell. Dev. Biol. Plant* 32(3), 140-147.
- WAGNER S., COLLET C., MADSEN P., NAKASHIZUKA T., NYLAND R.D., SAGHEB-TALEBI K., 2010. Beech regeneration research: From ecological to silvicultural aspects. *For. Ecol. Manage.* 259(11), 2172-2182.

WANG K.S., 2003. Relationship between empty seed and genetic factors in European beech (*Fagus sylvatica* L.). *Silva Fenn.* 37(4), 419-428.

WILLAN R.L., 1991. Guía para la manipulation de semillas forestales. FAO, Roma.

Frangula alnus Mill.

Arraclán, avellanillo, pudio, sangrero; *cat*: fràngula; *eusk.*: ollacarana; *gall.*: sanguíño

Luis Fernando BENITO MATÍAS

1. Descripción

1.1. Morfología

La distribución y rango taxonómico en nuestro país no están claros ya que algunos autores consideran que tan sólo se localiza el taxón *Frangula alnus* subsp. *baetica* (Reverchon & Willk.) Rivas Godoy ex Devesa, que se describe a continuación.

Arbusto o pequeño arbolillo que alcanza hasta 4-5 m de altura, con ramas de corteza pardo-negruzca, lampiñas, inermes, abundantes, con ramillas alternas de color ceniciento debido a la presencia de algunos pelos de ramificación simpódica, presentando yemas sin escama, desnudas aunque densamente pubescentes.

Las hojas son caducas, de color verde lustroso, simples, alternas, enteras y algo sinuosas en sus bordes, con peciolo, ovales, elípticas, ensanchándose por encima de la mitad, tendiendo a hacerse obovadas o bien más o menos puntiagudas o con acumen romo, de 2-7 × 1-4 cm, con 7-11 pares de nervios laterales, rectos y paralelos, prominentes en el envés (Fig. 1). Se alternan a lo largo de las ramas y el peciolo presenta estípulas que caen prontamente (Valdés *et al.*, 1987; López González, 1996; Ruiz de la Torre, 2006).

1.2. Biología reproductiva.

El arraclán tiene flores pequeñas, pentámeras, hermafroditas, que nacen en grupos (cimas) poco numerosos en las axilas de las ramillas. El cáliz de tubo hemisférico, verdoso o amarillento, sépalos lanceolados, erectos, con cinco pétalos blanquecinos, insertos en el margen del disco, ovales, 4-5 estambres que coinciden con los pétalos, de cortos filamentos, con ovario libre, ovoideo, con estilo sencillo, indiviso y estigma obtuso. Florece en final de primavera y principios de verano y tiene polinización entomófila, participando hasta 45 especies de insectos (Medan, 1994).

Las flores (autoincompatibles) son polinizadas por abejas, sírfidos y dípteros; existe una limitación de polen debido al nivel alto de geitonogamia. La variabilidad entre árboles en la atracción de los polinizadores es muy grande; unos pocos pies muy grandes son los padres de la gran mayoría de las semillas producidas.

La maduración transcurre desde julio hasta septiembre. El fruto es una drupa globosa, del tamaño de un guisante, verdoso, rojizo y finalmente negro al madurar (Fig. 1), con 2 ó 3 semillas, pequeñas, de unos 5 mm de tamaño, obovadas y sin surco (Fig. 2). (López González, 1996; Ruiz de la Torre, 2006). La fructificación está muy influenciada por el tamaño de la planta y por la floración, además de por la limitación de polen y la existencia



Figura 1. Frutos de *Frangula alnus*
(Foto: C. Cardo).

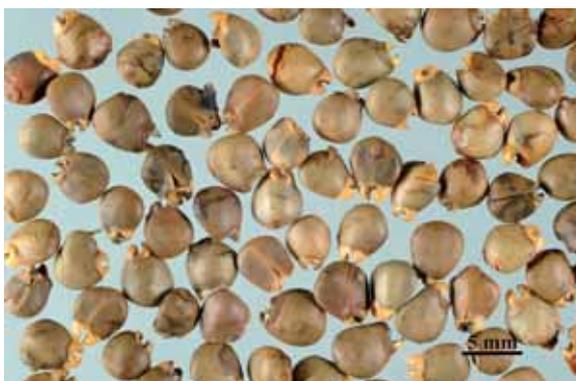


Figura 2. Semillas de *Frangula alnus*.

de lluvias, mientras que el reclutamiento es bajo debido a la desaparición de las plántulas durante el primer año (Medan, 1994; Hampe, 2002, 2004 y 2005). Aunque la dispersión endozoócora de las semillas por parte de las aves tiene gran relevancia, esta especie es muy dependiente de los cursos de agua y muestra de ello es que la dispersión secundaria por escorrentía moviliza gran cantidad de semillas corriente abajo en estos bosques (Jordano *et al.*, 2002).

Frangula alnus tiene capacidad de rebrotar de cepa y raíz, aunque en campo sus renuevos tienen poca fuerza.

1.3. Distribución y ecología

Es una especie eurosiberiana, hallándose en nuestro país en bosques (robledales, melojares, alcornocales, pinares de *Pinus sylvestris* y abedulares) y formando parte de setos en áreas húmedas. Se suele encontrar mezclado con otras especies, no siendo muy dado a formar rodales. Crece rápidamente mostrando una elevada productividad en forma de biomasa.

Su amplitud altitudinal abarca desde nivel del mar hasta montañas no muy elevadas. Las temperaturas medias anuales de las áreas en las que se encuentra no son demasiado elevadas, y rondan entre los 5,7 a 11,7 °C. Es especie de media luz (López González 1996; Costa *et al.*, 1998; Ruiz de la Torre, 2006).

Es exigente en humedad y frescura, encontrándose en lugares de abundante matorral. Las mayor parte de las poblaciones de *F. alnus* se hallan en zonas con una precipitación anual que varía entre 720 y 2.100 mm, con una precipitación estival de al menos 55 mm (Anexo I).

La subespecie endémica es más abundante en la zona septentrional de la Península Ibérica, escaseando en la meridional (Fig. 3). Es más frecuente en valles fluviales, con abundancia de corrientes de agua, sobre sustratos ácidos, principalmente graníticos, aunque también en calizos, en suelos encharcados (sustratos turbosos) o bien regados con períodos de abundancia de agua. En las zonas de clima claramente mediterráneo desaparece pero en las zonas lluviosas del sur, en la provincia de Cádiz, se la encuentra sobre areniscas.

2. Materiales forestales de reproducción

2.1. Marco normativo. Identificación de los materiales de reproducción

El arraclán no está incluido en normativas que puedan afectar a la producción y comercialización de sus materiales de reproducción. Con el objetivo de promover la conservación de los recursos genéticos de las poblaciones naturales se recomienda el uso de materiales de reproducción de la misma región ecológica en la que se va a efectuar la repoblación. No obstante, a los materiales de reproducción provenientes de recogida en poblaciones naturales cabe asignarles, de forma oficiosa para su mejor identificación y uso, las regiones de procedencia establecidas por el método divisivo (Fig. 3) (García del Barrio *et al.*, 2001). Por un principio de cautela, se aconseja que el material a utilizar haya sido recolectado en poblaciones naturales situadas en la misma procedencia que la zona destino.



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

En Andalucía (D. 23/2012), *F. alnus* subsp *baetica* está catalogado como “En régimen de protección especial” y en la Comunidad Valenciana su Catálogo de Especies de Flora Amenazadas (O. 06/2013) incluye al arraclán como especie “En peligro de extinción”. El pasaporte fitosanitario no resulta obligatorio para sus materiales de reproducción.

2.2. Técnicas de manejo y propagación

2.2.1. Semillas

La recolección de los frutos se realiza desde julio a septiembre, siendo conveniente anticiparse a la completa maduración para evitar su consumo por las aves. La extracción de semillas ha de realizarse lentamente y con paciencia, debido a su pequeño tamaño. Al reproducirse mediante frutos pulposos, conviene eliminar la pulpa que recubre las semillas (Fig. 2). Para ello, se maceran en agua si fuera necesario, es decir, si la pulpa aún no está suficientemente blanda, y posteriormente se utiliza una batidora industrial que carezca de cuchillas afiladas para separar las semillas y la pulpa. Los restos de ésta y las semillas vanas que floten serán eliminados. Lo que ha ido al fondo se extiende para su secado a temperatura ambiente. Con la ayuda de una criba se separan las semillas de los restos del fruto. En ocasiones se puede realizar un aventado para ultimar la limpieza de restos secos de pulpa. La semilla es considerada ortodoxa y su almacenamiento se realiza en ambiente frío y seco, con una humedad de las semillas del 10-15% (Gosling, 2007).

Las semillas presentan un letargo profundo (Baskin y Baskin, 1998; Gosling, 2007). Recoger las semillas en otoño y sembrarlas inmediatamente permite obtener plántulas en primavera (Ruiz de la Torre, 2006). Una recomendación consiste en realizar una estratificación fría durante ocho semanas y sembrar en febrero (Agate, 1991), aunque se puede alargar a 12 semanas (Gosling, 2007). La inmersión en de ácido sulfúrico concentrado, antes de la realización de un estratificado frío durante tres meses, favorece la germinación a 20 °C (Mclean, 1967; Baskin y Baskin, 1998), aunque hay autores que encuentran efectos adversos del ácido sobre la germinación (Young y Young, 1992; Sharma *et al.*, 2005). Hay que tener en cuenta que las semillas pueden tener muy baja viabilidad según la estación y la cosecha (Hampe, 2004). Un resumen de las características de las semillas se expresa en la Tabla 1.

Las normas ISTA no incluyen a *F. alnus* en sus métodos de evaluación de la germinación. El análisis de la viabilidad de la semilla se puede realizar mediante el test de tetrazolio. Para su aplicación las semillas deben ser humectadas en agua durante 24 horas, previamente a su rotura y extracción del endospermo. Se repite la humectación durante una noche y se procede a la tinción en una solución de tetrazolio al 1% durante 24 horas a 30 °C. Para ser consideradas viables los embriones deben estar completamente teñidos (Dirr, 1990). Hay que tener en cuenta que pueden existir graves problemas de viabilidad según la estación y la cosecha (Hampe, 2004).

Tabla 1. Datos característicos de lotes de semillas de *Frangula alnus*.

Rendimiento semilla/fruto (% en peso)	Pureza (%)	Facultad germinativa (%)	Nº semillas kg ⁻¹	Referencia
	95-98	50-70	42.000	Catalán (1991)
15	99-100	72-94	26.666-36.679	Navarro y Gálvez (2001)
10-20	95-98	64	40.000-53.000	CNRGF <i>El Serranillo</i> (Anexo III)

Germinación epigea. Plántulas de 3-4 cm, con dos cotiledones redondeados y hojas primordiales ovaladas, de verde muy intenso (Navarro Cerrillo y Gálvez, 2001).

2.2.2. Vegetativa

En general, con especies cercanas se obtienen individuos a partir de estaquillas semileñosas, de unos 12 cm de longitud, provenientes de material joven y recolectadas a final de primavera, de las partes basal o media de la planta madre, con tratamiento hormonal de ácido indolbutírico, aunque también tienen capacidad de enraizamiento sin necesidad de aplicar hormonas (Graves, 2002; Sharma y Graves, 2005).

En cuanto a la regeneración *in vitro*, ésta se ha demostrado posible a partir de yemas axilares (Bignami, 1983) y embriones escindidos (Kovacevic y Grubisic, 2005).

3. Producción de plantas

Esta especie se puede cultivar tanto a raíz desnuda como en contenedor. Para el cultivo en envase, se sugieren sustratos como la turba, tanto rubia como negra. Dado que es de crecimiento moderadamente rápido se recomienda el uso de contenedores de un volumen mínimo de 300 cm³, con regimenes moderados de fertilización (60-70 mg N por planta y período de cultivo) que asegurarían un buen crecimiento radical y aéreo sin llegar a producir plantas desequilibradas. Se recomienda emplear un abono de formulación N-P-K de crecimiento. En caso de fertirrigación se puede aplicar el fertilizante a una concentración de 100 ppm N, una vez por semana. Dado su ritmo de crecimiento y sus requerimientos elevados de humedad, en relación con los ambientes mediterráneos, resulta lógico plantearse la necesidad de sombreado durante su cultivo. Según los estudios de reclutamiento en campo (Hampe, 2002), existen problemas de supervivencia durante el primer año tras la emergencia de las plántulas, siendo posible que sean bastante sensibles a los procesos de trasplante y desecación durante el cultivo.



Figura 4. Planta de *Frangula alnus* de una savia cultivada en alveolo de 200 cm³ (CNRGF El Serranillo).

4. Uso en plantaciones y reforestaciones

El arraclán es una especie que se ha usado muy poco en proyectos de reforestación, utilizándose en trabajos de restauración ecológica y en restauración de riberas. Por sus frutos es una especie interesante para favorecer a aves frugívoras.

5. Planificación de la repoblación

Como método de repoblación se recomienda la plantación de brinzales de una savia. Debido a su dependencia de la humedad edáfica se aconseja plantarla en suelos con cierta profundidad, que acumulen humedad durante el período seco; con preparaciones del suelo no demasiado intensas.

Frangula alnus es una especie caducifolia y de requerimientos de humedad elevados, con lo que es recomendable retrasar su plantación a final del invierno o a principios de la primavera, siempre antes de su brotación primaveral y con el suelo bien humedecido. El arraclán forma parte del sotobosque de diferentes especies a las que puede acompañar en la plantación: robledales de *Quercus robur*, melojares, alcornoques, quejigares de *Q. canariensis*, pinares de *Pinus sylvestris*, abedulares de *Betula pubescens* del centro de la Península. Dado que no forma rodales monoespecíficos, sino que es una planta que enriquece otras formaciones, se recomienda plantarlo a densidades bajas, de menos de 500 pies ha⁻¹. No existen recomendaciones específicas para esta especie en la literatura científico-técnica. El uso de tubos protectores podría ser una opción interesante dado el temperamento de sombra de la especie y, también, ante una elevada presión de herbívoros en la zona de actuación. Los riegos de mantenimiento serían precisos siempre que las condiciones de húmeda edáfica sean bajas. Para terminar, es fundamental eliminar la comunidad de herbáceas un metro alrededor de las plantas, a fin de controlar la fuerte competencia de hierbas en estos ambientes tan húmedos.

6. Bibliografía

- AGATE E., 1991. Tree planting and aftercare. BTCV, England.
- BASKIN C., BASKIN A., 1998. Seeds: Ecology, biogeography and evolution of dormancy and germination. Academia Press, USA.
- BIGNAMI C., 1983 *In vitro* propagation of *Rhamnus frangula* L. Gartenbauwissenschaft 48, 272-274.
- 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.
- 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. 327-328.
- DIRR M.A., 1990. Manual of woody landscape plants: their identification, ornamental characteristics, culture, propagation and use. Champaign, IL: Stipes Publishing Co.
- GARCÍA DEL BARRIO J.M., DE MIGUEL J., ALÍA R., IGLESIAS S. (coords.), 2001. Regiones de procedencia y utilización de material forestal de reproducción. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Madrid.
- GRAVES W.R., 2002. IBA juvenility, and position on *ortets* influence propagation of Carolina buckthorn from softwood cuttings. J. Environ. Hort. 20, 57-61.

- GOSLING P., 2007., Raising trees and shrubs from seeds. Forestry Commission Practice Guide. Forestry Commission Edinburgh.
- HAMPE A., 2002. Fructificación, dispersión y reclutamiento del avellanillo (*Frangula alnus* subsp. *baetica*) en los canutos del Parque Natural de Los Alcornocales. *Almoraima* 27, 199-206.
- HAMPE A., 2004. Limitaciones de la producción de semillas en el avellanillo (*Frangula alnus* subsp. *baetica*). *Almoraima* 31, 257-265.
- HAMPE A., 2005. Fecundity limits in *Frangula alnus* (*Rhamnaceae*) relict populations at the species' southern range margin. *Oecologia* 143, 377-386.
- JORDANO P., ZAMORA R., MARAÑÓN T., ARROYO J., 2002. Claves ecológicas para la restauración del bosque mediterráneo. Aspectos demográficos, ecofisiológicos y genéticos. *Ecosistemas* XI(1), 1-12.
- KOVACEVIC N., GRUBISIC D., 2005. *In vitro* cultures of plants from the *Rhamnaceae*: shoot propagation and anthraquinones production. *Pharmaceut. Biol.* 193, 173-186.
- LÓPEZ GONZÁLEZ G., 1982. La guía INCAFO de los árboles y arbustos de la Península Ibérica. Ed. INCAFO, Madrid.
- MCLEAN A., 1967. Germination of forest range species from southern British Columbia. *J. Range Manage.* 20, 321-322.
- MEDAN D., 1994. Reproductive biology of *Frangula alnus* (*Rhamnaceae*) in southern Spain. *Plant Syst. Evol.* 183, 173-186.
- 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. 165-166.
- RUIZ DE LA TORRE J., 2006. Flora Mayor. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Dirección General para la Biodiversidad, Madrid. pp. 1316-1320.
- SHARMA J., GRAVES W.R., 2005. Propagation of *Rhamnus alnifolia* and *Rhamnus lanceolata* by seeds and cuttings. *J. Env. Hort.* 23, 86-90.
- VALDÉS B., TALAVERA S., FERNÁNDEZ-GALIANO E., 1987. Flora Vasculare de Andalucía Occidental Vol. II. Ketres Editora S.A, Madrid.
- YOUNG J.A., YOUNG C.G., 1992. Seeds of woody plants in North America. Dioscorides Press, Portland, USA. pp. 295-297.

Fraxinus angustifolia L.

Fresno, fresno de la tierra; *cat.*: freix, freixe de fulla petita; *gall.*: freixo

Antonio DEL CAMPO GARCÍA, Miguel VERDÚ DEL CAMPO, María Aránzazu PRADA SÁEZ

1. Descripción

1.1. Morfología

El fresno de hoja estrecha es un árbol de la familia de las Oleáceas que suele medir entre 10 y 15 metros pero que puede alcanzar hasta 30 metros de altura. Es una especie caducifolia, cuyas hojas comienzan a aparecer entre los meses de marzo y mayo y caen entre octubre y noviembre. Su tronco es grueso y la corteza grisácea y reticulada; las ramas son delgadas y muy flexibles. Las hojas, opuestas, están formadas por 5 a 13 folíolos de 3-9 cm de longitud, estrechamente lanceolados y de borde aserrado. Son de color verde oscuro y lampiñas por ambas caras.

1.2. Biología reproductiva

La biología reproductiva de esta especie es poco conocida. Las flores, que no tienen sépalos ni pétalos y poseen sólo dos o tres estambres, se disponen en ramilletes opuestos, en inflorescencias poco vistosas. Se sabe que, morfológicamente, las flores son hermafroditas o masculinas, y que ambos tipos coexisten en distinta proporción en el mismo árbol. Así pues, desde este punto de vista, el sistema reproductivo podría denominarse andromonoico.

El comienzo de la floración varía con la latitud, siendo plenamente invernal en poblaciones cálidas y primaveral en poblaciones frías. Debido a la ocurrencia de floración en invierno, presenta muchos episodios de mortalidad de frutos por causa de las heladas. De hecho, esta especie podría ampliar su rango de distribución en un escenario de calentamiento global (FRAXIGEN, 2005). Las inflorescencias emergen de yemas laterales mucho tiempo antes que las hojas. Las inflorescencias hermafroditas tienen, de promedio, unas 15 flores, mientras que las inflorescencias mixtas, aquéllas con flores masculinas y hermafroditas, tienen alrededor de 17 flores.

El fresno de hoja estrecha es una especie protógina, es decir, dentro de un mismo pie el periodo de la receptividad femenina precede al de la liberación del polen. Sin embargo, la separación de las fases no es total y existe el solapamiento suficiente como para que la autopolinización sea posible. La polinización es realizada por el viento

Muchos de los estudios de biología reproductiva de *F. angustifolia* han estado encaminados a conocer su potencial de hibridación con otra especie de fresno, *F. excelsior* (Morand-Prieur *et al.*, 2002; Gerard *et al.*, 2006). En las poblaciones donde coexisten ambos taxones es más probable que las semillas híbridas aparezcan en *F. excelsior*, ya que el

solapamiento fenológico suele ocurrir entre la floración masculina de *F. angustifolia* y la femenina de *F. excelsior*.

El fruto es una sámara plana que mide de 2 a 4 cm de longitud (López González, 2001). Estas sámaras maduran a final del verano y son dispersadas por el viento y también por el agua a lo largo de los ríos, durante todo el otoño y el invierno. La germinación de las semillas se produce en la primavera siguiente, a partir de finales de marzo, cuando el frío del invierno ha roto la latencia fisiológica.



Figura 1. Sámaras de *Fraxinus angustifolia* en el árbol (Foto: A. Prada).



Figura 2. Sámaras de *Fraxinus angustifolia*.

1.3. Distribución y ecología

Se distribuye fundamentalmente por el sur y el este de Europa. También se encuentra en los países del Magreb, Turquía y el Cáucaso. En España está presente en riberas, sotos y bosques en todas las provincias, siendo escaso o faltando en las zonas más áridas del sudeste, en la Cornisa Cantábrica y en las zonas medias y altas de los Pirineos.

La historia evolutiva del fresno de hoja estrecha y la actual distribución de sus poblaciones dan como resultado una diferenciación intraespecífica coincidente con áreas geográficas definidas. Así, se han descrito tres subespecies teniendo en cuenta la forma de las sámaras y el número de folíolos: *F. angustifolia* subsp. *angustifolia* en el Mediterráneo occidental, *F. angustifolia* subsp. *oxycarpa* en Europa central y oriental y en Europa meridional desde el NE de España hacia el este, y *F. angustifolia* subsp. *syriaca* entre Turquía e Irán.

El fresno de hoja estrecha suele estar ligado a cursos de agua y a terrenos con cierta humedad. Las fresnedas son formaciones típicas de las riberas mediterráneas, aunque también se pueden encontrar en laderas frescas y en depresiones con capa freática accesible. *Fraxinus angustifolia* resiste la inundación temporal y requiere suelos profundos, de 40 a 100 cm. Por ello, en la catena transversal de la vegetación ripícola, se sitúa en la banda más alejada del cauce, en contacto con la vegetación zonal. Esta especie alcanza su mayor desarrollo en sustratos arenosos pobres en bases, aunque también crece en suelos arcillosos y en margas arenosas con un rango de pH entre 5 y 8. Vive en climas templados con precipitaciones entre 500 y 1.000 mm anuales y requiere gran cantidad de luz directa. Todas estas condiciones permiten que la especie tenga un período vegetativo

de unos 7 meses, lo que le confiere un gran vigor. Este rasgo se hace patente en su rápido crecimiento y en la resistencia que muestra a los trasmochos a los que se ve sometida en las praderas adehesadas.

2. Materiales forestales de reproducción

2.1. Marco normativo. Identificación de los materiales de reproducción

El fresno está incluido en la normativa europea y en el Real Decreto 289/2003 sobre comercialización de materiales de reproducción de especies forestales, por lo que su recolección, producción y comercialización debe ajustarse a los requisitos mínimos establecidos en dicha normativa. Por ello, las plantas que se emplean en restauraciones deben ir acompañadas por las etiquetas y los documentos que garantizan la trazabilidad de los materiales, desde el lugar de recolección hasta su utilización. Todo el material catalogado hasta la actualidad corresponde a la categoría identificada. Una relación conjunta de las fuentes semilleras aprobadas por las CC.AA. puede ser consultada en la página electrónica del Ministerio competente en la materia.



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

Tabla 1. Descripción de las áreas con presencia de *Fraxinus angustifolia* 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 incluyen aquellos suelos que superan el 10% en el conjunto del territorio estudiado).

RP	Pres		Altitud (m)			Precipitación (mm)		A		Temperatura (°C)			Osc	Hs	Tipo de suelo (FAO)
	(%)		Med	Max	Min	Annual	Estival	(meses)	Med	MaxMC	MinMF	(°C)	(meses)	(%)	
1	0,1		100	224	10	1466	125	1,3	13,8	26,2	4	11,9	0	CMu(100)	
2	0,7		491	769	137	1068	115	1,3	12,1	26,9	1,4	14	0	CMu(54) RK(43)	
3	0,4		172	642	12	1391	206	0	13,4	24,2	3,8	11,5	0	CMc(65) CMu(30)	
4	0,6		635	1413	141	1212	169	0,2	11,3	24,6	0,3	13	1	CMu(52) CMc(19) LPc(19)	
5	1,7		1018	1390	518	950	112	1,3	9,5	26,4	-2,4	15,8	3,7	CMu(48) RK(22) FLe(21)	
6	2,2		384	1178	10	1589	246	0	12,2	23,9	2,9	12,1	0	CMc(57) CMu(28) LVx(14)	
7	4		570	1048	188	868	136	0,7	11,5	26,1	0,9	14,7	0,1	CMc(70) FLe(21)	
8	2		1231	1869	694	1042	303	0	8,9	25,2	-4	16,3	4,7	CMu(62) CMc(19) FLe(13)	
9	2,7		716	1416	99	850	198	0,4	11,6	28,3	-1,4	17,1	2,4	CMc(48) CMg(22) CMu(15)	
10	2,3		113	636	5	744	146	1,1	15,1	29,3	2,6	15,7	0	CMc(33) FLe(24) CMd(16) CMu(10)	
11	1,5		458	1090	33	540	115	1,9	13,4	31,4	-0,2	19,5	1	CMc(88)	
12	0,6		231	549	70	358	79	4,3	15	32,9	1,5	19,3	0	FLe(29) XEy(29) XEc(29) CMc(13)	
13	0,7		779	1143	326	429	94	2,9	12,5	30,8	-0,5	18,2	1,6	CMc(32) CMg(32) FLe(16) CMe(14)	

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			
14	1,9	373	936	232	464	95	3	13,4	29,6	1,6	16,9	0,1	CMc(48) FLe(32) CMg(20)
15	2,8	1058	1577	619	713	133	1,2	10	26,8	-1,7	16,3	2,9	CMtu(48) CMc(39)
16	4,2	939	1249	721	548	96	2,4	10,9	29	-1,4	17,4	2,8	CMc(32) CMg(28) FLe(28)
17	14,1	811	1267	310	549	67	3	12,1	30,3	-0,3	17,6	1,2	CMd(27) CMc(16) CMg(14) LVv(14)
18	5	849	1333	377	818	69	2,7	12,7	30,9	0,2	17,4	0,5	CMtu(81) LPd(10)
19	5,4	807	1927	233	826	64	2,9	13,3	32	0,4	18,4	1,1	CMd(43) CMtu(25) FLe(15)
20	16,4	1027	1829	498	679	82	2,5	11,6	29,7	-0,8	17,8	1,8	CMd(56) CMtu(28)
21	0,4	904	1287	534	505	91	2,5	11,9	31	-1,3	18,1	2,5	CMc(80) FLe(15)
22	0,1	1172	1422	1089	722	118	1,7	10	29,3	-3,6	17,6	4,8	CMc(100)
23	0,1	881	1360	466	506	122	1,5	11,9	28,1	-0,3	16,8	1,5	CMc(83) FLe(17)
24	0,1	274	590	16	569	107	2	15,2	29,4	3,7	16	0	CMc(33) CMg(33) CMd(17) FLe(17)
26	0,4	886	1087	739	555	82	2,7	12,7	32,2	-0,7	19	1,8	CMc(100)
27	0,2	562	790	452	411	50	4,2	14,4	34,2	0,5	19,8	0,3	FLe(42) CMc(33) CMd(25)
28	5,5	476	756	239	558	50	3,9	15,1	34,3	1,4	19,7	0	LVv(42) FLe(22) PLe(16)
29	5	679	1100	234	636	56	3,6	14,5	33,7	1,1	19,6	0,1	CMc(35) LVx(30)
30	0,6	271	554	198	640	43	3,8	16,3	34,8	2,9	18,6	0	CMd(29) FLe(26) PLd(26) LVv(15)
31	3,9	288	628	160	494	34	4,5	16,6	34,9	3,5	18,2	0	FLe(33) CMc(26) PLd(14)
32	2,6	604	1090	366	548	45	4	15,2	35	1,5	19,6	0	CMc(78)
33	0,1	683	747	579	426	57	3,8	13,9	33,4	0,1	19,6	0,6	CMc(43) CMg(43) CMc(14)
34	0,3	888	1295	675	581	55	3,6	13,7	33,4	0	19,9	0,3	CMc(64) CMc(29)

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			
35	1,1	884	1587	399	769	56	3,3	14,2	33,2	1,2	19,1	0,3	CMc(86) LVk(14)
36	0,1	562	636	450	340	62	5,6	15,9	33,4	2,9	18,5	0	CMc(100)
38	0	904	1009	799	491	23	4,8	15,3	31,7	3,1	15,5	0	CMc(50) LVk(50)
39	0,2	1491	2000	734	671	47	3,3	11,6	29,8	-1,2	17,6	2	CMc(45) CMc(36)
40	0,8	708	1511	313	614	35	4,3	15,3	33,3	2,3	18,1	0,1	CMc(91)
41	2,9	430	1075	46	645	32	4,2	16,5	34,9	3,2	18,1	0	CMc(48) CMc(27)
42	0,7	460	835	86	881	29	3,9	16	32,2	4,3	16,1	0	CMc(68) VRx(15) CMtu(10)
43	2,2	120	765	9	853	23	4,2	17,7	32,5	6,8	14,6	0	VRx(33) CMtu(26) CMc(16)
44	0,4	162	615	7	633	28	4,4	17,5	35,6	4,2	17,4	0	CMc(33) CMc(21) PLd(21) CMD(13)
45	1,4	322	643	79	678	31	4,1	16,8	35,5	3,4	18	0	CMc(69) CMD(18)
46	1,3	445	647	133	576	35	4,2	16,4	34,9	3,3	18,2	0	CMc(65) CMD(14) PLd(10)
49	0,1	208	466	34	559	56	3,3	15,7	28	5,7	-	0	CMc(100)

Debido al modo de dispersión de las semillas, condicionada principalmente por las corrientes fluviales, en una restauración determinada se recomienda emplear materiales producidos a partir de semillas recolectadas en la misma cuenca hidrológica y, a ser posible, en poblaciones próximas a la zona de actuación. Esta consideración pretende evitar la transferencia de materiales entre zonas alejadas y promover el mantenimiento del patrón geográfico de la variación genética existente a nivel de especie. En cualquier caso, debería descartarse la utilización de materiales procedentes de otros países, por la ya descrita existencia de diferentes subespecies.

En algunas regiones pueden existir restricciones a su aprovechamiento y utilización. Así, la rareza de las poblaciones de fresno en la zona del semiárido sudoriental ha conducido a que haya sido catalogada como especie “En peligro de extinción” en la Región de Murcia (D. 50/2003). En Asturias, está considerada como taxón “De interés especial” por el Decreto 65/1995. Por otra parte, las poblaciones de la subespecie *oxycarpa* localizadas en el Delta del Ebro están definidas como “Estrictamente protegidas”, según el Decreto 172/2008. En cualquier caso, en las regiones en las que se contemple el diseño de planes de recuperación o conservación de esta especie, el uso de sus materiales de reproducción en forestaciones debería responder y respetar las estrategias establecidas en dichos planes.

En relación con la normativa de sanidad vegetal (Directiva 2000/29/CE), los materiales de reproducción de las especies del género *Fraxinus* producidos en el ámbito de la Unión Europea no requieren pasaporte fitosanitario para su comercialización y tránsito. Sin embargo, la importación de vegetales (excepto semillas y vegetales en cultivo de tejidos) de cualquier especie de fresno procedente de ciertos países terceros debe cumplir con una serie de requisitos especiales, con el fin de evitar la introducción y proliferación en la Unión Europea del barrenador del fresno (*Agrilus planipennis*).

2.2. Técnicas de manejo y propagación

2.2.1. Semillas

La recolección de las semillas del fresno de hoja estrecha se realiza a partir de octubre, cuando los frutos presentan un color pardo homogéneo. Los frutos maduros se mantiene en el árbol durante bastante tiempo, lo que permite prolongar su recogida en caso necesario. Los racimos de sámaras se recolectan manualmente, desde el suelo o subidos en banquetas o escaleras, ayudándose de pértigas con gancho para aproximar las flexibles ramas. En días sin viento también cabe recurrir al vareo con la ayuda de redes extendidas sobre el suelo.

Las sámaras de fresno contienen mucha humedad, por lo que, si se recolectan algo verdes, la fase de transporte y almacenamiento antes de su procesado debe ser muy breve. En este sentido, salvo que se vayan a sembrar de inmediato, es conveniente ponerlas a secar cuanto antes, extendiéndolas en una capa fina para evitar la proliferación de hongos y la pudrición de las semillas. Resulta oportuno eliminar las ramillas y hojas, bien en el momento de la recolección, bien antes de su extendido para oreado. Los frutos se limpian mediante cribado y aventado, siendo apropiado separar manual o mecánicamente las sámaras de los ejes que las sostienen. Normalmente no se eliminan las alas de las sámaras. Si no va a ser utilizado inmediatamente, el material se debe secar hasta un

contenido de humedad del 8-10% y almacenar en envases herméticos a 4-5 °C; de esta manera, la capacidad germinativa se mantiene al menos durante tres años. Si se reduce la temperatura de conservación a -4 °C se puede mantener esta capacidad hasta diez años (Piotto y Piccini, 2000).

Se puede también conservar durante un año semillas ya listas para germinar, estratificando primero los frutos durante 15 días a 20 °C y, después, 15 días más a 3 °C; posteriormente se secan a temperatura ambiente mediante corriente de aire hasta alcanzar el 9,5% de humedad y, finalmente, se introducen en envases herméticos a -3 °C (Piotto, 1997).

Las semillas de *F. angustifolia*, al igual que las del resto de las especies del género, presentan letargo fisiológico y deben ser sometidas a tratamiento antes de su siembra, si ésta se realiza en primavera. Otra opción es efectuar la siembra en otoño, ya que, según Piotto y Di Noi (2001), en este caso las semillas no requieren tratamiento previo. Si los frutos no han sido tratados, antes de su siembra se debe proceder a una estratificación en caliente (20 °C) de un mes, seguido de una estratificación en frío (5 °C) durante uno o dos meses (Piotto, 1994; Piotto y Piccini, 2000). Si se aplica este último método es recomendable controlar las semillas cada cierto tiempo porque pueden germinar en la fase fría. En la fase de germinación, si los frutos se mantienen a temperatura constante o se someten a temperatura con poca fluctuación, se puede inducir una dormición secundaria (Piotto, 1994), excepto si las semillas han sido sometidas a estratificación en frío muy prolongada, superior a 4 meses (Piotto y Piccini, 1998). Debido a esta necesidad de una acusada oscilación de la temperatura para germinar, las siembras no deben realizarse muy tarde en primavera.

Tabla 2. Datos característicos de lotes de semillas de *Fraxinus angustifolia*.

Pureza (%)	Facultad germinativa (%)	Nº semillas kg ⁻¹	Referencia
90-95	60-80	10.700-15.700	Catalán (1991)
	83	14.115-23.942	García-Fayos (2001)
90,5	85	14.000	Navarro-Cerrillo y Gálvez (2001)
	60-80	10.000-20.000 (11.000-14.000)	Piotto y Di Noi (2001)
	33-77-100		Louro y Pinto (2011)
84-99	46-78	12.800-21.500	Banc de Llavors Forestals (Anexo II)
94-99	60-90	11.000-19.000	CNRGF <i>El Serranillo</i> (Anexo III)
89-100		10.000-18.000	Vivero Central JCyL (Anexo IV)

Se ha puesto a punto una técnica de germinación *in vitro* de embriones escindidos que acelera el proceso y el rendimiento en la obtención de plántulas (Raquin *et al.*, 2002). Sin embargo, la necesidad de contar con instalaciones adecuadas y el aumento de los costes de producción son una restricción para su uso generalizado en vivero.

La germinación del fresno es epigea. Las plántulas presentan cotiledones elípticos y las dos primeras hojas son simples, romboidal-lanceoladas, aserradas (Ruiz de la Torre, 1996).

Las normas ISTA (2011) establecen las siguientes condiciones para caracterizar lotes comerciales del género: estratificación en caliente (20 °C) durante 2 meses , seguida de una estratificación en frío (1-5 °C) durante 7 meses y germinación en arena con una alternancia térmica (20-30 °C), según un ciclo de 16-8 horas, durante 56 días. Como alternativa, para caracterizar rápidamente los lotes, se puede llevar a cabo un ensayo de tetrazolio o, también, un ensayo de embriones escindidos.

2.2.2. Vegetativa

Las estaquillas de *F. angustifolia* no enraízan con facilidad, por lo que no se emplea esta técnica para la producción de plantas. En cambio, se puede propagar mediante técnicas *in vitro* a partir de explantos nodales y de ápices de tallos de plantas juveniles y adultas (Pérez Parrón *et al.*, 1994), de embriones maduros y cotiledones de semillas (Tonon *et al.*, 2001 b y c) y por embriogénesis somática a partir de embriones inmaduros (Tonon *et al.*, 2001 a).

3. Producción de plantas

El fresno de hoja estrecha es una especie de cultivo frecuente en viveros, ya sea en contenedores, a raíz desnuda, en bolsas plásticas o en sistemas tipo *root control*. Consecuentemente, los tamaños disponibles en el mercado son muy variables, desde plantas de una o dos savias hasta plantas de grandes dimensiones para jardinería, restauraciones de riberas, etc. En el caso de cultivarse en alvéolos para uso forestal, el fresno de hoja estrecha puede producirse en un periodo vegetativo, y, por ello, la edad más frecuente es la de una savia. No obstante, las plantas de dos savias también se usan en repoblaciones, aunque no existe información suficiente sobre su idoneidad. No se precisa una infraestructura específica para su cultivo en envase, pues es capaz de germinar al exterior siempre que no exista riesgo de heladas. Puede emplearse umbráculos con malla blanca que proporcionen un 20% de sombreado. En la mayoría de los viveros, el calendario de cultivo para la producción de plantas de una savia abarca unas 30 semanas y 80 semanas en el caso de dos savias. Las siembras suelen realizarse al principio de la primavera. Se colocan dos o tres semillas por alveolo para garantizar una plena ocupación de las bandejas.

El volumen de los envases más utilizados es de 250 a 400 cm³, aunque en cultivos a dos savias se usan envases hasta de 500 cm³. *Fraxinus angustifolia* desarrolla un sistema radical muy ramificado, por lo que las plantas no suelen dar problemas de consistencia del cepellón. Las densidades de cultivo oscilan entre 200 y 350 plantas m⁻². El grosor de la raíz principal hace aconsejable una profundidad mínima del alveolo de 15 cm.

El sustrato de cultivo debe ajustarse a las especificaciones generales para la producción de plantas forestales (Landis *et al.*, 1990). Es habitual emplear componentes de turba rubia y fibra de coco mezclados con vermiculita al 10-15%. Debido a su indiferencia

edáfica, el fresno de hoja estrecha no es muy sensible al aumento del pH con el agua de riego, por lo que el pH inicial del sustrato puede elevarse hasta un rango de 6-7. Otras características del sustrato que deben controlarse son la porosidad de aireación (volumen de aire a 10 cm de columna de agua), que debe tener un valor entre un 10% y un 15%, y la salinidad, que debe situarse por debajo de $1,5 \text{ mmhos cm}^{-1}$. El riego debe mantener el sustrato en buenas condiciones de humedad, aplicándose con la frecuencia necesaria, determinada por la demanda atmosférica. La especie parece un tanto sensible a la desecación del sustrato (Alameda Márquez y Villar Montero, 2009); aspecto que debe tenerse en cuenta particularmente en la aplicación de riegos de endurecimiento. Es importante programar un porcentaje de riego extra, con el fin de lavar sales del cepellón (un 10-20% más de la cantidad necesaria para llevar el sustrato a la capacidad del contenedor). La calidad del agua no suele determinar el éxito de su cultivo, aunque debe mantenerse dentro de unos niveles mínimos (Landis *et al.*, 1989).

La fertilización debe cuidarse desde el inicio del cultivo, con la aplicación de dosis medias a altas. Se suele emplear fertilizantes de liberación controlada lenta en el sustrato. En este caso, es apropiado un compuesto del tipo 15-8-12, en dosis de $2,5\text{-}3,5 \text{ kg m}^{-3}$. En fertirrigación, conviene efectuar aportes semanales de macro y micronutrientes, similares a los generales propuestos por Landis *et al.* (1989), para cada fase de cultivo (60, 150 y 80 ppm de N en germinación, crecimiento y endurecimiento, respectivamente).

Los tratamientos fitosanitarios que se aplican son principalmente de naturaleza preventiva, pues no suelen aparecer ataques importantes de enfermedades. En algunos viveros, esta especie se cultiva sin tratamientos fungicidas, aunque se recomienda su aplicación quincenal, alternando algunos de los principios activos más comunes (thiram, captan, himexazol o iprodiona). Las malas hierbas pueden combatirse en preemergencia con oxifluorfén o glifosato y en postemergencia con oxifluorfén a bajas dosis (1/4 de la recomendada) y a intervalos más frecuentes (semanales). Si se trata de eliminar gramíneas, se puede emplear herbicidas selectivos aplicados en postemergencia. Las escardas también son efectivas, siendo recomendable aplicarlas cada 6-8 semanas para eliminar las especies resistentes a los herbicidas.

El cultivo a raíz desnuda del fresno es relativamente frecuente y recomendable (Navarro-Cerrillo y Gálvez, 2001), si bien su producción en envase está hoy en día más generalizado. La planta a raíz desnuda puede cultivarse igualmente durante uno o dos años, en función del tamaño deseado y de las características de cultivo del vivero productor (régimen de



Figura 4. Planta de una savia de *Fraxinus angustifolia* cultivada en alveolo de 300 cm^3 (Foto: CNRGE El Serranillo).

fertilización, clima, etc.). Las plantas de un año pueden alcanzar 20-30 cm de altura y las de dos años 50-100 cm. La siembra suele realizarse en otoño-invierno con semillas no tratadas, o bien en primavera con semillas estratificadas. El periodo de germinación suele dilatarse unas 3-4 semanas. Sobre el terreno, el material se siembra en filas separadas unos 25 cm, obteniéndose densidades de cultivo que oscilan entre 80 y 150 plantas m⁻² (a mayor densidad, menor diámetro del cuello y menor biomasa seca). La cantidad de semillas que hay que sembrar por unidad de superficie para obtener una densidad final de cultivo determinada debe tener en cuenta tanto factores relacionados con las semillas (número de semillas por kg, pureza y facultad germinativa), como con las plantas (pérdidas por mala germinación, insectos, enfermedades y descartes por tamaño) (Thompson, 1984). En caso de que el suelo tenga deficiencias de fertilidad o de pH, debe hacerse las enmiendas oportunas antes de la siembra (enmiendas orgánicas, fertilización de base, etc.).

El fresno también se puede cultivar en formato de planta grande, ya sea directamente a raíz desnuda o bien mediante algún sistema de control del desarrollo radical que luego permita una mejor extracción del terreno. Las dimensiones más corrientes en este tipo de plantas son de 2 a 3 metros de altura y un perímetro de unos 8-10 cm, que se pueden alcanzar en 4-5 años. La densidad de cultivo depende, una vez más, del régimen de cultivo y del tamaño deseado de las plantas. Para facilitar las labores mecanizadas (escardas, enmiendas del terreno) se establecen espaciamentos entre filas que permitan el paso de la maquinaria y distancias entre plantas desde 0,7 m hasta 1,5 m.

No existen referencias bibliográficas que indiquen cuáles son los parámetros de calidad de las plantas del fresno de hoja estrecha que propician una mejor respuesta en plantación. Algunos datos experimentales (Navarro *et al.*, 2000) ofrecen los valores para plantas de dos savias, que se muestran en la Tabla 3 adjunta.

Tabla 3. Valores de atributos morfológicos para brinzales de *Fraxinus angustifolia* de dos savias (Navarro *et al.*, 2000).

Tipo de cultivo	Altura (cm)	Diámetro del cuello de la raíz (mm)	Esbeltez (cm mm ⁻¹)	Peso seco radical (g)
Envase	19,5	6,8	2,92	5,51
Raíz desnuda	50-100	10-13		

4. Uso en repoblaciones y restauraciones

Fraxinus angustifolia es una especie relativamente común en los programas de restauración forestal en los que se incluyen riberas o zonas con presencia de nivel freático alto. No obstante, su uso es minoritario en relación con otras especies principales. Su participación suele ser variable, pero normalmente se encuentra en el rango del 10% al 40% en las plantaciones de restauración de riberas, o en porcentajes más bajos (<5%) cuando se trata de plantaciones de enriquecimiento bajo cubierta (Campo y Segura, 2009 b; Navarro *et al.*, 2000), de modo que, según el caso, puede figurar como especie secundaria o accesoria. La Figura 5 muestra la superficie forestada con *F. angustifolia* a nivel nacional en el

programa de forestación de tierras agrarias hasta el año 1999, tanto en masas puras como en mezclas. La superficie total plantada con esta especie es insignificante con respecto al total repoblado en España en ese período (450.000 ha). Destacan las repoblaciones efectuadas en las Comunidades Autónomas del centro de la Península, en plantaciones puras o mezcladas con encina u otras especies propias de ribera, como *Populus* y *Salix*.

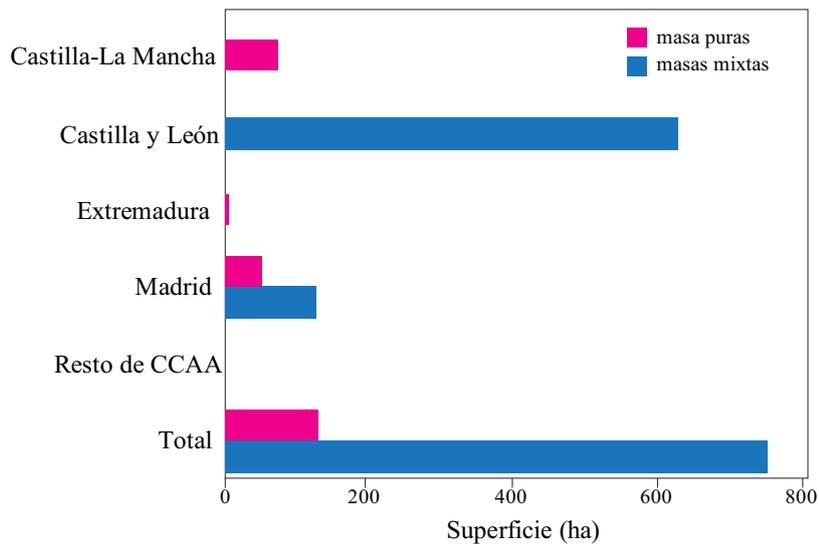


Figura 5. Superficie forestada con *Fraxinus angustifolia* a nivel nacional en el programa de forestación de tierras agrarias (MAPA 93-99).

Al margen de este programa europeo, la especie se utiliza en la práctica totalidad de las áreas mediterránea y submediterránea españolas, donde presenta tasas de arraigo con valores medios a altos (Tabla 4). Por ejemplo, en restauraciones de riberas con plantas grandes y aporte de riego, se han registrado mortalidades entre el 0 y el 78% (Manzanera y Martínez-Chacón, 2007; del Campo y Segura, 2009 a y b). Las tasas de mortalidad más altas suelen corresponder al empleo de plantas excesivamente grandes, por lo que sus dimensiones deben mantenerse por debajo de las indicadas en la Tabla 4. Frente a otras especies de ribera, el fresno tiene un comportamiento menos derrochador del agua, con una mayor eficiencia de su uso (Manzanera y Martínez-Chacón, 2007), que puede darle cierta ventaja competitiva en zonas con mayores limitaciones hídricas.

5. Planificación de la repoblación

Las labores de desbroce y de preparación del terreno se realizan de forma lineal, a hecho o puntual. En el primer caso, es usual subsolar en los suelos más compactados y desfavorables, y efectuar un laboreo o un acaballonado más o menos profundo en las llanuras aluviales con buena profundidad y poca pedregosidad. La preparación puntual con retroexcavadora con un cazo de 90 cm de anchura es la opción más común si se va a emplear plantas grandes en plantación a raíz profunda (Monsalve, 1995). El ahoyado con

Tabla 4. Valores de supervivencia en diferentes plantaciones mixtas con *Fraxinus angustifolia*.

Tipo de planta	Tipo de restauración	Supervivencia del fresno (%)	Supervivencia media de todas las especies (%)	Referencia
Envase dos savias	Terraza fluvial	77	46,2	Navarro <i>et al.</i> (2000)
Varias (raíz desnuda, envase y planta grande)	Terraza fluvial	47	81	Navarro <i>et al.</i> (2000)
Raíz desnuda 2 savias	Terraza fluvial	74	84	Navarro <i>et al.</i> (2000)
Contenedor 1 savia	Enriquecimiento bajo cubierta de pinar	71	49	Del Campo y Segura (2009 b)
Raíz desnuda (perímetro 5-6 cm; altura <2 m)	Terraza fluvial	100	16	Del Campo y Segura (2009 a)
Planta grande (perímetro >10 cm)	Restauración de ribera	25	50	Del Campo y Segura (2009 a)
Planta grande	Restauración de ribera	97,8	92	Manzanera y Martínez-Chacón (2007)
Raíz desnuda 1-2 savias	Restauración de cantera arcillas	95 (a los 10 años)	91	Muzzi y Fabbri (2007)

barrena helicoidal sólo se recomienda si el suelo no es demasiado pesado. Tras la plantación, conviene preparar un buen alcorque con vistas a posibles riegos de establecimiento y de verano. En zonas con buenas condiciones de humedad edáfica durante la mayor parte del año, puede ser preciso realizar desbroces intensos, que disminuyan la competencia de especies agresivas (cañas, carrizos, zarzas, etc.) sobre la plantación. En el caso de usar escardas químicas, puede emplearse glifosato.

La brotación del fresno es muy variable en función de las condiciones del año y la termicidad del sitio, por lo que la época de plantación adecuada es variable. Como norma general, se recomienda plantar siempre a savia parada y no hacerlo nunca después del mes de marzo.

Como ya se ha indicado, el fresno suele participar como especie secundaria o accesoria en la mayoría de las situaciones, bien formando bosquetes monoespecíficos o bien como pies dispersos en la matriz de la plantación, en marco real, rectangular o al tresbolillo. En algunas situaciones favorables de pendiente y extensión, puede suavizarse la linealidad de la plantación, lográndose una mayor integración paisajística. Las densidades son variables dependiendo del objetivo de la repoblación, pero, en general, son inferiores a 700 pies ha⁻¹, especialmente en plantaciones en riberas con plantas grandes, donde puede ser interesante mecanizar los trabajos posteriores de mantenimiento. Como alternativa,

puede aumentarse la densidad de plantación para minimizar la competencia herbácea (Magdaleno, 2008). Algunos autores sugieren densidades superiores, de 800 a 1.200 pies ha^{-1} (Oria de Rueda y Díez, 2002).

En las restauraciones de ribera, las plantas de *F. angustifolia* suelen regarse tras la plantación o en el período de brotación y en el periodo estival, en el mes de julio, empleando cubas y aplicando entre 20 y 40 l por planta. Sin embargo, si la plantación se hace a raíz profunda en contacto con la capa freática, no es necesario realizar riegos de apoyo (Magdaleno, 2008). En alguna ocasión se han aplicado riegos por goteo en los tres primeros años (Manzanera y Martínez-Chacón, 2007). En repoblaciones con plantas pequeñas y bajo cubierta, la necesidad de aportar agua es mucho menor y está supeditado a la transitabilidad del área y a las posibilidades técnicas de su aplicación. El uso de hidrogeles puede ser recomendable en terrenos muy arenosos, en dosis de 15-20 g por planta u hoyo; en suelos más pesados su uso no tiene ningún efecto (del Campo *et al.*, 2008 b).



Figura 6. Repoblación de *Fraxinus angustifolia*.

El empleo de tubos protectores está muy extendido en repoblaciones con plantas de pequeño tamaño, aunque esta práctica es cuestionable en las repoblaciones bajo cubierta, en las que los tubos aportan un exceso de sombra (del Campo *et al.*, 2008 a). En estos casos, se puede emplear tubos de colores más claros, o bien utilizar mallas protectoras semirrígidas si fuera necesario proteger las plantas de los animales.

Uno de los efectos más positivos de los tubos en plantaciones de ribera, sujetas a eventuales riadas o inundaciones, es la protección de las plantas, tanto frente a los descalces como al aterramiento. En plantaciones con plantas grandes se emplean tutores de madera tratada de 4-6 cm de diámetro y de una altura superior a 2 m, para anclarlas y estabilizarlas. Uno de los problemas más comunes en las restauraciones con fresno de hoja estrecha es la presencia de un banco de semillas de vegetación adventicia muy agresiva, debido a las condiciones de humedad y suelo favorables, propias de los márgenes de las riberas. Por ello, se debe realizar una o dos escardas al año, en función del desarrollo de las plantas competidoras. También se puede cubrir el terreno con protectores de base permeables, como mantas o *mulchs* plásticos o biodegradables. La escarda manual se hace alrededor de la planta, en un radio de 1-2 m, con azada o motodesbrozadora. En el caso de la caña común (*Arundo donax*) y otras plantas agresivas, puede realizarse escardas químicas con herbicidas de glifosato autorizados para zonas húmedas. Bell (1997) indica que una aplicación foliar del 2-5% de Rodeo© en dosis de 0,5-1 l ha⁻¹ sobre *A. donax* entre postfloración y predurmanencia tiene la máxima efectividad (control del 100% frente al 5-50% del desbroce mecánico). Si la competencia es excesiva y la plantación lo permite, puede desbrozarse por roza con desbrozadoras de cadenas o con tractor con grada de discos.

6. Bibliografía

- ALAMEDA MARQUEZ D., VILLAR MONTERO R., 2009. Estrategias de respuesta a la sequía en plántulas de 17 especies leñosas y el efecto de la lluvia estival. En: Actas del 5 Congreso Forestal Español. [cd-rom]. (Sociedad Española de Ciencias Forestales, Junta de Castilla y León, eds.). Ávila. Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- 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. 113-116.
- BELL G., 1997. Ecology and management of *Arundo donax*, and approaches to riparian habitat restoration in Southern California. En: Plant Invasions: Studies from North America and Europe. (Brock J. H., Wade M., Pysek P., Green D., eds.). Blackhuys Publishers, Leiden. pp. 103-113.
- 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. 209-211.
- 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 V3009V40, V41, V42 y V59. Informe final. Universidad Politécnica de Valencia y Consellería de Medio Ambiente, Agua, Urbanismo y Vivienda, GVA. Inédito.
- DEL CAMPO A.D., NAVARRO CERRILLO R.M., AGUILELLA SEGURA A., FLORS VILLAVERDE J., 2008 a. Influencia microclimática del diseño del tubo protector y respuesta de diez especies forestales al tubo ventilado. Cuad. Soc. Esp. Cienc. For. 28, 81-87.
- DEL CAMPO A.D., AGUILELLA SEGURA A., LIDÓN CEREZUELA A., SEGURA ORENGA G., 2008 b. 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.
- FRAXIGEN, 2005. Ash species in Europe: biological characteristics and practical guidelines for sustainable use. Oxford Forestry Institute, University of Oxford, Oxford.

- GARCÍA-FAYOS P. (coord.), 2001. Bases ecológicas para la recolección, almacenamiento y germinación de semillas de especies de uso forestal en la Comunidad Valenciana. Banc de Llavors Forestals, Generalitat Valenciana, Valencia. pp. 19.
- GÉRARD P.R., KLEIN E., AUSTERLITZ F., FERNÁNDEZ MANJARRÉS J.F., FRASCARIA LACOSTE N., 2006. Assortative mating and differential male mating success in an ash hybrid zone population. *BMC Evol. Biol.* 6, 96.
- ISTA (International Seed Testing Association), 2011. International rules for seed testing. Edition 2011. ISTA, Bassersdorf, Switzerland.
- LANDIS T.D., TINUS R.W., MCDONALD S.E., BARNETT J.P., 1989. Seedling nutrition and irrigation. The container tree nursery manual. Vol 4. United States Department of Agriculture, Forest Service, Agriculture Handbook 674, Washington.
- LANDIS T.D., TINUS R.W., MCDONALD S.E., BARNETT J.P., 1990. Seedling nutrition and irrigation. The container tree nursery manual. Vol 2. United States Department of Agriculture, Forest Service, Agriculture Handbook 674, Washington.
- LÓPEZ GONZÁLEZ G.A., 2001. Los árboles y arbustos de la Península Ibérica e Islas Baleares. Tomo I. Ed. Mundi-Prensa, Madrid. pp. 1274-1275.
- 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.
- MAGDALENO MAS F., 2008. Manual de técnicas de restauración fluvial. CEDEX, Ministerio de Fomento, Madrid.
- MANZANERA J.A., MARTÍNEZ-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.
- MONSALVE DELGADO M. (coord.), 1995. Manual de Forestación. Junta de Castilla y León, Valladolid.
- MORAND-PIEUR M.E., VEDEL F., RAQUIN C., BRACHET S., SIHACHAKR D., FRASCARIA LACOSTE N., 2002. Maternal inheritance of a chloroplast microsatellite marker in controlled hybrids between *Fraxinus excelsior* and *Fraxinus angustifolia*. *Molec. Ecol.* 11, 613-617.
- 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. 167-168.
- NAVARRO 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.
- ORIA DE RUEDA J.A., DÍEZ J., 2002. Guía de árboles y arbustos de Castilla y León. Ed. Cálamo, Palencia.
- PÉREZ PARRÓN M.A., GONZÁLEZ BENITO M.E., PÉREZ C., 1994. Micropropagation of *Fraxinus angustifolia* from mature and juvenile plant material. *Plant Cell Tiss. Organ Cult.* 37, 297-302.
- PIOTTO B., 1994. Effects of temperature on germination of stratified seeds of three ash species. *Seed Sci. Technol.* 22, 519-529.
- PIOTTO B., 1997. Storage of non-dormant seeds of *Fraxinus angustifolia* Vahl. *New For.* 14, 157-166.
- PIOTTO B., PICCINI C., 2000. Dormienza, germinazione e conservazione dei semi dei frassini spontanei in Italia. *Sherwood* 52, 19-23.
- PIOTTO B., DI NOI A. (eds.), 2001. Propagazione per seme di alberi e arbusti della flora mediterranea. ANPA, Roma.

RAQUIN C., JUNG-MULLER B., DUFOUR J., FRASCARIA-LACOSTE N., 2002. Rapid seedling obtaining from European ash species *Fraxinus excelsior* (L.) and *Fraxinus angustifolia* (Vahl.). *Ann. For. Sci.* 59, 219-224.

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.

THOMPSON B.E., 1984. Establishing a vigorous nursery crop: bed preparation, seed sowing and early seedling growth. En: *Forest Nursery Manual: Production of bareroot seedlings.* (Duryea M.L., Landis T.D., eds.). Martinus Nijhoff/Dr W. Junk Publishers, The Hague/Boston/Lancaster.

TONON G., BERARDI G., ROSSI C., BAGNARESI U., 2001 a. Synchronized somatic embryo development in embryogenic suspensions of *Fraxinus angustifolia*. *In Vitro Cell Dev. Biol.-Plant* 37, 462-465.

TONON G., CAPUANA M., DI MARCO A., 2001 b. Plant regeneration of *Fraxinus angustifolia* by *in vitro* shoot organogenesis. *Sci. Hort.* 87, 291-301.

TONON G., KEVERS C., THOMAS G., 2001 c. Changes in polyamines, auxins and peroxidase activity during *in vitro* rooting of *Fraxinus angustifolia* shoots: an auxin-independent rooting model. *Tree Physiol.* 21, 655-663.

Fraxinus excelsior L.

Fresno, fresno común, fresno de montaña, frágino; *cat.*: freija, frejú; *gall.*: freixo

Óscar CISNEROS GONZÁLEZ, José SANTANA PÉREZ, Elena TOMÀS FERRÈ, Neus ALETÀ SOLER, Javier LIGOS MARTÍNEZ, Antonio TURRIENTES CALZADA

1. Descripción

1.1. Morfología

Fraxinus excelsior L. pertenece a la familia de las Oleáceas. Es un árbol de grandes dimensiones, alcanza de 20 a 30 m, incluso 45 m. La copa tiene forma oval, recogida, no suele extenderse en superficie. El tronco es recto, de sección circular y corteza grisácea y agrietada, inicialmente lisa. La ramificación es monopódica, con ramas erecto-patentes, los ramillos grisáceos, lampiños y con lenticelas. Las yemas son habitualmente negras, escamosas, gruesas y aterciopeladas. Las hojas son opuestas, compuestas imparipinnadas, sin estípulas, con 7-13 (15) folíolos de forma lanceolada a ovalada, aserrados, puntiagudos y ligeramente pelosos por el envés (López González, 2001; Ruiz de la Torre, 2006). Tanto la identificación de la especie a partir de yemas como de hojas presenta problemas. *Fraxinus excelsior* se confunde habitualmente con *F. angustifolia* y con el híbrido de ambos, debido a la elevada variabilidad de estas especies en cuanto a la morfología de yemas, hojas y ramillos. La confusión es más fácil en los primeros años, de forma que en algunas repoblaciones es difícil determinar cuál es la especie, y en algunas plantaciones de cierta edad se pueden encontrar individuos de una especie salpicados en repoblaciones de la otra. FRAXIGEN (2005) presenta una guía práctica para diferenciar ambas especies. De forma resumida, se puede establecer que el color de las yemas (negras o marrón oscuro en *F. excelsior*, marrones en *F. angustifolia*) no es definitivo, debido a la elevada variabilidad de *F. angustifolia*. La forma de los folíolos (más ovalados en *F. excelsior*, más lanceolados en *F. angustifolia*) tampoco es un buen indicador, ni la forma de la sámara, el tamaño relativo de la semilla respecto al fruto o la presencia de pelosidad en los brotes. El carácter con mayor capacidad para discriminar entre especies es la inflorescencia, compuesta en *F. excelsior* (un eje del que salen ramitas sobre las que aparecen las flores) y simple en *F. angustifolia* (las flores aparecen directamente en el eje). Evidentemente este carácter no es de ayuda con los brinzales, por lo que hay que recordar que habitualmente *F. excelsior* presenta desde el principio un eje claro, poco ramificado, las yemas suelen ser oscuras y las hojas tienen folíolos más bien ovalados; frente a *F. angustifolia* que suele ser ramoso, a veces poco dominante y flexuoso, con folíolos lanceolados y yemas pequeñas y marrones.

1.2. Biología reproductiva

Los fresnos presentan flores pequeñas, que pueden ser masculinas, femeninas, o hermafroditas, con un pistilo y dos estambres y carentes de corola. Se polinizan a través

del viento, y se agrupan en inflorescencias laterales. La floración tiene lugar por primera vez a los 15-20 años de edad en individuos aislados, y sobre los 30 años en lo que se refiere a masas forestales. Se produce en abril-mayo, antes de la brotación de las hojas. En las flores femeninas y hermafroditas, el ovario contiene cuatro óvulos que se desarrollan para formar un fruto en forma de sámara, que contiene una sola semilla, con un ala que facilita su dispersión por el viento. La fructificación se produce en el verano tardío u otoño, madurando a partir de septiembre. Las semillas maduras se dispersan durante el otoño, también por acción del viento. Existe un período de dormición de las semillas que normalmente se extiende durante los dos primeros inviernos desde la dispersión, pero que puede durar hasta seis años.



Figura 1. Sámaras de *Fraxinus excelsior* en el árbol (Foto: J. Pemán).

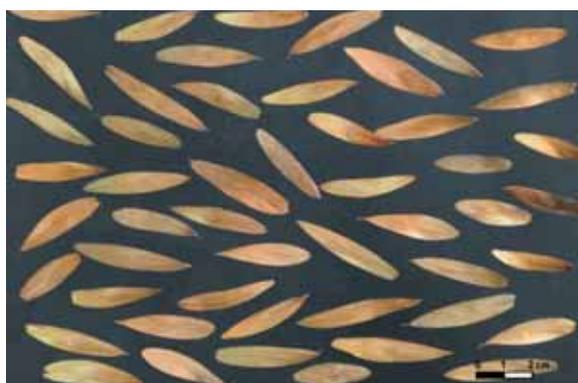


Figura 2. Sámaras de *Fraxinus excelsior*.

Su sistema reproductivo es citado habitualmente como polígamo y complejo y, hasta épocas recientes, muy poco conocido (Wallander, 2008). Entre los tres tipos de flores antes citados, existen también tipos intermedios, lo que ha provocado aún más incertidumbre. Hasta hace poco se desconocía si existía la auto-fertilización en la especie. Aunque se habían atribuido géneros a los árboles en función de la mayor predominancia de uno u otro tipo de flor en cada pie, no se habían podido identificar con suficiente fiabilidad ni evaluar las proporciones relativas de unos y otros en las poblaciones, hasta el punto de que se observaban variaciones en esas proporciones de un año para otro, y de unos lugares a otros, influyendo factores abióticos, como la altitud o el clima. Por consiguiente, surgía la cuestión de si los individuos cambiaban su género de una temporada para otra en función de estos factores. Estas cuestiones han hallado respuesta gracias a recientes estudios sobre el flujo génico, la dispersión, y la genética de poblaciones del fresno en Europa, acometidos con marcadores moleculares de ADN. Gracias a los citados estudios, ahora se conocen nuevos datos sobre la biología reproductiva del fresno común o de montaña (FRAXIGEN, 2005), que se resumen en los siguientes aspectos:

- Aunque la especie es autocompatible, las flores se fertilizan esencialmente con polen procedente de otras plantas, con muy bajos índices de autofecundación en poblaciones naturales, debido a la falta de sincronía entre la receptividad de los estigmas y la liberación de polen en las flores hermafroditas.
- Los individuos con flores hermafroditas y los que tienen predominancia de flores femeninas pueden englobarse en una sola categoría, la de árboles pistilados, ya

que los niveles de autofecundación y diversidad genética de la descendencia en ambos casos son similares, a diferencia de lo que cabría esperar. Los individuos con predominancia de flores masculinas pueden considerarse, a efectos prácticos, como árboles masculinos, ya que la fertilidad de su polen es mucho mayor que la de los hermafroditas. Así, el sistema reproductivo de los fresnos de montaña puede considerarse como subdioico, con individuos masculinos e individuos pistilados.

- A diferencia de lo que se creía, la proporción de cada género es bastante estable en el espacio y en el tiempo, con alrededor de 40-50% de individuos masculinos y 50-60% de pistilados. La proporción de femeninos y hermafroditas dentro de los pistilados puede variar, pero a efectos de plantaciones y huertos semilleros no es relevante, y pueden considerarse como un mismo grupo.
- La fenología de la especie se ve muy afectada por el clima y la altitud. Esto es de gran relevancia a la hora de transferir material para plantación en lugares diferentes de donde se recoge.
- La vecería influye en el flujo génico. Los años de gran floración hay poca introducción de polen externo, mientras que en años no veceros aumenta la introgresión de polen de otras masas. No obstante, todo ello depende en último término de la sincronía fenológica entre las masas.

1.3. Distribución y ecología

La distribución mundial de la especie se centra en Europa y el oeste de Asia, desde Galicia y las Islas Británicas hasta el mar Caspio. El rango latitudinal llega a 64° en Noruega y 37° en Irán (Pliûra y Heuertz, 2003). En altitud se desarrolla desde el nivel del mar hasta los 1.800 m en los Pirineos, aunque en Irán alcanza 2.200 m.

En la Península su distribución más patente coincide con los bosques de ribera de la región eurosiberiana. En estas formaciones llega a alcanzar carácter de especie principal, aunque tan sólo en algunos centenares de metros. Su presencia habitual se limita a pequeños golpes o árboles aislados junto a otras especies (hayas, robles...), en los bosques de ribera o del bosque planocaducifolio del norte peninsular. Alcanza, no obstante, algunas ubicaciones dentro del clima mediterráneo, aunque se consideran más bien relictos que situaciones representativas de la autoecología de la especie, habitualmente estaciones a elevada altitud o riberas encañonadas donde las condiciones microestacionales imitan a las de su área original. En estos casos se puede solapar con la distribución de *F. angustifolia*, y viceversa, *F. angustifolia* coloniza estaciones del área eurosiberiana donde predomina el fresno de montaña, de forma que se dan las condiciones para la hibridación de ambas especies.

El fresno alcanza su desarrollo óptimo en los suelos profundos y fértiles de los valles del norte peninsular, sin embargo, puede crecer correctamente sobre suelos pobres en nutrientes siempre que el sustrato cuente con suficiente humedad y no haya encharcamiento. Entre los parámetros relacionados con la nutrición mineral, el fósforo parece ser el de mayor influencia (Kilbride, 2000). Del mismo modo, tolera la caliza si se cumplen los requisitos hídricos, aunque el pH óptimo se sitúa más próximo a la acidez, por encima de 4,5. La

clorosis es el principal problema detectado por Kerr y Cahalan (2004) en su estudio sobre la influencia de las condiciones ecológicas sobre el crecimiento inicial del fresno, por lo que se deben evitar los suelos calizos, secos y con poco fondo. Del estudio de varias parcelas en el noroeste de Castilla y León se concluye que la precipitación y los factores texturales relacionados con la aireación del sustrato son los de mayor influencia sobre el crecimiento (Modrego y Cisneros, 2008).

Se considera una especie típica de clima oceánico, habitual del área eurosiberiana. La duración de la sequía estival es inferior a un mes y las precipitaciones, habitualmente, son superiores a los 800 mm al año, aunque pueden ser inferiores en las riberas y otras situaciones que supongan alimentación hídrica. La temperatura media anual está entre 7 y 13 °C (CAB, 2000). Soporta el frío, aunque las yemas del fresno son especialmente sensibles a las heladas, es frecuente encontrar árboles con horquillas debido a este accidente. Deben evitarse las posiciones fisiográficas que favorecen la aparición frecuente de heladas, como los fondos de valle. Aunque la poda de formación permite corregir con facilidad este defecto, el daño de la helada retrasa el crecimiento y favorece la entrada de patógenos. Las características microestacionales favorecen la protección del árbol. Los ríos y las umbrías son estaciones típicas para la especie, al contrario de las solanas y zonas expuestas.

2. Materiales forestales de reproducción

2.1. Marco normativo. Identificación de los materiales de reproducción

El fresno es una especie que tiene regulada la comercialización del material de reproducción, tanto a nivel europeo como español. Las regiones de procedencia, establecidas por el método divisivo, y la distribución de *F. excelsior* en España se representan en la Figura 3 y se enumeran en la Tabla 1, junto con sus características estacionales.

En la actualidad, todas las unidades de admisión, fuentes semilleras y rodales, que figuran en el Catálogo Nacional de Materiales de Base corresponden a la categoría identificada, no estando cubiertas todas las regiones de procedencia. Es de destacar la ausencia de materiales de base dentro de la región Litoral astur-cántabro. Los estudios genéticos sobre el fresno llevados a cabo en los últimos años en Europa, al amparo del proyecto EUFORGEN, han permitido desentrañar la filogeografía y diversidad general de la especie y cómo se estructura esa diversidad. Estos estudios se llevaron a cabo combinando la información aportada por marcadores de ADN cloroplástico, que tiene una baja tasa de mutación y, por tanto, refleja bien la variación genética existente en tiempos remotos en las especies, y marcadores de ADN nuclear, con alta tasa de mutación, y que reflejan bien la variabilidad genética más reciente. Tras analizar la variación genética a nivel del ADN cloroplástico (Heuertz *et al.*, 2004 a) se determinó un bajo polimorfismo de la especie en Europa, con pocos haplotipos diferentes, muy ligados a áreas geográficas concretas. Así, los análisis genéticos de las actuales poblaciones cuadran con la sugerencia previa, basada en polen fosilizado, de que los refugios del fresno durante el último período glacial pudieron ser la Península Ibérica, los Alpes orientales o Italia y la península de los Balcanes. La diferenciación genética entre haplotipos fue alta, reflejando poca mezcla entre los linajes recolonizadores postglaciales. Sin embargo, al analizarse la diversidad



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

genética de fresno con marcadores de ADN nuclear (Heuertz *et al.*, 2004 b) se detectó una alta homogeneidad genética en el centro y el oeste de Europa y patrones complejos de diferenciación en el sudeste europeo y en el límite septentrional de distribución de la especie en Escandinavia. De esto se concluye que ha debido existir un flujo de polen eficiente entre las poblaciones de fresno occidentales y centrales de Europa durante la colonización postglacial. Cinco poblaciones españolas fueron incluidas en el estudio cloroplástico y se situaron en el mismo grupo haplotípico que las británicas. Así, se apoya la tesis de que la Península Ibérica pudo ser refugio glacial, a partir del cual se habría expandido hacia el norte la especie, y allí se habría homogenizado genéticamente con el resto de poblaciones centroeuropeas al no haber fuertes restricciones en el flujo de polen entre unas y otras. De esta forma, cabría esperar de las poblaciones naturales españolas una alta diversidad genética a nivel nuclear que, de confirmarse a través de estudios genéticos, permitiría estudiar características adaptativas diferenciales entre los fresnos de unas y otras comarcas, y homologar no sólo edafo-climática sino también genéticamente, las regiones de procedencia.

El proyecto europeo FRAXIGEN (FRAXIGEN, 2005) recomienda usar material local, siempre que sea posible, para las plantaciones en cada región de procedencia, dado que éste está, generalmente, mejor adaptado a las condiciones ecológicas de la zona donde ha

evolucionado. En particular, la fenología de las distintas poblaciones se ha sincronizado a las condiciones estacionales, por lo que el daño provocado por las heladas ha resultado menor en las poblaciones locales.

Asimismo, es recomendable establecer parcelas de ensayo y colecciones con materiales de distintas procedencias para evaluar su comportamiento. En nuestro país la especie no se encuentra amenazada, apareciendo normalmente en masas regulares, pero se ha documentado una importante incidencia de hibridaciones con el fresno de hoja estrecha (*F. angustifolia*), especialmente en los límites meridionales de su distribución. Por lo tanto, en las zonas en las que se conozca la presencia de las dos especies, es recomendable poner especial atención a la hora de recolectar material forestal de reproducción para plantaciones y repoblaciones, de forma que nos aseguremos de que se seleccionan individuos no hibridados.

A la hora de obtener material en fuentes semilleras, se recomienda recolectar al menos 500 semillas de, como mínimo, 50 árboles en cada fuente ó población, preferiblemente de las zonas centrales de la masa, para prevenir el efecto de introgresión del flujo génico procedente de masas externas al rodal de interés. Los árboles semilleros deben estar separados al menos 150 m para asegurar que no están relacionados genéticamente. Del mismo modo, alrededor de las fuentes ó rodales delimitados se recomienda establecer áreas *buffer* de 100 a 150 metros en las que no se recoja material. Es conveniente mantener un control sobre las fuentes semilleras y rodales selectos, estando al tanto de la sanidad forestal de las mismas y del éxito o no de su regeneración (FRAXIGEN, 2005).

De *F. excelsior*, en la actualidad, en España sólo hay catalogado material de base de la categoría identificada, materializado en 77 fuentes semilleras correspondientes a 11 de las 17 regiones de procedencia establecidas, siendo significativo que ninguna corresponda a la Vertiente septentrional cantábrica. Existen varios trabajos en curso para conseguir materiales adecuados para la producción de madera. En Galicia se han seleccionado 100 árboles, de los que se ensaya su progenie en ensayos que se convertirán en huertos semilleros en el futuro (Ocaña *et al.*, 2009). Otro programa de selección se desarrolla en Cataluña por el IRTA y la UdL, en este caso sobre individuos del noreste peninsular. En Castilla y León, la Consejería de Medio Ambiente cuenta con un banco clonal de árboles selectos, sobre los que se llevarán a cabo los siguientes trabajos de mejora. En todos los casos se trata de selecciones orientadas a la producción de madera y a la adaptación.

Está incluida en los Catálogos Regionales de Especies Amenazadas de Castilla-La Mancha (D. 200/2001) y Extremadura (D. 37/2001) con las categorías “Vulnerable” y “Sensible a la alteración de su hábitat”, respectivamente.

En relación con la normativa de sanidad vegetal, los materiales de reproducción de las especies del género *Fraxinus* producidos en el ámbito de la Unión Europea no requieren pasaporte fitosanitario para su comercialización y tránsito. Sin embargo, la importación de vegetales (excepto semillas y vegetales en cultivo de tejidos) de cualquier especie de fresno procedentes de ciertos países terceros deben cumplir con una serie de requisitos especiales fijados por la Directiva 2000/29/CE, con el fin de evitar la introducción y proliferación en la Unión Europea del barrenador del fresno (*Agrilus planipennis*).

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

RP	Pres (%)	Altitud (m)			Precipitación (mm)			A (meses)	Temperatura (°C)			Osc (°C)	Hs (meses)	Tipo de suelo (FAO)
		Med	Max	Min	Anual	Estival	Med		MaxMC	MinMF				
1	1,1	279	609	57	1425	135	12,6	24,5	3,3	11,1	0	CMu(62) RK(38)		
2	2,2	544	1012	117	1152	130	11,5	26	1	13,5	0,2	CMu(50) RK(48)		
3	15,6	347	1221	8	1331	196	12,3	23,2	2,8	11,2	0	CMc(34) CMu(32) RK(21)		
4	18,8	748	1558	75	1291	180	10,5	23,8	-0,2	13,1	1,4	RK(33) CMc(28) CMu(28)		
5	3,6	1138	1658	488	1090	131	8,8	24,9	-2,9	15,3	4,1	CMu(56) RK(20) CMc(10)		
6	8,8	512	1242	19	1663	247	11,7	24,1	2,1	12,9	0	CMc(51) CMu(32) LVx(10)		
7	3,8	742	1464	213	1203	177	10,7	24,3	0,7	13,7	0,5	CMc(60) CMu(33)		
8	18,9	1298	2221	603	1029	271	8,5	24,8	-4,3	16,6	5	CMu(61) CMc(18)		
9	19,6	798	1800	120	1007	260	11,2	26,9	-1,5	16,4	2,4	CMc(66) CMu(27)		
10	3,1	345	1109	4	915	197	13,5	27,8	1	15,4	0,4	CMc(41) CMd(23)		
11	1	549	820	290	679	172	12,9	29,6	-0,2	18	1,5	CMc(80)		
14	0,1	794	879	709	515	119	11,7	27,9	-0,3	16,8	0,7	CMc(100)		
15	2,7	1155	1859	619	816	154	9,3	25,4	-1,9	15,8	3	CMc(45) CMu(44) CMc(11)		

RP	Pres (%)	Altitud (m)			Precipitación (mm)		A (meses)	Temperatura (°C)			Osc (°C)	Hs (meses)	Tipo de suelo (FAO)
		Med	Max	Min	Anual	Estival		Med	MaxMC	MinMF			
16	0,5	927	1081	758	654	105	1,9	10,5	27,8	-1,3	16,6	2,4	FLe(46) CMc(23) CMtu(23)
17	0,2	747	829	691	574	76	2,8	11,7	29,5	-0,6	16,9	1,6	CMc(25) CMc(25) CMtu(25) FLe(25)
20	0,1	1287	1390	1183	702	110	1,9	10,2	28,5	-2,5	18	3,7	CMg(100)
22	0,1	1478	1478	1478	950	131	1,3	7,9	26,9	-4,3	17,1	5,6	CMc(100)

2.2. Técnicas de manejo y propagación

2.2.1. Semillas

Los frutos del fresno maduran hacia otoño, pudiendo observarse el paso del color verde a marrón en las sámaras en septiembre-octubre. El viento las disemina, aunque se pueden mantener en la copa del árbol, en mayor o menor número, hasta la primavera siguiente. La recolección de las sámaras, aún verdes al final del verano, obliga a su siembra inmediata, con resultados inciertos. Por ello, y sobre todo si se pretende conservar la semilla, la recogida debe realizarse después de que las sámaras hayan adquirido una tonalidad parda, en octubre-noviembre. Los frutos son recolectados a mano, accediendo a la copa por escalada o mediante escaleras y acercando las ramas flexibles con la ayuda de ganchos, o aprovechando eventuales cortas. Dado el alto contenido de humedad de las sámaras, sobre todo si se recolectan algo verdes, la fase de transporte y almacenamiento antes de su procesado debe ser muy breve, siendo conveniente, salvo que vayan a utilizarse de inmediato, secarlas lo antes posible, salvo que se vayan a utilizar de inmediato. Para ello se extienden en una capa fina para evitar el desarrollo de hongos y la fermentación de las semillas. Es conveniente retirar las ramillas y hojas en el momento de la recolección o antes del extendido para secado. Las sámaras se limpian mediante cribado y aventado, siendo oportuno separar de forma manual o mecánica las sámaras de su pedúnculo. Normalmente no se quitan las alas de las sámaras. Esta especie, además de durmancia fisiológica, presenta letargo morfológico, pues el embrión no está totalmente desarrollado en el momento de la dispersión. El tamaño que alcanza el embrión en otoño se sitúa entre el 45 y el 55%; por lo tanto es necesario que continúe su desarrollo para poder germinar (Suszka *et al.*, 1994). Para que éste sea completo, requiere una fase de calor posterior a la maduración del fruto. Las semillas pueden sembrarse inmediatamente tras su recolección, y si encuentran en el suelo las condiciones de temperatura adecuadas para vencer su doble letargo, germinarán a la primavera siguiente. No obstante, estos autores consideran que los resultados de este método son poco fiables, y es preferible secar los frutos tras la recolección a 18-20 °C hasta alcanzar una humedad del 8-10%, y realizar en su momento un pretratamiento, en forma de doble estratificación antes de la siembra. Éste consiste en una fase cálida, de 6 a 16 semanas a 20 °C, que permita el desarrollo del embrión, seguida de otra fría, de 16 semanas a 3 °C, para eliminar el letargo fisiológico. La fase cálida se puede reducir a 4 semanas si se limpia la semilla, de forma que los tejidos de la sámara no supongan una barrera a su hidratación. La eliminación mecánica del ala daña a la semilla, por lo que este acondicionamiento no se considera en el pretratamiento. Esta doble estratificación puede realizarse con medio (turba, arena), que es el método clásico, o sin medio. En este caso, las sámaras, tras una rehidratación progresiva hasta un contenido de agua (55-60%) que permita la ruptura de su durmancia, pero no la germinación, y ser tratadas con fungicida, se disponen en un recipiente plástico cubierto por una lámina que permita un intercambio gaseoso o en una bolsa de polietileno de un grosor que cumpla tal condición. Periódicamente se revisará y ajustará el contenido de agua citado (Suszka *et al.*, 1994). Las semillas del fresno son del grupo de las ortodoxas y se pueden conservar hasta 10 años a la humedad indicada de 8-10%, entre -3 y -5 °C en recipientes herméticos. Existe la posibilidad de conservar la semilla tras la ruptura de su letargo por doble estratificación, previo bloqueo de su germinación. Para ello caben dos opciones. La primera es pasar a una temperatura entre -1 y -3 °C

los recipientes conteniendo las semillas estratificadas. La semilla se puede conservar así de 8 a 20 semanas. La segunda consiste en deshidratar lenta y parcialmente las semillas hasta un contenido hídrico de 8-10% y conservar a -3 y -5 °C, manteniendo su viabilidad durante varios años. También cabe conservar en las condiciones citadas semilla a la que, mediante la aplicación de la fase calida, se ha provocado la elongación del embrión, y posteriormente se ha deshidratado parcialmente. Posteriormente y antes de su utilización deberá retomarse el tratamiento con la aplicación de la fase fría (Suszka *et al.*, 1994). Respecto a la ruptura del letargo, la eliminación del endospermo en condiciones estériles tras hidratar la semilla durante 24 horas, sin ningún periodo de estratificación, permite que embriones correctamente desarrollados germinen en un plazo de sólo 3 días (Raquin *et al.*, 2002).

Según las reglas ISTA (2011), el método propuesto para la valoración de la viabilidad de los lotes de semillas de *Fraxinus* spp. es la germinación en arena de acuerdo con una alternancia térmica (20-30 °C), según un ciclo de 16-8 horas, durante 56 días, previa doble estratificación (2 meses a 20 °C, seguido de 7 meses a 1-5 °C). Para tal ensayo, la Forestry Commission (2010) propone que la alternancia sea 3-20 °C, reduciendo el tiempo previsto a 35 días. Como alternativa, para una disponibilidad más rápida de la viabilidad, se recomienda la realización de un ensayo de tetrazolio o también un ensayo de embriones escindidos.

Tabla 2. Datos característicos de lotes de semillas de *Fraxinus excelsior*:

Pureza (%)	Facultad germinativa (%)	Nº semillas kg ⁻¹	Referencia
90	70	15.000	Aldhous (1972)
		10.000-15.000	Cemagref (1982)
	80	12.500	Gradi (1989)
90-95	60-80	8.500-13.500-15.500	Catalán (1991)
	60-80	8.600-16.000 (13.000)	Piotto (1992)
85-95 ⁽¹⁾	50-100 ⁽¹⁾	10.500-15.000	Suszka <i>et al.</i> (1994)
94-99	60-90 ⁽²⁾	10.000-17.000	CNRGF <i>El Serranillo</i> (Anexo III)
90-100		8.000-15.000	Vivero Central JCyL (Anexo IV)

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

⁽²⁾ Ensayos al tetrazolio

2.2.2. Vegetativa

El fresno no se produce por vía vegetativa para la producción de plantones comerciales. No obstante, existen suficientes referencias y experiencias que acreditan cierta facilidad para la reproducción por estaquillas, con porcentajes que varían del 6 al 65% de enraizamientos, en función de las características del material de partida y de las condiciones del enraizamiento (Cahalan y Jinks, 1992; Silveira y Cottignies, 1994; Jinks, 1995).

Las estaquillas leñosas procedentes de setos, rejuvenecidas periódicamente e instaladas con un sistema de niebla bajo cubierta parecen ser la mejor opción para optimizar el enraizamiento. También se ha puesto a punto el método de micropropagación (Silveira y Cottignies, 1994; Hammatt y Ridout, 2011), aunque tampoco, en este caso, es una vía comercial en la actualidad. La vía clonal tiene interés cuando el objetivo preferente es la producción de madera. En estos casos, la clonación de ciertos individuos tiene las ventajas habituales de este método: recoger todos los caracteres de interés de algunos individuos en cuanto a forma y adaptación y homogeneizar los materiales para facilitar la gestión selvícola. Además, en el caso del fresno se añade la posibilidad de multiplicar árboles cuya floración favorezca la conformación de un fuste recto, con dominancia marcada y sin horquillas, como son los individuos que se comportan como polinizadores. Se ha elaborado un protocolo para la propagación vegetativa a escala industrial (Thompson *et al.*, 2001), sin que hasta la fecha existan noticias de su desarrollo comercial.

3. Producción de plantas

En vivero se siembran sin pretratamiento tras la recolección a final del verano o principio de otoño; aunque es más recomendable sembrar en marzo-abril tras realizar el pretratamiento descrito. Se han recopilado experiencias relativas a densidad de plantación y plantas obtenidas en la Tabla 3.

Tabla 3. Densidad de siembra y producción de plantas de *Fraxinus excelsior*.

Método de cultivo	Densidad de siembra	Producción	Referencia
Raíz desnuda en surcos, 1 savia	20-30 g m ⁻²	80 plantas m ⁻²	
Raíz desnuda en eras, 1 savia	60-90 g m ⁻²	300 plantas m ⁻²	Suszka <i>et al.</i> (1994)
Raíz desnuda, 2 savias	40-60 semillas viables m ⁻²	30-50 plantas m ⁻²	
En cajas con turba fertilizada, bajo plástico	160-200 semillas viables m ⁻²	80 plantas m ⁻²	
Raíz desnuda en surcos	100 semillas m	60-75%	Catalán (1991)

Las plantas más adecuadas son de una o dos savias. En el caso del fresno es muy importante que la raíz se repique, porque desde el segundo año desarrolla en profundidad una raíz pivotante. Es recomendable que la planta de una savia tenga al menos 25 cm (Armand, 1992), aunque (Maltoni *et al.*, 2010) indican que la altura más adecuada es de 40-50 cm con un sistema radical mayor de 40 cm, correctamente fasciculado. Como indicador de la calidad de la planta de dos savias, se puede seguir la recomendación de Calvo y D'Ambrosie (1995): altura por encima de 70 cm y diámetro en el cuello de la raíz mayor de 8 mm. Thompson *et al.* (2001) también indican que el diámetro del cuello debe ser superior a 7 mm y la altura a 60 cm, para asegurar un buen arraigo. El cultivo en alveolo requiere un volumen superior a 300 cm³ (Fig. 4). En España no hay establecidas normas específicas de calidad relativas a la planta de *F. excelsior*. Sí, en cambio, en Francia, las cuales se detallan en la Tabla 4.

Tabla 4. Valores de atributos morfológicos y, en su caso, volumen de contenedor establecidos por la normativa francesa para plantas de *Fraxinus excelsior* (Journal Officiel de la République Française; Arrêté du 29 novembre 2003).

Edad (saviás)		Altura (cm)	Diámetro mínimo del cuello de la raíz (mm)	Volumen mínimo del contenedor (cm ³)
Raíz desnuda	Contenedor			
1	1	15-25	4	200
2	2	25-40	5	200
2	2	40-55	6	400
3	3	55-70	7	400
4	4	≥70	9	400



Figura 4. Planta de dos savias de *Fraxinus excelsior* cultivada durante el primer año en alveolo de 300 cm³ y trasplantada a envase de 1 litro para su segundo año de cultivo (Foto: CNRGF El Serranillo).

4. Uso en repoblaciones y restauraciones

En España las plantaciones de fresno son escasas, aunque su uso en restauración de riberas es frecuente. Desde el año 1993, las plantaciones del Programa de Forestación de Tierras Agrarias financiado dentro de la PAC han incluido un porcentaje de cerca del 10% de especies acompañantes, destinadas a diversificar las plantaciones en las que *Pinus* y *Quercus* han sido las especies más empleadas. En ese porcentaje de plantas se ha incluido el fresno, aunque en los últimos años han aumentado los expedientes en los que las frondosas destinadas a la producción de madera de calidad son especies principales. En cualquier caso, el uso del fresno está muy alejado del nogal o del cerezo, especies más conocidas por los propietarios, a pesar de la objetiva calidad de su madera.

No hay estadísticas detalladas sobre el uso del fresno hasta 2005. A partir de este año se inicia el Sistema de Estadística Forestal (MARM, 2011), en el que se incluyen datos sobre

utilización del material forestal de reproducción y superficie repoblada con las distintas especies. Según esta fuente, en 2007 sólo se plantaron 8,21 ha con *F. excelsior*, pero este dato está claramente incompleto, según se observa en la Tabla 5. A la densidad habitual de plantación de 400-1.100 pies ha⁻¹, las cifras de plantas producidas significan unas 200 -630 ha año⁻¹. No obstante, hay que asumir que parte de estas plantas se destinan a la restauración de riberas y la densidad puede ser mayor.

Tabla 5. Estadísticas de recolección de semillas y producción de plantas de *Fraxinus excelsior* (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2011).

Año	Semillas (kg)	Plantas (nº)
2006	209,90	250.410
2007	228,90	254.160
2008	135,53	218.924

A pesar de que se ha empleado escasamente para la producción de madera, se ha podido comprobar la excelente aptitud del fresno para formar troncos cilíndricos y rectos, su elevado crecimiento y la facilidad para la poda (Santiago *et al.*, 2005). También destaca su crecimiento en estaciones bajo clima mediterráneo, siempre que exista suficiente compensación hídrica, extendiendo su potencialidad a numerosos terrenos agrícolas. La indiscutible calidad de su madera, la existencia de un mercado nacional e internacional y la posibilidad de emplear incluso piezas de pequeñas dimensiones hacen prever un uso creciente del fresno en las repoblaciones.

5. Planificación de la repoblación

Es una especie típica de la ribera y como tal se ha empleado en la restauración de cauces particularmente en el tercio norte peninsular. En menor medida, se ha utilizado en plantaciones lineales, en caminos y carreteras y es más reciente su utilización en la producción de madera de calidad.

Al igual que otras frondosas acompañantes del bosque eurosiberiano, el fresno tiene un rápido crecimiento inicial que le permite imponerse inicialmente a especies peor adaptadas a la competencia. De esta forma puede desarrollarse en los bordes de la masa forestal, en particular en las riberas. Por otra parte, el sistema radical se establece rápidamente y explora hasta un metro en el primer año (Thill, 1970). Por lo tanto, es importante que, aplicando preparación del suelo puntual, se remueva en torno a 60x60x100 cm para facilitar este explosivo crecimiento inicial de la raíz. La técnica más frecuente para preparar el terreno es el ahoyado con retroexcavadora. Es conveniente evitar el error de no drenar adecuadamente, porque si bien el fresno requiere humedad edáfica en su desarrollo, no tolera el encharcamiento, por lo que hay que preparar el suelo adecuadamente para que el agua no se estanque cerca de las plantas. El subsolado previo suele ser la mejor opción en este sentido. La recomendación general es plantar entre 600 y 800 pies ha⁻¹ (5x3, 5x2,5 ó 4x3 m); sin embargo existen fuentes semilleras de gran calidad que permiten rebajar este rango, sin bajar nunca de 400 pies ha⁻¹.

En España, las plantaciones puras de fresno son escasas, sin embargo esto no significa que se haya apostado por las plantaciones mixtas como alternativa productiva, más bien existe la tendencia de emplear el fresno junto con otras frondosas para enriquecer la diversidad florística. La mezcla de fresno con otras frondosas (roble, haya, cerezo, aliso...) se recomienda por parte de numerosos investigadores europeos, pero hay que distinguir las plantaciones en las que se emplean varias especies (plantaciones mixtas) de las plantaciones con acompañamiento, en las que el objetivo es que desde el principio se establezcan relaciones de competencia interespecífica. En estas situaciones, las especies heliófilas con capacidad para un gran crecimiento inicial, como el fresno, suelen salir beneficiadas, porque ocupan con ventaja una situación favorable en la lucha por la luz. Simultáneamente, el ambiente de mayor sombreado que genera la competencia por debajo de las copas, recrea las condiciones del bosque en las que se desarrollan de forma silvestre. Disminuye la competencia herbácea, la desecación del viento y del sol sobre el suelo, además de facilitar los procesos biogeoquímicos que se establecen tras la repoblación, en particular el reciclaje de nutrientes.

Sin embargo, en la práctica, las plantaciones de fresno con acompañamiento requieren una mayor inversión inicial y son más complicadas, por lo que hasta la fecha no se considera una alternativa técnica viable económicamente, y caen más bien en el campo de las restauraciones de ribera. Por otra parte, no todos los efectos son positivos, como en el caso de la mezcla con aliso cuando la densidad es excesiva.

La necesidad de eliminar la competencia herbácea está ampliamente documentada, así como el efecto positivo del acolchado y la tolerancia del fresno a ciertos herbicidas (Jinks, 1995; Willoughby *et al.*, 2006; Dostalek *et al.*, 2007). La otra labor necesaria es proteger al árbol del diente del ganado y otros herbívoros. Los fresnos proporcionan ramón de gran calidad, por lo que sin duda resultarán dañados si existe presencia de esta fauna. En el caso de que la plantación se oriente a la producción de madera, los árboles deben protegerse con tubos, mallas, etc. Como para otras frondosas con gran crecimiento en los primeros años, se deben evitar los tubos de efecto invernadero, sin aireación lateral o basal, para evitar el ahilamiento excesivo.

En cuanto a las podas en masas destinadas a la producción de madera de calidad, el fresno cuenta con una arquitectura muy favorable, con ramas delgadas, de inserción cercana a la horizontal y repartidas a lo largo del tronco. La peculiaridad de esta especie es la disposición opuesta de las yemas, y cierta tendencia a que la yema apical se hiele o se pierda por algún otro daño (insectos, hongos, desecación...). Para evitar que estos daños generen que las ramas opuestas generen horquillas, se debe podar en verde la rama de menor desarrollo, de forma que la más vigorosa recupere la dominancia. Estas podas de formación se extienden al menos durante los 7 primeros años. Como en el resto de especies, es más adecuado podar todos los años, pero se pueden concentrar al menos 3 actuaciones bienales (3º, 5º y 7º año). En primer lugar sobre todos los árboles, posteriormente sobre los 150-280 mejores. De forma orientativa, se puede iniciar la poda de calidad en el año 5, y con actuaciones anuales o bienales llegar hasta el año 9 - 11. Conviene podar inicialmente todos los seleccionados (150-280) y en la última intervención sólo los 50-70 mejores, reservados para la corta final.

Una interesante alternativa para el fresno es la plantación en sistemas agroselvícolas. La combinación de especies forestales y herbáceas permite optimizar el aprovechamiento del suelo a distintas profundidades, mantiene mayor humedad bajo la sombra de los árboles y combina la producción anual asociada al pasto con el beneficio a largo plazo de la madera. En un ensayo sobre diferentes sistemas de fertilización en la provincia de Lugo (Rigueiro-Rodríguez *et al.*, 2010) se describe la combinación de una plantación de fresno destinada a la producción de madera con la instalación de pasto. Además de comprobar la eficacia de algunos fertilizantes provenientes de lodos de depuradora, se observó la adecuada respuesta de los fresnos en cuanto a crecimiento en este tipo de cultivos. De forma tradicional se ha empleado el ramón para la alimentación del ganado, por lo que se considera adecuado plantar fresnos a gran espaciamiento para permitir el aprovechamiento del pasto, proteger del sol al ganado y complementar su alimentación con el uso del ramón, e incluso producir madera.

El fresno de montaña tiene un papel preferente en la restauración de riberas dentro de la región eurosiberiana. En los ríos de las montañas del tercio norte, los bosques de ribera no presentan una estratificación transversal tan marcada como en los cauces medios y



Figura 5. Repoblación de seis años de *Fraxinus excelsior* en Calatañazor, Soria (Foto: O. Cisneros).

bajos, por lo que es razonable emplear el fresno en mezcla más o menos estrecha con el resto de especies utilizadas en la restauración (aliso, álamo, avellano, abedul, etc.). Sin embargo, hay que tener en cuenta que el fresno no está especialmente adaptado al crecimiento en contacto directo con el agua, por lo que sobre suelos en los que el nivel freático está próximo a la superficie (zonas llanas, terrenos blandos, hondonadas, etc.) es más razonable plantarlo tras el aliso o los sauces, incluso tras los abedules o el álamo temblón. Cuando el cauce está encajado y existe suficiente desnivel entre el suelo y el nivel freático, el fresno puede ocupar la primera línea de la restauración. La preparación del terreno debería abarcar el primer metro o al menos los primeros 60 cm, mediante una remoción puntual con retroexcavadora. La siembra con semillas pretratadas no parece ser una buena opción, porque el estrato herbáceo se establece con rapidez y no se puede asegurar un porcentaje adecuado de éxito. Los plantones de una o dos savias son una buena opción, porque permiten un arraigo rápido y se evita el riesgo de desecación habitual en las plantas de más de tres savias. Hay que insistir en que el fresno habitualmente no se planta en contacto con la capa freática, por lo que no es recomendable utilizar plantones grandes. La distancia entre plantas puede reducirse hasta 1 m sin que existan problemas de competencia, según los resultados de Kerr (2003). Además de mezclarse con las especies arbóreas citadas, en la restauración de riberas del norte peninsular, el fresno podría aparecer junto a la mayoría de árboles y arbustos que conforman el bosque eurosiberiano (arces, robles, serbales, castaño, avellano, perales, etc.), debido a que estas especies están adaptadas en mayor o menor medida a las condiciones de humedad de la proximidad de los ríos y pueden ocupar posiciones en sus inmediaciones (Blanco *et al.*, 1997).

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. 117-120.
- ARMAND G., 1992. Techniques de plantation des feuillus précieux: caractéristiques des plants de merisier, frêne et érable sycomore. Rev. For. Franç. XLIV, 66-70.
- 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.
- CAB I., 2000. Forestry Compendium. Global Module. Wallingford, CAB International.
- CAHALAN C.M., JINKS R.L., 1992. Vegetative propagation of clones of ash (*Fraxinus excelsior* L.), sycamore (*Acer pseudoplatanus* L.) and sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.) in Britain. AFOCEL and IUFRO (International Union of Forest Research Organizations), 1992. Mass production technology for genetically improved fast growing forest tree species. pp. 371-378.
- CALVO E., D'AMBROSIE E., 1995. Proposte di standard di idoneità culturale per il postime vivaistico di alcune latifoglie nobili. Monti e Boschi 47, 22-24.
- CATALÁN G., 1991. Semillas de árboles y arbustos forestales. Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid. pp. 209-211.
- CEMAGREF (Centre National du Maquinisme Agricole du Genie Rural des Eaux et des Forets), 1982. Les Semences Forestières. Note Technique 48.

- DOSTALEK J., WEBER M., MATULA S., FRANTIK T., 2007. Forest stand restoration in the agricultural landscape: The effect of different methods of planting establishment. *Ecol. Eng.* 29, 77-86.
- FRAXIGEN, 2005. Ash species in Europe: biological characteristics and practical guidelines for sustainable use. Oxford Forestry Institute, University of Oxford, Oxford, Reino Unido.
- GRADI A., 1989. *Vivaistica Forestale*. Edagricole, Bologna.
- HAMMATT N., RIDOUT M.S., 2011. Micropropagation of common ash (*Fraxinus excelsior*). *Plant Cell Tiss. Organ Cult.* 13, 67-74.
- HEUERTZ M., FINESCHI S., ANZIDEI M., PASTORELLI R., SALVINI D., PAULE L., FRASCARIA-LACOSTE N., HARDY O.J., VEKEMANS X., VENDRAMIN G.G., 2004 a. Chloroplast DNA variation and postglacial recolonization of common ash (*Fraxinus excelsior* L.) in Europe. *Molec. Ecol.* 13, 3437-3452.
- HEUERTZ M., HAUSMAN J.F., HARDY O.J., VENDRAMIN G.G., FRASCARIA-LACOSTE N., VEKEMANS X., 2004 b. Nuclear microsatellites reveal contrasting patterns of genetic structure between western and southeastern European populations of the common ash (*Fraxinus excelsior* L.). *Evolution* 58, 976-988.
- ISTA (International Seed Testing Association), 2011. International rules for seed testing. Edition 2011. ISTA, Bassersdorf, Switzerland.
- JINKS R.L., 1995. The effects of propagation environment on the rooting of leafy cuttings of ash (*Fraxinus excelsior* L.), sycamore (*Acer pseudoplatanus* L.), and sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.). *New For.* 10, 183-195.
- KERR G., 2003. Effects of spacing on the early growth of planted *Fraxinus excelsior* L. *Can. J. For. Res.* 33, 1196-1207.
- KERR G., CAHALAN C., 2004. A review of site factors affecting the early growth of ash (*Fraxinus excelsior* L.). *For. Ecol. Manage.* 188, 225-234.
- KILBRIDE C., 2000. Soil and site indicators for the production of high quality ash (*Fraxinus excelsior* L.). COFORD, Dublín.
- LÓPEZ GONZÁLEZ G.A., 2001. Los árboles y arbustos de la Península Ibérica e Islas Baleares. Tomo II. Ed. Mundi-Prensa, Madrid. pp. 1272-1274.
- MALTONI A., MARIOTTI B., TANI A., JACOBS D.F., 2010. Relation of *Fraxinus excelsior* seedling morphology to growth and root proliferation during field establishment. *Scan. J. For. Res.* 25, 60-67.
- MARM (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino), 2005-2008. Estadísticas Forestales. [en línea] Disponible en: http://www.mma.es/portal/secciones/biodiversidad/montes_politica_forestal/estadisticas_forestal/index.htm. [10 Feb, 2011].
- MODREGO M.P., CISNEROS O., 2008. Relación entre incremento diametral y parámetros ecológicos para *Fraxinus excelsior* L. en el noroeste de Castilla y León. *Actas de la II Reunión sobre Suelos Forestales. Cuad. Soc. Esp. Cienc. For.* 25, 301-308.
- OCAÑA L., CHAN J.L., ABOAL J., RODRÍGUEZ-NÚÑEZ L., 2009. Actuaciones en Mejora Genética Forestal de la Xunta de Galicia: Mejora de Materiales Forestales de Reproducción. En: *Actas del 5 Congreso Forestal Español*. [cd-rom]. (Sociedad Española de Ciencias Forestales, Junta de Castilla y León, eds.). Ávila. Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- PIOTTO B., 1992. Semi di alberi e arbusti in Italia: come e quando seminarli. Società Agricola e Forestale (Grupo ENCC), Roma.
- PLIÛRA A., HEUERTZ M., 2003. EUFORGEN Technical Guidelines for genetic conservation and use for common ash (*Fraxinus excelsior*). International Plant Genetic Resources Institute. Roma.
- RAQUIN C., JUNG-MULLER B., DUFOUR J., FRASCARIA-LACOSTE N., 2002. Rapid seedling obtaining from European ash species *Fraxinus excelsior* (L.) and *Fraxinus angustifolia* (Vahl.). *Ann. For. Sci.* 59, 219-224.

- RIGUEIRO-RODRÍGUEZ A.A., FERREIRO-DOMINGUEZ N., MOSQUERA-LOSADA M.R., 2010. The effects of fertilization with anaerobic, composted and pelletized sewage sludge on soil, tree growth, pasture production and biodiversity in a silvopastoral system under ash (*Fraxinus excelsior* L.). Grass Forage Sci. 65, 248-259.
- RUIZ DE LA TORRE J., 2006. Flora Mayor. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Dirección General para la Biodiversidad, Madrid. pp. 1356-1359.
- SANTIAGO G., CISNEROS O., GARCÍA D., MODREGO P., HERNÁNDEZ A., MONTERO G., 2005. Crecimiento en ramas de *Fraxinus excelsior* L. en parcelas agrícolas excedentarias de la provincia de Soria. Recomendaciones de poda. Foresta 32, 64-73.
- SILVEIRA C.E., COTTIGNIES A., 1994. Period of harvest, sprouting ability of cuttings, and in vitro plant regeneration in *Fraxinus excelsior*. Can. J. Bot. 72, 261-267.
- SUSZKA B., MULLER C., BONNET-MASIMBERT M., 1994. Graines des feuillus forestiers. De la récolte au semis. INRA, Paris.
- THILL A., 1970. Le frêne et sa culture. Gembloux.
- THOMPSON D., HARRINGTON F., DOUGLAS G., HENNERTY M.J., NAKHSHAB N., LONG R., 2001. Vegetative propagation techniques for oak, ash, sycamore and spruce. COFORD, Dublin.
- WALLANDER E., 2008. Systematics of *Fraxinus* (*Oleaceae*) and evolution of dioecy. Plant Syst. Evol. 273, 25-49.
- WILLOUGHBY I., DIXON F.L., CLAY D.V., 2006. Dormant season vegetation management in broadleaved transplants and direct sown ash (*Fraxinus excelsior* L.) seedlings. For. Ecol. Manage. 222, 418-426.

Fraxinus ornus L.

Orno, fresno de flor, fresno florido; *cat.*: freixe de flor; *eusk.*: lizar lore dum

Antonio DEL CAMPO GARCÍA, Miguel VERDÚ DEL CAMPO, María Aránzazu PRADA SÁEZ

1. Descripción

1.1. Morfología

El fresno de flor es un árbol pequeño, con una altura media de 5 m en la Península Ibérica, aunque en otras zonas de su distribución puede llegar a medir hasta 20 m. Se trata de un árbol caducifolio, cuyas hojas brotan alrededor del mes de abril y caen en octubre. Su tronco es normalmente delgado y la corteza grisácea y lisa; las ramas son delgadas y muy flexibles. Las hojas, opuestas, están compuestas por 7-9 folíolos de 5-10 cm de longitud, con contorno ovoido-lanceolado, enteros en la base y dentados en la mitad superior. El color del limbo es verde claro en el haz y presenta pubescencia en los nervios del envés y los pecíolos.

1.2. Biología reproductiva

Las flores aparecen al mismo tiempo que las hojas. Son blanquecinas, hermafroditas o unisexuales (masculinas). Las flores están compuestas por 4 pétalos y 2 estambres, son blancas, pequeñas y están agrupadas en inflorescencias muy conspicuas, densas. La floración empieza en primavera entre los meses de marzo en las poblaciones más cálidas y mayo en las más frías. La polinización se define como ambófila, ya que tanto los insectos como el viento pueden ser vectores importantes. Las flores no producen néctar, pero atraen a una gran variedad de insectos (principalmente abejas y escarabajos), que acuden a coleccionar el polen. El fruto es una sámara linear-lanceolada de ápice truncado. Como es típico en el género *Fraxinus*, se trata de una especie vecera, que presenta enormes variaciones interanuales en la producción de flores y frutos. Esta característica hace que los años de gran producción de flores y frutos vayan seguidos de años sin floración. Los frutos maduran en otoño y son dispersados por el viento y también por el agua a lo largo de los ríos. La germinación de las semillas se produce en la primavera siguiente, a partir de finales de marzo, cuando el frío del invierno ha roto la latencia fisiológica.

La biología reproductiva de esta especie se conoce actualmente muy bien, aunque era desconocida hasta 1999 (Dommée *et al.*, 1999). Su sistema de reproducción es muy raro en la naturaleza y ha sido esclarecido en los últimos años debido al elevado número de investigaciones realizadas. Hasta esa fecha, la literatura botánica describía esta especie como hermafrodita, es decir, con flores con órganos reproductores masculinos y femeninos. Sin embargo, actualmente se sabe que sólo la mitad de los árboles de una población tiene flores hermafroditas, siendo la otra mitad poseedora de flores estrictamente masculinas (Verdú, 2004); de esta manera, las poblaciones están compuestas por pies masculinos y pies hermafroditas.



Figura 1. Frutos de *Fraxinus ornus*
(Foto: A. Prada).



Figura 2. Sámaras de *Fraxinus ornus*.

Mientras que los individuos masculinos sólo pueden reproducirse al actuar como padres, los hermafroditas pueden actuar como padres o como madres y también, a veces, pueden polinizarse a sí mismos. Esta asimetría plantea la paradoja de que los pies masculinos sólo pueden tener descendencia por una vía, en tanto que los hermafroditas lo pueden hacer por varias vías. Para compensar este desequilibrio es necesario que los primeros tengan más éxito como padres que los segundos. Para ello, los pies masculinos deben invertir mucho más en polen que los hermafroditas, de tal manera que acaparen la función masculina en la población.

Los estudios realizados han mostrado que, efectivamente, en las poblaciones analizadas durante varios años, los pies masculinos producen 1,8 veces más polen que los hermafroditas. Esto ocurre a pesar de que el tamaño de las anteras y de los granos de polen es similar en ambos sexos. Además, los individuos masculinos no solo producen más polen, sino que lo producen de mejor calidad. Los experimentos de polinizaciones controladas muestran que la producción de semillas con polen procedente de pies masculinos es el doble de la producción con polen de pies hermafroditas. Este resultado es concordante con los observados en las polinizaciones libres, sin intervención humana, ya que estudios de flujo génico realizados con marcadores moleculares muestran que las polinizaciones exitosas de los individuos masculinos duplican las de los hermafroditas (Verdú *et al.*, 2004). La calidad del polen masculino trasciende aun más, ya que al sembrar las semillas de las polinizaciones experimentales en condiciones controladas, empezó a evidenciarse de inmediato que las plantas cuyo parental masculino era unisexual crecían más que las que tenían a un hermafrodita como padre (Verdú *et al.*, 2004).

Una consecuencia importante de esta diferencia en la eficacia del polen según el tipo de flor es que las plantas provenientes de semillas producidas por autopolinización en un árbol hermafrodita serán menos aptas y, por tanto, excluidas competitivamente de la población por las plantas producidas a partir de la intervención de polen de pies masculinos. La relevancia de este proceso consiste en que las poblaciones del fresno de flor no tendrán problemas de depresión endogámica, a pesar de la capacidad de los pies hermafroditas para autofecundarse. Efectivamente, los estudios realizados con marcadores moleculares confirman que las tasas de consanguinidad en diferentes etapas de la vida (semillas, plántulas y árboles adultos) en esta especie son muy bajas (Verdú *et al.*, 2006).

Los polinizadores depositan, por lo general, la mayoría de su carga de polen en las flores de la misma madre y, por lo tanto, muchas de las semillas (en torno al 34%) de una determinada madre tienen el mismo padre. Por la misma razón, las semillas de diferentes madres no suelen compartir el mismo padre. El comportamiento de los polinizadores también permite que los granos de polen viajen a largas distancias. Aunque las distancias exactas de transporte del polen son desconocidas, un análisis de paternidad mediante marcadores moleculares mostró que la mayoría del polen viaja más de 20 m. Si bien el polen es capaz de dispersarse a grandes distancias, la dispersión de semillas es más limitada. Esto significa que los árboles cercanos están más estrechamente relacionados entre sí que los distantes. La relación de parentesco entre dos árboles disminuye drásticamente después de 30 metros, porque las semillas son raramente dispersadas a mayor distancia del pie madre.

1.3. Distribución y ecología

La distribución del fresno de flor es la más restringida de las tres especies europeas del género. Se encuentra mayoritariamente en el sur de Europa, aunque su área principal está en Italia (sobre todo en el sur y las islas del Mediterráneo), en Grecia, en las regiones kársticas de la Península de los Balcanes occidentales y en Turquía. Existen también poblaciones aisladas en el este de España, principalmente en la Comunidad Valenciana (FRAXIGEN, 2005).

Su hábitat es el de las umbrías de montaña, entre 200 y 1.500 m de altitud. Requiere un clima suave no extremadamente seco en verano y, preferentemente, terrenos calizos (López González, 2001). La sequía no afecta por igual a ambos sexos, ya que los hermafroditas utilizan mecanismos fisiológicos que los hacen más tolerantes a la falta de agua. En concreto, las tasas de fotosíntesis disminuyen con la sequía de manera más pronunciada en los pies masculinos que en los hermafroditas (Verdú, 2004).

Sus altas tasas de germinación, unidas a un rápido crecimiento, proporcionan a esta especie una gran habilidad para colonizar nuevos hábitats (Thébaud y Debussche, 1991). Otro rasgo importante que permite al fresno de flor persistir en zonas perturbadas es su capacidad de rebrotar después de la corta, el fuego o el ramoneo. Estas perturbaciones son muy frecuentes en su área de distribución natural. Su facultad para rebrotar, junto con su alta capacidad colonizadora, permite a esta especie ser dominante o codominante en la mayoría de sus hábitats (Verdú *et al.*, 2007). Desarrolla, además, un potente sistema radical con numerosas raíces laterales, que es capaz de prospectar en profundidad (Cornelini *et al.*, 2008).

2. Materiales forestales de reproducción

2.1. Marco normativo. Identificación de los materiales de reproducción

Fraxinus ornus no está regulado por la normativa estatal de comercialización de semillas, a diferencia de *F. angustifolia* y *F. excelsior*. En la Comunidad Valenciana, el fresno de flor está incluido en la normativa sobre materiales forestales de reproducción por el Decreto 15/2006, de tal manera que su producción y uso deben ajustarse a los preceptos

establecidos. En dicha región se promueve el uso de las procedencias locales con el fin de conservar los recursos genéticos de las poblaciones autóctonas. Las regiones de identificación donde se encuentran poblaciones naturales de esta especie se recogen en la Figura 3 (García del Barrio *et al.*, 2001).

Por otra parte, el fresno de flor está considerado en el País Vasco como especie “Rara” por la Orden de 10 de julio de 1998, en Castilla y León se la considera como “De atención preferente” (D. 63/2007) y como “Vulnerable” en Castilla-La Mancha (D. 200/2001), por lo que su uso debería ajustarse o no contravenir las disposiciones e iniciativas de protección (planes de manejo, limitaciones para la recolección, etc.).



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

En relación con la normativa de sanidad vegetal, los materiales de reproducción de las especies del género *Fraxinus* producidos en el ámbito de la Unión Europea no van acompañados por el pasaporte fitosanitario en su comercialización y tránsito. Sin embargo, la importación de vegetales (excepto semillas y vegetales en cultivo de tejidos) de cualquier especie de fresno procedente de ciertos países terceros debe cumplir con una serie de requisitos especiales fijados por la Directiva 2000/29/CE con el fin de evitar la introducción y proliferación en la Unión Europea del barrenador del fresno (*Agilus planipennis*).

2.2. Técnicas de manejo y propagación

2.2.1. Semillas

La recolección de las semillas se realiza a partir de octubre, cuando los frutos presentan un color pardo homogéneo. Sin embargo, como los frutos maduros se mantienen en el árbol durante mucho tiempo, se pueden cosechar hasta el mes de enero. La recolección se efectúa manualmente, accediendo al árbol mediante escaleras o acercando las ramas flexibles con la ayuda de ganchos. En días sin viento se puede acudir al vareo de las ramas, previo extendido de redes en el suelo. Las sámaras de los fresnos tienen gran contenido de humedad, por lo que, de no utilizarse de inmediato y con el fin de evitar el ataque de hongos, es conveniente secarlas rápidamente, extendiéndolas en finas capas en un lugar seco. Se recomienda retirar las ramillas y hojas en el momento de la recolección o antes de su oreo. No se suele desalar las sámaras. Para su conservación es necesario secar los frutos a la sombra hasta alcanzar un contenido de humedad entorno al 5% y almacenarlos en envases herméticos a baja temperatura (entre -4 y 4 °C).

Las semillas del fresno de flor, al igual que las del resto de las especies del género *Fraxinus*, presentan letargo fisiológico. Los frutos se siembran tras una estratificación de unos 20 °C seguida de otra a $1-4$ °C. El tiempo de tratamiento para ambas fases varía según autores: $8 + 12$ semanas (Bonner, 1974), $2-8$ (generalmente 3) + $8-15$ semanas (Piotto y DiNoi, 2001); $12 + 8$ semanas (Mac Cárthaig y Spethmann, 2000). En viveros, se puede efectuar la siembra en otoño con semillas sin tratar, produciéndose la germinación en la primavera siguiente (Tacos y Efthimiou, 2003). La germinación se ve favorecida por la alternancia de temperaturas entre 5 y 10 y 20 y 25 °C, imitando las condiciones de inicios de la primavera (Piotto, 1994; Piotto y Piccini, 2000). Estos mismos autores advierten que una temperatura constante de 20 °C puede inducir dormición secundaria; por ello, es conveniente evitar la siembra tardía.

La germinación del fresno de flor puede mejorarse si se aíslan los embriones y se cultivan *in vitro* (Arrillaga *et al.*, 1992 b), aunque esta técnica es relativamente costosa. En la Tabla 1 se ofrecen algunos datos relativos a lotes de semilla de *F. ornus*.

Tabla 1. Datos característicos de lotes de semillas de *Fraxinus ornus*.

Pureza (%)	Facultad germinativa (%)	Nº semillas kg ⁻¹	Referencia
98	80	36.000	Gradi (1989)
90-95	60-80	(52.200-55.500)	Catalán (1991)
		31.100-51.0001	García-Fayos (2001)
	60-80	36.000-50.000	Piotto y Di Noi (2001)
88-100	74-95	31.100-65.600	Banc de Llavors Forestals (Anexo II)
94-99	55-85	35.000-55.000	CNRGF <i>El Serranillo</i> (Anexo III)

Para caracterizar lotes comerciales de semillas de *F. ornus*, al igual que para el resto de las especies del género, las reglas ISTA (2011) establecen las siguientes condiciones: doble estratificación caliente - frío (20 °C durante 2 meses, seguido de 7 meses a 1-5 °C) y germinación en arena con una alternancia térmica diaria de 20-30 °C, según un ciclo de 16-8 horas, durante 56 días. Como alternativa para una disponibilidad más rápida de la estimación de la viabilidad se recomienda realizar un test de tetrazolio o, también, un ensayo de embriones escindidos.

2.2.2. Vegetativa

El fresno de flor no se suele multiplicar por métodos de propagación vegetativa. Arrillaga *et al.* (1992 a) han desarrollado un protocolo de propagación *in vitro* de ejemplares juveniles y adultos del fresno de flor, empleando segmentos nodales y ápices de tallos.

3. Producción de plantas

El fresno de flor puede producirse en viveros en un periodo vegetativo y, por lo tanto, las edades de una y dos savias son las más frecuentes. No se aconseja el cultivo de esta especie a raíz desnuda, tanto por su carácter accesorio y localizado en las repoblaciones (no se justificaría el posible ahorro en plantas a raíz desnuda) como por su hábitat montano, que hace inviable las plantaciones con plantas de grandes dimensiones en contacto con agua freática. En general, no es preciso contar con una infraestructura específica para su producción, ya que desde la misma siembra hasta la fase final de endurecimiento puede cultivarse en el exterior. Suele ser suficiente un calendario de cultivo del orden de 25-30 semanas en la mayoría de las situaciones (viveros ubicados en los pisos termo y mesomediterráneo). Las siembras suelen realizarse a principios de primavera, colocando dos o tres semillas por alveolo para garantizar una plena ocupación de las bandejas. El periodo de germinación puede dilatarse varios meses y, por ello, no conviene retrasar las siembras. Los envases más utilizados tienen volúmenes que oscilan entre 230 y 300 cm³, con densidades de cultivo de 250 a 400 plantas m⁻². En cuanto a la altura del alveolo, la gruesa raíz principal del fresno de flor hace aconsejable un mínimo de 15 cm. El sustrato para su cultivo debe ajustarse a las especificaciones generales para la producción de plantas forestales (Landis *et al.*, 1990). Es habitual emplear componentes de turba rubia y fibra de coco, enmendados con vermiculita al 5-10%. Dada su indiferencia edáfica, no es muy sensible a la elevación del pH con el agua de riego, por lo que el pH inicial del sustrato puede subir hasta el rango 6-7. Otros parámetros del sustrato que se deben vigilar son la porosidad de aireación (volumen de aire a 10 cm de columna de agua), que debe situarse en el 10-15%, y la salinidad, que debe estar por debajo de 1,5 mmhos cm⁻¹.

Tolera bien la insolación directa y, por lo tanto, no es necesario aplicar ningún tipo de sombreo. En todo caso, puede cultivarse en umbráculos con malla blanca de un 20% de sombreo. En su cultivo es mucho más importante mantener el sustrato en buenas condiciones de humectación, aplicando riegos con la frecuencia necesaria para tal fin (en función de la demanda atmosférica), más un porcentaje extra para lavar sales del cepellón (un 10-20%). En el periodo estival puede necesitar unos 30 mm de agua semanales (piso mesomediterráneo). La calidad del agua no suele ser determinante para el éxito de su cultivo, aunque debe mantenerse dentro de unos niveles mínimos (Landis *et al.*, 1989).

Aguas con pH de 8, concentración de bicarbonatos de 255 mg l⁻¹ y dureza de 25 °f (grados hidrotimétricos franceses) (Junta de Extremadura, 1992) son aptas para la producción de plantas de calidad (del Campo y Segura, 2009 a). La fertilización debe cuidarse desde el primer momento del cultivo, debiendo aplicarse en dosis medias a altas. Con frecuencia



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

se usan fertilizantes de liberación controlada lenta en el sustrato. En este caso, conviene emplear un compuesto del tipo 15-8-12, a dosis de 2,5-3,5 kg m⁻³. En fertirrigación, son adecuadas las aplicaciones semanales de macro y micronutrientes similares a las generales propuestas por Landis *et al.* (1989) para cada fase de cultivo. Una fertilización deficiente afecta principalmente al desarrollo en altura de la planta y disminuye notablemente sus concentraciones de nutrientes, lo que puede tener consecuencias en su calidad.

Los tratamientos fitosanitarios que se deben aplicar son principalmente de naturaleza preventiva, pues no suelen aparecer serios problemas de enfermedades. En algunos viveros, el cultivo de esta especie se lleva a cabo sin aplicación de fungicidas, aunque se recomienda los tratamientos 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 y en postemergencia con oxifluorfén a bajas dosis (1/4 de la recomendada) y a intervalos más frecuentes (semanales). Si son gramíneas, se puede emplear herbicidas selectivos

aplicados en postemergencia. Las escardas también son efectivas, siendo recomendables cada 6-8 semanas para eliminar las hierbas resistentes a los herbicidas.

Durante su cultivo en vivero, las plantas suelen presentar un crecimiento en altura concentrado sobre todo en la primera mitad del calendario de cultivo, mientras que el crecimiento radical (reflejado principalmente en el aumento de la base del tallo) se produce ininterrumpidamente durante todo el periodo (Fig. 5). La biomasa, tanto aérea como radical, aumenta también de manera progresiva a lo largo de todo el periodo de cultivo, con una ligera merma en el valor de la primera a partir de septiembre debido a la caída de las hojas (Fig. 6). Este hecho, unido al extraordinario desarrollo de su sistema radical, hace que el valor final del cociente biomasa aérea/biomasa radical se aproxime o baje de la unidad.

No hay referencias bibliográficas que indiquen cuáles son los parámetros de calidad de planta que propician una mejor respuesta del fresno de flor en campo. No obstante, existen algunos datos experimentales obtenidos en la provincia de Valencia (Tabla 2), donde es frecuente tanto su producción en vivero como su uso en restauraciones forestales (del Campo y Segura, 2009 a y b).

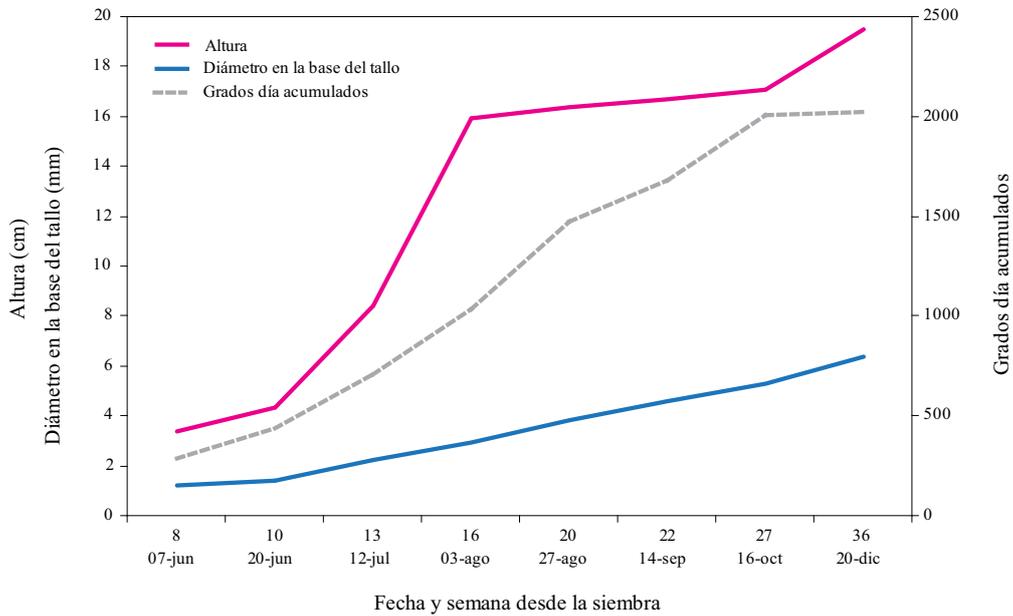


Figura 5. Evolución de la altura y el diámetro en la base del tallo de un lote estándar de *Fraxinus ornus* producido en el vivero de La Hunde (Ayora-Valencia) en función de su edad y la temperatura (temperatura base para el cálculo de los grados día: 7,5 °C) (del Campo y Segura, 2009 a).

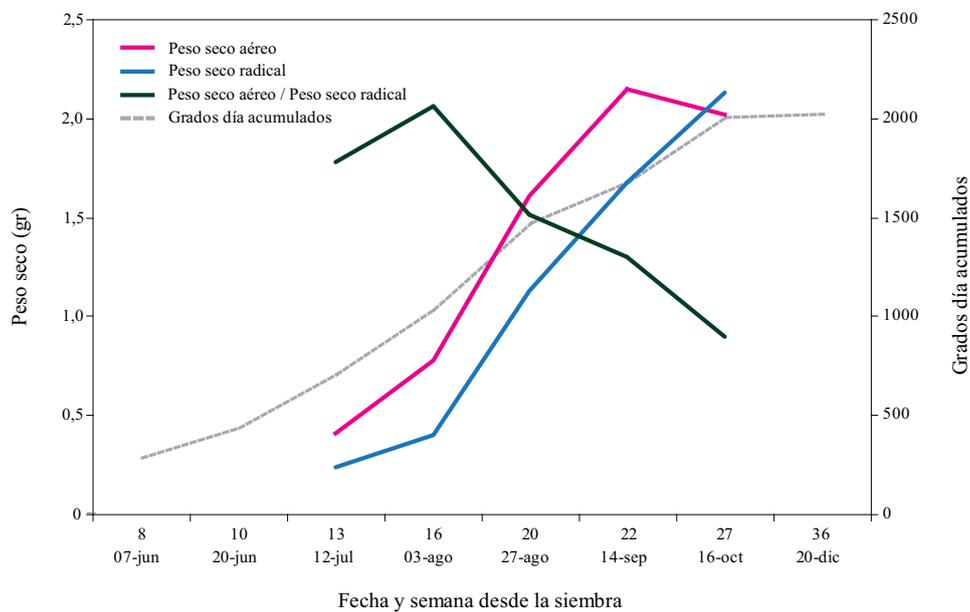


Figura 6. Evolución de la biomasa aérea, radical y de su relación de un lote estándar de *Fraxinus ornus* producido en el vivero de La Hunde (Ayora - Valencia) en función de su edad y la temperatura (temperatura base para el cálculo de los grados día: 7,5 °C) (del Campo y Segura, 2009 a).

Tabla 2. Valores de atributos morfológicos (media±desviación típica) para brinzales de *Fraxinus ornus* de una savia cultivados en contenedor.

Atributo	Valores de referencia
Atributos morfológicos	
Altura (cm)	15,4±6,4
Diámetro del cuello de la raíz (mm)	5,13±1,20
Peso seco aéreo - PA (g)	1,321±1,043
Peso seco radical - PR (g)	2,228±1,016
Peso seco total (g)	3,548±1,773
PA/PR	0,562±0,359
Esbeltez (cm mm ⁻¹)	2,76±0,39
Índice de Dickson - QI	1,184±0,555
Atributos fisiológicos	
N (%)	1,22±0,31
P (%)	0,12±0,02
K (%)	0,78±0,23
Ca (%)	1,00±0,29
Mg (%)	0,17±0,05
Fe (ppm)	75±9,9
Almidón - Tallo (%)	30,2
Azúcares solubles - Tallo (%)	19,6
Atributos de respuesta	
PRR ⁽¹⁾ - Número de raíces >1 cm de longitud	1,3±1,74
PRR - Peso seco de raíces nuevas (g)	0,002±0,001

⁽¹⁾ Potencial de regeneración radical; realizado en condiciones óptimas de crecimiento durante 20 días.

4. Uso en repoblaciones y restauraciones

El fresno de flor no es una especie que se haya utilizado con frecuencia en repoblaciones forestales, ya que su uso ha estado tradicionalmente orientado a la jardinería y el paisajismo. No obstante, como ocurre en la mayoría de las especies consideradas accesorias o secundarias, su presencia en los trabajos de forestación se ha incrementado considerablemente a partir de los años 1990.

Las principales actuaciones de repoblación se han concentrado en su área de distribución natural y, dentro de ésta, en las estaciones cuyas condiciones le son propicias, aunque también tiene un comportamiento satisfactorio en otras zonas. En la Comunidad Valenciana, el uso de la especie se ha incrementado en los últimos años, tanto en repoblaciones convencionales como en repoblaciones bajo cubierta (Alloza, 2003; del Campo y Segura, 2009 a y b). En el primer caso, su empleo suele restringirse a zonas protegidas, como umbrías, márgenes de barrancos y cauces, etc. En el segundo caso, se ha utilizado de forma más extensiva dentro de la masa, formando bosquetes o bien salpicado.

No obstante, su inclusión en repoblaciones sigue siendo minoritaria, con una participación inferior al 1% del total de plantas empleadas (datos relativos a repoblaciones forestales ejecutadas en la provincia de Valencia entre los años 2006 y 2009).

En cualquier caso, se trata de una especie con un excelente comportamiento en campo, que alcanza tasas de supervivencia casi plenas al cabo del primer año de plantación (del Campo García *et al.*, 2008 b; Flors, 2008; del Campo y Segura, 2009 a; Aparicio Navarro, 2010). En años posteriores la mortalidad puede crecer, aunque en algunos ensayos donde se ha introducido la especie en condiciones de estación muy desfavorables (Muzzi y Fabbri, 2007) las tasas de supervivencia a los 10 años fueron superiores al 80%. En ensayos comparativos con otros taxones, el fresno de flor mostró tasas de supervivencia al cabo del primer año superiores a las de especies tradicionales como la carrasca, el quejigo, el pino carrasco o el pino rodeno (Flors, 2008; Aparicio Navarro, 2010). Se han obtenido datos similares en muestreos de repoblaciones forestales llevadas a cabo en la provincia de Valencia entre los años 2006 y 2009 (del Campo y Segura, 2009 a); en estos casos, el fresno de flor y el fresno de hoja estrecha han sido los taxones que mayores tasas de supervivencia han presentado, de un total de 25 especies entre accesorias y principales. En cuanto a su crecimiento tras la plantación, presenta valores medios, con un desarrollo del tallo y la parte aérea más pronunciado durante la primavera (Flors, 2008). En condiciones adversas de estación, puede superar los 130 cm de altura tras 10 años en campo (Muzzi y Fabbri, 2007).

5. Planificación de la repoblación

Dado su carácter localizado en las repoblaciones, las labores, tanto de desbroce como de preparación del terreno propiamente dicha, se realizan de forma puntual. El desbroce es recomendable en la mayoría de las situaciones, ya que la estación habitual de la especie suele presentar densidad y cobertura de vegetación abundantes. En terrenos de poca pendiente y difícil acceso (por ejemplo, en enriquecimiento en el interior de una masa adulta), la intervención suele hacerse con una minirretroexcavadora, aunando desbroce y preparación. En terrenos con mayor pendiente o pedregosidad se recomienda realizar preparaciones con retroaraña debido a su menor impacto en estos emplazamientos frágiles (zonas de concentración de escorrentías, presencia de matorral noble y especies singulares, etc.). No obstante, en buenas condiciones de sitio, un gradeo y un ahoyado pueden ser suficientes como preparación del terreno (del Campo García *et al.*, 2008 b). En condiciones de competencia favorable por luz y humedad edáfica, las plantas pueden tener crecimientos anuales de unos 50-70 cm, por lo que el desbroce debe ser lo suficientemente intenso como para que las plantas estén libres de competencia, al menos en el primer año de establecimiento.

Los datos disponibles de calidad de las plantas (alta concentración de carbohidratos no estructurales y bajos valores en el test del potencial de regeneración radical) hacen pensar que se trata de una especie con muy baja actividad vegetativa en el período de plantación, lo que permite concluir que la ventana de plantación tiene un rango relativamente amplio. En las fuentes consultadas (del Campo y Segura, 2009 a y b) la plantación se ha realizado entre enero y febrero con excelentes resultados de arraigo.

Como ya se ha indicado, la disposición usual de la especie es en rodales de pequeño tamaño y forma irregular, de modo que, en la mayoría de los casos, se parte de una densidad deseada y las plantas se distribuyen intentando aproximarse a un marco real, rectangular o al tresbolillo. Las densidades de las plantaciones donde se incluye esta especie suelen ser de medias a bajas, menores de 700 pies ha⁻¹, aunque la densidad real de la especie en repoblaciones mixtas puede bajar hasta valores de 100-300 pies ha⁻¹.

El empleo de tubos protectores en repoblaciones se ha convertido en una práctica cada vez más frecuente en ámbitos estacionales mediterráneos no necesariamente semiáridos. En el caso del fresno, especie considerada higrófila, el uso de los protectores no ha sido una excepción y su empleo se realiza en la práctica totalidad de las situaciones. Sin embargo, los resultados experimentales (del Campo García *et al.*, 2008 b) indican que el tubo ventilado no afecta significativamente a la supervivencia, aunque sí lo hace al crecimiento en diámetro (menor en las plantas con tubo) y a la altura (mayor en las plantas con tubo). Pese a que este patrón alométrico inducido por el tubo podría considerarse como desfavorable, el trabajo de Flors (2008) muestra que la eficiencia fotoquímica en plantas, con tubo ventilado o sin él, no varía ni en el periodo vegetativo primaveral ni en el periodo de estrés hídrico o estival. Estos resultados resaltan la conveniencia del uso de tubos en circunstancias donde la depredación o la competencia de malas hierbas puedan suponer una amenaza para la repoblación. Aunque teóricamente positiva, no parece que esta especie necesite la aplicación de riegos de establecimiento, dado su alto potencial de arraigo. Igualmente, el uso de hidrogeles u otros enmendantes del suelo tampoco parecen recomendables, especialmente en suelos francos o arcillosos (del Campo García *et al.*, 2008 a).



Figura 7. Ejemplar de *Fraxinus ornus* tras cuatro años en campo, plantado en terrenos ocupados anteriormente por edificaciones (Guadalajara) (Foto: J.L. Nicolás).

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.
- APARICIO NAVARRO A.I., 2010. Estudio de una repoblación forestal en La Muela de Cortes (Valencia): análisis y evaluación de los resultados al año de plantación. Trabajo Profesional fin de Carrera. ETSIA. Universidad Politécnica de Valencia.
- ARRILLAGA I., LERMA V., SEGURA J., 1992 a. Micropropagation of juvenile and adult flowering ash. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 117, 346-350.
- ARRILLAGA I., MARZO T., SEGURA J., 1992 b. Embryo culture of *Fraxinus ornus* and *Sorbus domestica* removes seed dormancy. Hort. Sci. 27, 371.
- BONNER F.T., 1974. *Fraxinus* L. En: Seeds of woody plants in the United States. (Schopmeyer C.S., ed.). United States Department of Agriculture, Forest Service, Agriculture Handbook 450, Washington. pp. 411-416.
- 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. 209-211.
- CORNELINI P., FEDERICO C., PIRRERA G., 2008. Arbusti autoctoni mediterranei per l'ingegneria naturalistica. Primo contributo alla morfometria degli apparati radicali. Azienda Regionale Foreste Siciliana, Collana Sicilia Foreste 40.
- DEL CAMPO A., SEGURA G., 2009 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 V3009V40, V41, V42 y V59. Informe final. Universidad Politécnica de Valencia y Consellería de Medio Ambiente, Agua, Urbanismo y Vivienda, GVA. Inédito.
- DEL CAMPO GARCÍA A.D., AGUILELLA SEGURA A., LIDÓN CERZUELA A., SEGURA ORENGA 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 GARCÍA A.D., NAVARRO CERRILLO R.M., AGUILELLA SEGURA A., FLORS VILLAVERDE 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.
- DEL CAMPO A.D., SEGURA G., HERMOSO J., ROLDÁN M., BUTLER F., CURRÁS R., MARZO A., GARCÍA R., NAVARRO R., 2009. Los controles de calidad integrales en repoblaciones forestales como herramienta para mejorar la técnica repobladora. En: Actas del 5 Congreso Forestal Español. [cd-rom]. (Sociedad Española de Ciencias Forestales, Junta de Castilla y León, eds.). Ávila. Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- DOMMÉE B., GESLOT A., THOMPSON J.D., REILLE M., DENELLE N., 1999. Androdioecy in the entomophilous tree *Fraxinus ornus* (*Oleaceae*). New Phytol. 143, 419-426.
- FLORS VILLAVERDE J., 2008. Estudio del efecto de distintos tratamientos culturales (tubos protectores e hidrogeles) y de fertilización potásica en el establecimiento de brinzales forestales. Trabajo Profesional Fin de Carrera. ETSIA. Universidad Politécnica de Valencia.
- FRAXIGEN, 2005. Ash species in Europe: biological characteristics and practical guidelines for sustainable use. Oxford Forestry Institute, University of Oxford, Oxford.
- 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.19.

- JUNTA DE EXTREMADURA, 1992. Interpretación de análisis de suelo, foliar y agua de riego. Consejo de abonado (normas básicas). Ed. Mundi-Prensa, Madrid.
- 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. 1275-1277.
- MAC CÁRTHAIGH D., SPETHMANN W., 2000. Krüssmanns Gehölzvermehrung. Parey Buchverlag, Berlin.
- MUZZI E., FABBRI T., 2007. Revegetation of mineral clay soils: shrub and tree species compared. Land Degrad. Dev. 18, 441-451.
- PIOTTO B., 1994. Effects of temperature on germination of stratified seeds of three ash species. Seed Sci. Technol. 22, 519-529.
- PIOTTO B., PICCINI C., 2000. Dormienza, germinazione e conservazione dei semi dei frassini spontanei in Italia. Sherwood 52, 19-23.
- PIOTTO B., DI NOI A. (eds.), 2001. Propagazione per seme di alberi e arbusti della flora mediterranea. ANPA, Roma.
- TAKOS I.A., EFTHIMIOU G.S., 2003. Germination results on dormant seeds of fifteen tree species autumn sown in a Northern Greek nursery. Silvae Genet. 52, 67-71.
- THÉBAUD C., DEBUSSCHE M., 1991. Rapid invasion of *Fraxinus ornus* L. along the Hérault river system in southern France: the importance of seed dispersal by water. J. Biogeogr. 18, 7-12.
- VERDÚ M., 2004. Physiological and reproductive differences between hermaphrodites and males in the androdioecious plant *Fraxinus ornus*. Oikos 105, 239-246.
- VERDÚ M., MONTILLA A.I., PANNELL J.R., 2004. Paternal effects on functional gender account for cryptic dioecy in a perennial plant. En: Proceedings of the Royal Society of London, B 271, 2017-2023.
- VERDÚ M., GONZÁLEZ-MARTÍNEZ S.V., MONTILLA A.I., MATEU I., PANNELL J.R., 2006. Ovule discounting in an outcrossing, cryptically dioecious tree. Evolution 60, 2056-2063.
- VERDÚ M., SPANOS K., CANOVA I., SLOBODNIK B., PAULE L., 2007. Similar gender dimorphism in the costs of reproduction across the geographic range of *Fraxinus ornus*. Ann. Bot. 99, 183-191.

Genista umbellata (L'Hér.) Dum. Cours.

Bolina

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

1. Descripción

1.1. Morfología

Genista umbellata es una mata sin espinas que llega a alcanzar 1,5 m de altura, muy ramificada desde la base y con las ramas erectas. Éstas presentan costillas en forma de T, muy juntas, separadas por estrechas estrías de fondo plano. Las hojas son unifoliadas y estipuladas, excepto las inferiores de las plantas jóvenes, que son trifoliadas. Los foliolos son generalmente lineares u oblanceolados. Las estípulas presentan tres costillas confluentes en el ápice. Con el tiempo las hojas caen, persistiendo su base y las estípulas, que en esta especie forman un conjunto muy desarrollado (Talavera, 1999).

1.2. Biología reproductiva

La bolina florece de manera abundante. Las inflorescencias, en capítulo al final de los tallos, están formadas por 5 a 30 flores con cáliz campanulado y bilabiado, corola amarilla papilionácea y marcescente, antera con 10 estambres y ovario con 3 a 6 óvulos (Talavera, 1999). Los óvulos, ubicados en posición basal en el estigma, no siempre dan lugar a semillas, obteniéndose una proporción cercana al 50% entre el número de semillas producidas y el número de óvulos (Herrera, 1999). Las legumbres son dehiscentes, pelosas, con tonalidades negruzcas y rojizas, miden de 8 a 24 mm de longitud y contienen generalmente de 2 a 4 semillas. Éstas son de color verde-amarillento con manchas o líneas negras concéntricas, miden aproximadamente 2,5 x 2 mm y tienen sección subcuadrangular (Talavera, 1999; López *et al.*, 2000). Florece en los meses de abril y mayo (Talavera, 1999; Pérez Latorre y Cabezudo, 2002). Aunque no produce néctar, la polinización es realizada por insectos (Herrera, 1985; López *et al.*, 1999). La fructificación de la bolina es abundante y tiene lugar en verano (Herrera, 1999). En su madurez, las legumbres se abren expulsando las semillas que caen próximas a la planta madre.

1.3. Distribución y ecología

La distribución de *G. umbellata* se reduce al norte de Marruecos y de Argelia y a España. En España se localiza en el sudeste, en zonas del litoral y sublitoral entre Valencia y Cádiz, adentrándose en Albacete, Córdoba, Sevilla y Badajoz (Talavera, 1999). Se reconoce *G. umbellata* subsp. *equisetiformis*, que se diferencia del taxón típico por el indumento de las flores, el tamaño de las inflorescencias y la forma de las bracteolas. Esta subespecie sería endémica de la Península Ibérica e incluiría las poblaciones españolas comprendidas entre el oeste de Almería y el límite de su distribución occidental (Talavera, 1999).



Figura 1. Frutos de *Genista umbellata*
(Foto: E. Laguna).



Figura 2. Semillas de *Genista umbellata*.

Genista umbellata es una especie adaptada a vivir en condiciones de aridez acusada y a soportar un amplio rango de temperaturas, resistiendo incluso las heladas. Vive desde el nivel del mar hasta una altitud de 2.000 m. Es una especie frugal, indiferente a las características del sustrato. Se encuentra en calizas, en mezcla con matorrales esclerófilos o como cortejo de formaciones de *Tetraclinis articulata* o de bosques de quercíneas (principalmente de *Quercus ilex*), en taludes margosos y esquistosos, vegetando incluso en yesos, grietas de rocas, karsts y gleras (Talavera, 1999; Ruiz de la Torre, 2006).

2. Materiales forestales de reproducción

2.1. Marco normativo. Identificación de los materiales de reproducción

Se recomienda el empleo de materiales de la misma región biogeográfica en la que se va a efectuar su plantación; así se evita la transferencia de materiales entre zonas muy distantes y se promueve la conservación de los recursos genéticos de las poblaciones locales, máxime teniendo en cuenta las diferencias morfológicas observadas entre poblaciones de diferentes ámbitos geográficos. Como orientación para la elección de la procedencia de los materiales, se puede emplear el sistema de división del territorio establecido por García del Barrio *et al.* (2001).

Genista umbellata subsp. *umbellata* está catalogada en la Comunidad Valenciana con la categoría de especie “Vulnerable”, por el Decreto 70/2009, por lo que su uso en este territorio debe estar supeditado a su plan de conservación.

2.2. Técnicas de manejo y propagación

2.2.1. Semillas

La fructificación de la bolina suele ser abundante. Es necesario efectuar la recolección antes de que las legumbres se abran al tacto, para no perder la cosecha. Ésta se efectúa manualmente, por ordeño o vareo de las matas. Las semillas se extraen del fruto, tras su secado, mediante trillado o golpeado, y se separan por cribado y aventado. Para su conservación segura durante varios años, el secado de las semillas debe reducir el contenido de humedad hasta el 5%, envasándose en recipientes herméticos que se



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

mantienen a una temperatura de 4 °C, si bien es posible su almacenaje al exterior en lugares frescos y secos.

El método generalmente recomendado para estimular la germinación de diferentes especies de *Genista* es el de su escarificación, con el objetivo de reducir la impermeabilidad de la cubierta de sus semillas. Para otros congéneres se recomienda la escarificación mecánica o la aplicación de ácido sulfúrico concentrado (96%), con tiempos que oscilan entre los 20 y los 60 minutos (Ayerbe y Ceresuela, 1982; Riera *et al.*, 1997; Piotto y Di Noi, 2001). También se sugiere la inmersión de las semillas en agua caliente, dejándolas sumergidas durante 12-24 horas mientras el agua se va enfriando (García *et al.*, 1998; Bacchetta *et al.*, 2008). García *et al.* (1998) obtienen resultados aceptables de germinación (70%) en *G. umbellata* mediante su tratamiento con ácido sulfúrico al 80% durante 20 minutos. Sin embargo, según Moreira *et al.* (2010), las semillas de esta especie tienen la cubierta permeable y un 75% del lote empleado en su ensayo germina sin dificultad, sin tratamientos previos, a 20 °C. Estos mismos autores logran aumentar el porcentaje de germinación al aplicar previamente un choque térmico de 120 ó 150 °C durante 5 minutos, reflejo de la adaptación de esta especie al fuego.

Las semillas tienen germinación epigea. Las plántulas presentan los cotiledones elipsoidales y las hojas primordiales ligeramente elípticas.

Tabla 1. Datos característicos de lotes de semillas de *Genista umbellata*.

Rendimiento semilla/fruto (% en peso)	Pureza (%)	Facultad germinativa (%)	Nº semillas kg ⁻¹	Referencia
	95	94-98	150.000-325.000	Catalán (1991) ⁽¹⁾
15	100	98	245.000	Navarro-Cerrillo y Gálvez (2001)
			300.000	Piotto y Di Noi (2001) ⁽¹⁾
	95-99		(297.600)	CNRGF <i>El Serranillo</i> (Anexo III)

⁽¹⁾ Datos referidos a *Genista* spp.

2.2.2. Vegetativa

Según Catalán (1991), las genistas pueden propagarse mediante esquejes recolectados en la segunda quincena de agosto. Mac Cárthaigh y Spethmann (2000) recomiendan, para otras especies del género, el estaquillado de material recolectado entre marzo y abril o entre julio y septiembre, con la aplicación de ácido indolbutírico (AIB) al 0,5%.

3. Producción de plantas

Genista umbellata presenta un gran interés para la restauración de áreas críticas y ello implica que su cultivo en vivero sea cada vez más frecuente. La siembra en vivero se hace en primavera, con semillas tratadas. Esta siembra se puede realizar bien directamente en



Figura 4. Brinzal de una savia de *Genista umbellata* antes de su plantación en campo (Foto: F. Padilla).

en envases forestales, bien en bandejas de germinación (Padilla *et al.*, 2009 a). Dado que su germinación es buena, en términos generales, se recomienda la colocación de sólo unas pocas semillas por envase forestal. La siembra en bandejas de germinación se puede realizar sobre vermiculita de grano grueso, para favorecer la aireación y mantener la humedad del sustrato.

Las plántulas se deben transferir con mucho cuidado al envase forestal definitivo, cuando los cotiledones hayan emergido de las semillas, normalmente a las tres semanas de efectuada la siembra. Si bien las características de esta especie permiten el cultivo en envase forestal de 200-300 cm³ con tierra vegetal, obteniéndose plantas con un tamaño final de 7-15 cm de altura (Navarro-Cerrillo y Gálvez, 2001; Padilla *et al.*, 2009 a), se recomienda el empleo de envases forestales del mayor volumen posible para permitir un mayor desarrollo radical. Aunque la plantación en campo resulta de fácil arraigo (Ruiz de la Torre, 1996; Padilla *et al.*, 2009 b), conviene que las plantas hayan pasado un periodo de endurecimiento previo en vivero antes de ser implantadas (Fig. 4).

4. Uso en repoblaciones y restauraciones

Esta especie es interesante para la instalación de una cubierta vegetal en áreas degradadas y como elemento para la diversificación del cortejo de especies en repoblaciones forestales del género *Pinus* (Carreras, 2006). Su empleo en nuestros días es cada vez más frecuente. Es especialmente recomendable su uso en zonas áridas, ya que su resistencia a la sequía y a las altas intensidades de luz la hacen idónea en estos ambientes exigentes donde otras especies no consiguen sobrevivir (Padilla *et al.*, 2004; Padilla *et al.*, 2009 b). Otras ventajas que hacen interesante su uso en restauraciones son su rápido crecimiento y su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico, que contribuyen a mejorar los suelos al reducir las tasas de erosión y escorrentía (Durán Zuazo *et al.*, 2006) e incrementar su fertilidad (Rodríguez Pleguezuelo *et al.*, 2009). Además, se ha constatado la floración de los ejemplares a los pocos años de su implantación (Padilla *et al.*, 2009 b) y su rápida regeneración natural en las inmediaciones de las áreas de siembra o plantación (Carrera, 2006). De esta manera, las nuevas poblaciones que se introduzcan pueden constituir una fuente local de propágulos.

5. Planificación de la repoblación

Las plantas de bolina con cepellón son de fácil asentamiento y enraizamiento (Navarro-Cerrillo y Gálvez, 2001; Padilla *et al.*, 2004). En una plantación de brinzales con cepellón, protegidos con malla cinegética de 8 mm de luz, en parcelas montañosas del este de la provincia de Alicante preparadas con subsolado lineal doble, se obtuvo una supervivencia



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

del 80% (Padilla *et al.*, 2004). En esa misma zona, Padilla *et al.* (2009 b) encontraron supervivencias cercanas al 50% tras 3 años en campo para individuos protegidos de manera simple, con ramas y follaje de matorrales. Esta supervivencia ascendió a casi el 100% cuando los plantones habían recibido riegos de establecimiento los dos primeros veranos (Fig. 5).

Dado el carácter heliófilo de *G. umbellata*, el empleo de protectores que proporcionen demasiada sombra al brinzal, del tipo tubo invernadero, puede ser perjudicial. Probablemente, lo más recomendable para la protección de las plantas jóvenes frente a herbívoros sean los protectores de rejilla o el empleo de broza y ramas de matorral. En zonas con riesgo de heladas es preferible el trasplante de los plantones con cepellón al finalizar el invierno, en febrero. No obstante, en zonas sin heladas puede ser conveniente considerar el trasplante en otoño, por ejemplo en octubre, con el fin de facilitar el arraigo, aprovechando las lluvias otoñales características de la vertiente mediterránea de la Península.

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 Ene, 2012].
- AYERBE L., CERESUELA J.L., 1982. Germinación de especies endémicas españolas. Anal. INIA Ser. For. 6, 17-41.
- 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.
- 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. 212-213.
- DURÁN V.H., FRANCIA J.R.F., RODRÍGUEZ PLEGUEZUELO C.R., MARTÍNEZ RAYA A., CÁRCELES B., 2006. Soil-erosion and runoff prevention by plant covers in a mountainous area (SE Spain): Implications for sustainable agriculture. Environmentalist 26, 309-319.
- GARCÍA M.L., SCHWARZER H., CUETO M., PÉREZ PARRA J., GUIRADO J., MOLINA A., 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.
- HERRERA J., 1985. Nectar secretion patterns in southern Spanish Mediterranean scrublands. Israel J. Bot. 34, 47-58.
- HERRERA J., 1999. Fecundity above the species level: ovule number and brood size in the *Genisteeae* (*Fabaceae: Papilionoideae*). Int. J. Plant Sci. 160, 887-896.
- LÓPEZ J., RODRÍGUEZ RIAÑO T., ORTEGA OLIVENCIA A., DEVESA J.A., RUIZ T., 1999. Pollination mechanisms and pollen-ovule ratios in some *Genisteeae* (*Fabaceae*) from Southwestern Europe. Plant Syst. Evol. 216, 23-47.

- LÓPEZ J., DEVESA J.A., ORTEGA OLIVENCIA A., RUIZ T., 2000. Production and morphology of fruit and seeds in *Genisteae* (*Fabaceae*) of South-west Spain. Bot. J. Linn. Soc. 132, 97-120.
- MAC CÁRTHAIGH D., SPETHMANN W., 2000. Krüssmanns Gehölzvermehrung. Parey Buchverlag, Berlin.
- MOREIRA B., TORMO J., ESTRELLES E., PAUSAS J.G., 2010. Disentangling the role of heat and smoke as germination cues in Mediterranean Basin flora. Ann. Bot. 105, 627-635.
- NAVARRO CERRILLO R.M., GÁLVEZ C., 2001. Manual de identificación y reproducción de semillas de especies vegetales autóctonas de Andalucía. Tomo I. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, Córdoba. pp. 174-176.
- 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.
- 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.
- PÉREZ LATORRE A.V., CABEZUDO B., 2002. Use of monocharacteristic growth forms and phenological phases to describe and differentiate plant communities in Mediterranean-type ecosystems. Plant Ecol. 161, 231-249.
- PIOTTO B., DI NOI A. (eds.), 2001. Propagazione per seme di alberi e arbusti della flora mediterranea. ANPA, Roma.
- RIERA J., ESTRUCH J., CUEVAS R., VERDÚ A.M., 1997. Étude des populations de *Genista scorpius* (L.) DC. et de leur capacité de resistance au feu dans une zone forestière et pastorale du Bergueda (Barcelone): Caractérisation et germination des graines. Lagasalia 19, 685-689.
- RODRÍGUEZ PLEGUEZUELO C.R., DURÁN V.H., MURIEL J.L., MARTÍN F.J., FRANCO D., 2009. Litter decomposition and nitrogen release in a sloping Mediterranean subtropical agroecosystem on the coast of Granada (SE, Spain): Effects of floristic and topographic alteration on the slope. Agric. Ecosyst. Environ. 134, 79-88.
- 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. 1049-1050.
- TALAVERA S., 1999. *Genista* 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. 45-119.

Halimium halimifolium (L.) Willk.

Jaguarzo blanco, jaguarzo hembra, saguarzo, monte blanco, blanquizarejo; *cat.*:
estepa d'arenal

Halimium atriplicifolium (Lam.) Spach

Jara blanca, jara del diablo, rosa saladilla, estepa, jaguarzo blanco

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

1. Descripción

1.1. Morfología

Los jaguarzos son especies del género *Halimium*, familia *Cistaceae*, representada por unas 200 especies.

El jaguarzo blanco forma matas o arbustos erectos de hasta 1,5(2) m de altura, con indumento de pelos estrellados y peltados. Las ramas jóvenes son plateadas, dándole a la especie un aspecto ceniciento, y las más viejas son pardas. Hojas opuestas, trinervadas, blanquecinas, planas; las de las ramas estériles pecioladas, aovado-oblongas; las de las ramas fértiles sentadas, lanceoladas opuestas en cruz, elípticas o lanceolado-espátuladas; suelen medir 1-4 cm de longitud y 5-20 mm de anchura (López González, 1982; Ruiz de la Torre, 2006).

La jara blanca es un arbusto de hasta 1,75 m de altura, ramificado, recto, con follaje blanco-plateado y ramillas pardo-rojizas. Hojas de las ramas estériles pecioladas, de limbo decurrente, de forma muy variable (aovadas, elípticas, romboideo-oval, etc.), densamente cubiertas por ambas caras de pelos estrellados, lo que confiere a la planta un aspecto blanquecino. Las hojas de las ramas fértiles sentadas, de 1-4 x 1-2 cm (López González, 1982; Ruiz de la Torre, 2006).

1.2. Biología reproductiva

El jaguarzo blanco presenta inflorescencias en cimas terminales, con abundantes pelos estrellados. Flores grandes, con pétalos de 1-1,5 cm, amarillo-dorados, con o sin manchas anaranjadas o pardas en la uña, que funcionan como guía de néctar para la polinización por insectos. El fruto del jaguarzo es una cápsula ovoidea, con pelos estrellados, de 4-8 mm, encerrada en el interior del cáliz que se mantiene en la fructificación, abridera

en 3 (2) valvas (Fig. 1). Las semillas son de 1 mm de diámetro, poliédrico-convexas, tuberculadas, con cubierta seminal de grisácea a castaño claro (Fig. 2) (López González, 1982; Ruiz de la Torre, 2006).

Las flores de la jara blanca se agrupan en cimas ramosas terminales, densamente tomentosas con pelos glandulares rojizos, de pedúnculos largos y 2-8 flores cortamente pediceladas. Flores con pétalos de unos 14-18 mm, fácilmente caducos, de color amarillo-azafranado, casi siempre con una mancha parduzca en la base. Fruto en cápsula ovoidea de 10-15 mm, incluida por el cáliz que es persistente, ovoidea, con pelos estrellados, más abundantes hacia el ápice. Semillas de hasta 1,5 mm de diámetro, poliédrico-convexas, tuberculadas, con cubierta seminal de grisácea a castaño claro (Fig. 2) (López González, 1982; Ruiz de la Torre, 2006).



Figura 1. Fructificación de *Halimium halimifolium* en el Parque Natural de Doñana (Foto: Red de Viveros de Andalucía).



Figura 2. Semilla de *Halimium halimifolium* (Foto: Red de Viveros de Andalucía).

Ambas especies florecen entre marzo a junio, más raramente en julio o agosto (Arroyo, 1988 y 1990), y fructifican de julio a septiembre (Talavera *et al.*, 1997; Zunzunegui *et al.*, 1997). Sus semillas son dispersadas por el viento.

Se ha demostrado que la dureza de las cubiertas de las semillas de cistáceas les permite permanecer en el banco de semillas del suelo durante largos periodos de tiempo y germinar cuando las condiciones son adecuadas. El carácter pirófito de muchas cistáceas se relaciona con la dureza de sus semillas, pero otros autores, como Mancilla-Leytón *et al.* (2009), lo han relacionado con la dispersión endozoócora. Además, el pequeño tamaño de estas semillas hace que sean capaces de sobrevivir a la masticación y rumiado (Pakeman *et al.*, 2002), atravesando el tracto digestivo de los animales sin perder su viabilidad aumentando, así mismo, su capacidad de germinación.

1.3. Distribución y ecología

Se distribuyen por el centro y sur de la Península Ibérica, siendo muy frecuentes en Andalucía. El jaguarzo blanco aparece formando extensos jaguarzales sobre suelos arenosos y dunas subcoasteras, entre el nivel del mar y los 1.200 m, que reciben por su abundancia el nombre de “montes blancos”. Se extiende por el oeste de la región mediterránea, desde

Portugal y Marruecos hasta Túnez y el Sur de Italia. Forma matorrales correspondientes a la etapa regresiva de los ámbitos esclerófilos y subesclerófilos (*Quercus ilex*, *Q. suber*, *Q. canariensis*, *Olea europaea* var. *sylvestris*) y pinares (*Pinus pinea*, *Juniperus oxycedrus* subsp. *macrocarpa*, *J. phoenicea* subsp. *turbinata*).

La jara blanca habita en el centro y sur de la Península Ibérica, faltando en Portugal. Forma matorrales montanos entre los 100-1.600 m, correspondientes a la etapa regresiva de los ámbitos esclerófilos y subesclerófilos (*Quercus ilex*, *Q. faginea*, *Q. suber*, *Q. pyrenaica*, *Castanea sativa*) y de los pinares (*Pinus pinaster*, *P. halepensis*).

Ambas especies aparecen sobre sustratos silíceos, muy especialmente en serpentinas, peridotitas y otras rocas ultrabásicas, arenas enriquecidas o areniscas calizas. Son especies de luz, xerófilas, poco tolerantes a las heladas invernales y de carácter frugal.

2. Materiales forestales de reproducción

2.1. Marco normativo. Identificación de los materiales de reproducción

El jaguarzo y la jara blanca no están incluidos en normativas que puedan afectar a la recolección de sus materiales de reproducción o limitar su comercialización o 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 repoblación.

En la Comunidad Valenciana, *H. atriplicifolium* está catalogada como especie “En peligro de extinción” y *H. halimifolium* está incluida en el listado de especies “Vigiladas” (D. 70/2009). En Cataluña, *H. halimifolium* está catalogado como especie “Vulnerable” (D. 172/2008).

2.2. Técnicas de manejo y propagación

2.2.1. Semillas

La recogida se realiza durante el verano, efectuándose por ordeño. La extracción de la semilla se realiza mediante trillado, cribado y aventado. La luz del tamiz recomendada para el cernido es de 1,2-1,4 mm. Tras la limpieza por este método se consigue una pureza del lote en torno al 80% (Tabla 1).

Una vez limpias, las semillas se almacenan en cámara frigorífica, a 3-4 °C, hasta su fecha de siembra. Presentan un comportamiento ortodoxo, pues son tolerantes a la desecación. En lotes almacenados durante cuatro años en estas condiciones no se ha detectado disminución en el porcentaje de germinación. En los últimos años se han venido ensayando distintas técnicas de almacenamiento de semillas; así, Pérez García y González (2008) han realizado un estudio para comprobar la viabilidad de la criopreservación en distintas especies de *Halimium* y *Helianthemum*, pudiendo demostrar que la tasa de germinación de semillas criopreservadas se conservó intacta en la mayoría de las muestras estudiadas. Se verificó, de esta manera, que la criopreservación de semillas podría ser un procedimiento adecuado para el almacenaje a largo plazo de semillas de varias especies del género.

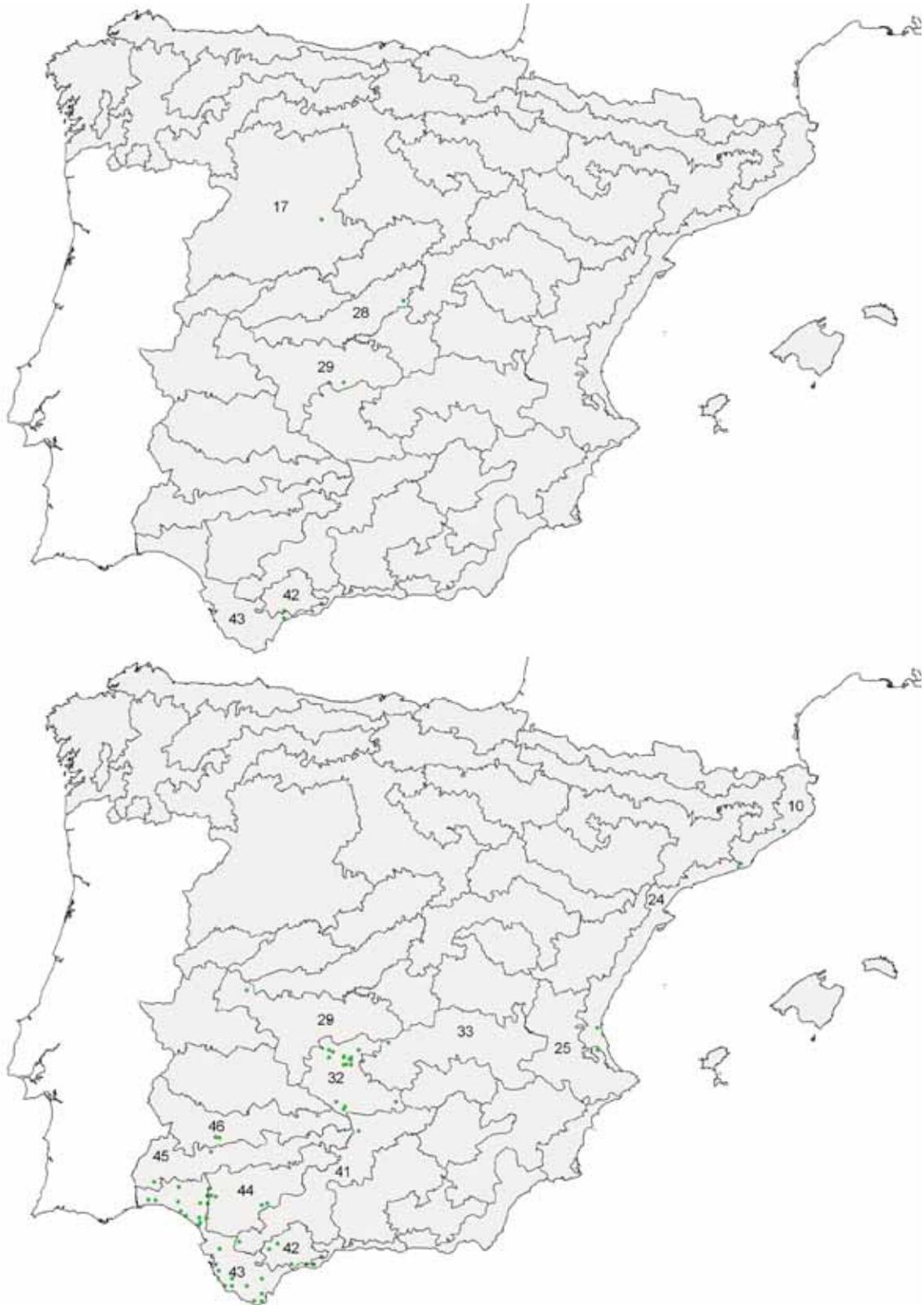


Figura 3. Distribución de *Halimium atriplicifolium* (superior) y *H. halimifolium* (inferior) y Regiones de Identificación de sus materiales de reproducción (Fuente: Anthos).

El porcentaje y la velocidad de germinación varían sustancialmente según se realice o no un tratamiento pregerminativo. En la familia de las cistáceas, la presencia de cubiertas impermeables al agua, en mayor o menor grado, es una de las causas más frecuentes de la dormición de las semillas. La escarificación de la cubierta seminal con lija de grano fino suele dar muy buenos resultados en numerosas especies con semillas “duras”; como por ejemplo, en las semillas de diversas especies de los géneros *Halimium* (Peña *et al.*, 1988; Pérez-García y González-Benito, 2003). Con este tratamiento, en *H. halimifolium*, se mejoran el porcentaje y la velocidad de germinación, pudiendo llegar a alcanzar valores próximos al 85% durante el primer mes. Similares resultados han obtenido Pérez García y González (2003 y 2005), que realizaron ensayos de germinación sobre distintas especies del género *Halimium*. La tasa de germinación de las semillas escarificadas fue superior a la de las semillas a las que no se aplicó ningún tratamiento previo. Los valores más bajos del tiempo medio de germinación (T50) se obtuvieron a temperaturas de 15 y 20 °C. Las normas ISTA (2011) no proponen condiciones particulares de ensayo para estas especies.

Tabla 1. Datos característicos de lotes de semillas de *Halimium atripicifolium* y *H. halimifolium*.

Rendimiento semilla/fruto (% en peso)	Pureza (%)	Facultad germinativa (%)	Nº semillas kg ⁻¹	Referencia
<i>Halimium atripicifolium</i>				
	100	92	1.243.000	Navarro-Cerrillo y Gálvez (2001)
<i>Halimium halimifolium</i>				
	99	100	1.763.000	Navarro-Cerrillo y Gálvez (2001)
26,1	81-96	50-83(1)	2.234.636-2.441.151	Red de Viveros de Andalucía

⁽¹⁾ Realizando escarificación mecánica.

Germinación epigea. Plántula de 2-3 cm, con dos cotiledones pequeños y alargados y con hojas primordiales oblongas, algo apuntadas y con pelosidad de color verde grisáceo.

3. Producción de plantas

El jaguarzo blanco se cultiva, principalmente, en bandeja forestal, siendo poco frecuente el cultivo de planta a raíz desnuda. La planta tipo para trabajos de restauración forestal se cultiva en envases forestales de 200-300 cm³, a una savia, obteniéndose un tamaño final de 15-20 (30) cm, con un sistema radical bien conformado. También pueden utilizarse envases de mayor volumen, tipo maceta (1.000 cm³), para la planta destinada a restauración de infraestructuras y paisajismo.

Estas especies se propagan muy bien por semilla. La siembra se debe realizar a finales de invierno o principios de primavera, superficialmente debido al pequeño tamaño de las semillas. Admiten el trasplante, por lo que se recomienda sembrar en semilleros, debido al alto porcentaje de semillas vanas que presentan y a la dificultad de separación de las semillas vacías de las llenas.

Se emplean sustratos de cultivo con formulaciones convencionales, a partir de componentes orgánicos tipo turba rubia, turba de humus o fibra de coco (>75% en volumen) y algún componente inorgánico, tipo perlita, vermiculita o arena de río (<25% en volumen). En la mayor parte de los viveros que producen jaguarzo blanco 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 tipo (Franco *et al.*, 2005 b y 2005 c). El jaguarzo blanco es una especie que admite muy bien el recorte, por lo que aunque la parte aérea tenga un crecimiento excesivo en vivero, se puede recortar sin que sea contraproducente para el desarrollo y crecimiento de la planta.

4. Uso en repoblaciones y restauraciones

Al igual que con otras especies de matorral, el jaguarzo y la jara blanca han sido muy utilizadas en los últimos años en trabajos de restauración, en particular en jardinería y restauración de infraestructuras. Se utiliza en trabajos de restauración en climas mediterráneos secos o semiáridos, con otras especies como *Tamarix* spp., *Quercus coccifera*, *Pistacia lentiscus*, *Rosmarinus officinalis*, *Rhamnus* spp., *Chamaerops humilis*, *Anthyllis cytisoides*, *Genista* spp. y *Retama* spp.

El jaguarzo y la jara blanca son especies potencialmente interesantes en las siguientes situaciones:

- Recuperación de especies singulares amenazadas de flora y de fauna (asociada a especies como *Pinus halepensis*, *P. pinea*, *P. pinaster*; *Quercus ilex*, *Q. suber*, *Juniperus oxycedrus*, etc.). En conjunto, los matorrales contribuyen al aumento de nichos ecológicos y a una mayor diversidad de la flora y fauna.
- Dado su temperamento y rusticidad resultan particularmente aptas para trabajos de rehabilitación de infraestructuras, de cubrimiento de taludes y de restauración con fines de recreo y de mejora del paisaje, tanto en el medio natural como en las áreas urbanas.
- Xerojardinería, donde es frecuente utilizarlas en medianas de carreteras, isletas de autovías o en labores de mejora paisajística de grandes infraestructuras, en particular en las autovías del sur y del Levante peninsular (Franco *et al.*, 1998; Martínez-Sánchez *et al.*, 2008). También es muy frecuente en trabajos de restauración de canteras y graveras.

5. Planificación de la repoblación

El método de repoblación más frecuente para especies del género *Halimium*, tanto en medios forestales como en trabajos de jardinería, ha sido la plantación. La opción de la siembra directa en campo puede ser adecuada a algunos emplazamientos, como taludes de carretera y obras de ingeniería ambiental (Franco *et al.*, 2005).

En el caso de plantaciones en el medio natural, donde las posibilidades de cuidados culturales son muy limitadas, la plantación debe hacerse en otoño, noviembre-febrero.

Hay que evitar retrasos que pueden comprometer la supervivencia de las plantaciones, en particular en suelos muy pedregosos o de escasa profundidad efectiva.

Las características de la planta tipo de la repoblación vendrá condicionada por el objetivo y las condiciones de establecimiento, pudiéndose utilizar planta de una savia en contenedor forestal o en envase de gran volumen (<1.000 cm³). Es importante adecuar la calidad de planta de vivero al objetivo de la repoblación para evitar fracasos en el establecimiento o costes innecesarios. En general, cuanto más fácil sea ejecutar los cuidados culturales (en particular el riego), más grande puede ser el tamaño de la planta.

Las labores para la eliminación de la vegetación en plantaciones de *Halimium* pueden ser de carácter puntual (desbroce con motodesbrozadora), aunque debe ser muy cuidadoso, ya que no debe afectar a especies que actúen como facilitadoras. En terrenos sin vegetación leñosa puede ser recomendable un tratamiento areal para eliminar la vegetación herbácea, que ejerce una fuerte competencia sobre la planta (Ruiz de la Torre, 1996).

Los procedimientos de preparación utilizados en el establecimiento del jaguarzo y la jara blanca vienen condicionados por los tipos de trabajos de restauración mencionados previamente, por lo que pueden utilizarse preparaciones puntuales, mediante casillas convencionales (suelos forestales en plantaciones mixtas). La intensidad de estas actuaciones será muy diferente según las características del medio a repoblar, pero siempre es recomendable que sean de una cierta intensidad. Así, en repoblaciones de esta especie debe tenerse presente:

- Procurar la apertura de casillas (20 x 20 x 20 cm) mediante preparaciones manuales en baja densidad.
- Adecuar el lugar de establecimiento a las condiciones edáficas, localizando las plantas en las partes bajas de laderas, barrancos y zonas con cierta compensación hídrica, por lo que la elección del lugar de plantación irá adecuándose a los microhábitats mejores para la especie.

Cuando se realizan restauraciones en suelos descubiertos, la preparación del suelo puede ser areal, simultánea a la eliminación de la vegetación, mediante laboreos con arados de vertedera. No parece recomendable preparaciones lineales más intensas, tipo subsolados.

La densidad de plantación de esta especie no ha sido estudiada, aunque por las características de la especie parece recomendable que sean bajas, con el objetivo de conseguir formaciones constituidas por un número mínimo de pies, buscando el máximo de vitalidad, de protección y de sombra con el mínimo de competencia intraespecífica. No obstante, las especies de *Halimium* pueden utilizarse en densidades elevadas en trabajos de ingeniería ambiental, alrededor de 1.000 pies ha⁻¹. La estructura creada conseguirá proporcionar una matriz de vegetación más compleja, y al ser moderada la competencia, las plantas se mantendrán con un elevado vigor vegetativo y una buena ramificación.

No es frecuente realizar cuidados culturales especiales, si bien es cierto que cuando estas especies se utilizan en xerojardinería se recomiendan riegos para asegurar la supervivencia de los plántones. Se ha ensayado el uso de *mulch* de corteza para evitar la invasión de vegetación y la pérdida de humedad en el sustrato.

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., 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.
- FRANCO J.A., MARTÍNEZ-SÁNCHEZ J.J., FERENÁNDEZ J.A., BAÑÓN S., 2005 a. Producción de planta ornamental para xerojardinería y paisajismo en clima semiárido. (I) Elección de especies. *Agrícola Vergel* 283, 341-348.
- FRANCO J.A., MARTÍNEZ-SÁNCHEZ J.J., FERENÁNDEZ J.A., BAÑÓN S., 2005 b. Producción de planta ornamental para xerojardinería y paisajismo en clima semiárido. (II) Acondicionamiento en vivero mediante el manejo del riego y el microclima. *Agrícola Vergel* 284, 388-394.
- FRANCO J.A., MARTÍNEZ-SÁNCHEZ J.J., FERENÁNDEZ J.A., BAÑÓN S., 2005 c. Producción de planta ornamental para xerojardinería y paisajismo en clima semiárido. (III) Acondicionamiento en vivero mediante el manejo de micorrización, fertilización y empleo de fitorreguladores. *Agrícola Vergel* 285, 424-430.
- ISTA (International Seed Testing Association), 2011. International rules for seed testing. Edition 2011. ISTA, Bassersdorf, Switzerland.
- LÓPEZ GONZÁLEZ G.A., 1982. La guía INCAFO de los árboles y arbustos de la Península Ibérica. Ed. INCAFO, Madrid.
- MANCILLA-LEYTÓN J.M., MARTÍN VICENTE A., 2009. Supervivencia y rotura de la dormancia de las semillas de cuatro especies de matorral tras la ingestión por cabras. En: XXXIV Congreso Nacional de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia. Barbastro. Diputación Provincial de Huesca. pp. 502-506.
- 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.
- 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. 177-181.
- PAKEMAN R., DIGNEFFE J., SMALL J.L., 2002. Ecological correlates of endozoochory by herbivores. *Funct. Ecol.* 16, 296-304.
- PEÑA J., APARICIO-TEJO P., SÁNCHEZ-DÍAZ M., 1988. Dormancy mechanism and the effect of scarification in the germination of *Halimium halimifolium* seeds. *J. Plant Physiol.* 132, 54-58.
- PÉREZ GARCÍA F., 2003. Germinación y dormición de semillas. En: Consejería de Medio Ambiente. Material vegetal de reproducción: manejo, conservación y tratamiento. pp. 177-200.
- PÉREZ-GARCÍA F., GONZÁLEZ-BENITO M.E., 2003. Seed germination of *Halimium* & *Helianthemum* species. En: Proceedings of the ISTA Forest Tree & Shrub Seed Committee Workshop (Procházková Z., ed.). ISTA, Prague.
- PÉREZ-GARCÍA F., GONZÁLEZ-BENITO M.E., 2005. Effects of temperature and different pre-treatments on seed germination of four *Halimium* species. *Seed. Sci. Technol.* 33 (2), 505-509.
- PÉREZ-GARCÍA F., GONZÁLEZ-BENITO M.E., 2008. Seed cryopreservation of *Halimium* and *Helianthemum* species. *Cryo-Lett.* 29(4), 271-276.

RUIZ DE LA TORRE J., 2006. Flora Mayor. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Dirección General para la Biodiversidad, Madrid. pp. 437-440.

TALAVERA S., GIBBS P., ARISTA M., 1997. Reproductive biology of *Halimium atriplicifolium* (Lam.) Spach and *H. halimifolium* (L.) Willk. (*Cistacea*). *Lagascalía* 19 (1-2), 571-578.

ZUNZUNEGUI M., DÍAZ M., GARCÍA NOVO F., 1997. Autoecological notes of *Halimium halimifolium* at Doñana National Park. *Lagascalía* 19(1-2), 725-736.

Ilex aquifolium L.

Acebo, agrifolio, cardón, xardón; *cat.*: agrèvol, greu, llor; *eusk.*: garratz, gorosti; *gall.*: acibiño, cibro, xardón

Juan Luis NICOLÁS PERAGÓN, Dolores GARCÍA GONZÁLEZ

1. Descripción

1.1. Morfología

El acebo es un arbolillo o gran arbusto siempreverde de 2-10 m de talla, que, cultivado, puede alcanzar hasta unos 16 m. Rara vez constituye un árbol propiamente dicho con un tronco bien definido, salvo tras la realización de tratamientos culturales selvícolas o cuando aparece en masas adultas muy densas. El sistema radical es más bien profundo, bastante extenso y con muchas raíces superficiales. El tronco es recto, con corteza verdosa y lisa en su juventud, que torna pardo-grisácea, áspera y agrietada. La copa, globoso-apuntada, es muy ramosa y espesa. Las ramas son erectas y de corteza verde lustrosa, aunque en las más viejas se vuelve lisa y grisácea. En zonas adhesionadas y con presencia de ganado normalmente se presenta en forma de “golpes” o amplios grupos abigarrado de multitud de pies de pequeñas dimensiones procedentes de brotes de raíz, cepa y acodos, que constituyen una copa amplia, densa y compacta, de pequeña talla (3-7 m), que llega habitualmente hasta el suelo (Blanco *et al.*, 1997; López González, 2001; Ruiz de la Torre, 2006; Alía *et al.*, 2009). Las hojas son simples, alternas, muy rígidas y coriáceas, de forma oval, oblonga o lanceolada, terminadas en espina y con bordes planos e inermes a fuertemente alabeados y con agujas punzantes, especialmente las de las ramas más bajas y las de los individuos recomidos por el ganado o sometidos a podas. Presentan un haz verde oscuro y lustroso y un envés más claro y mate, midiendo 3-10 cm de longitud y 2-5 cm de anchura (López González, 2001; Ruiz de la Torre, 2006; Alía *et al.*, 2009).

1.2. Biología reproductiva

Ilex aquifolium es una especie poligamodioica, esto es, con pies masculinos y femeninos independientes, pero cuyas flores presentan vestigios del otro sexo en forma de ovario rudimentario o de filamentos estaminales con anteras no fértiles; rara vez hermafroditas. En algunas ocasiones se produce un curioso fenómeno de cambio de sexo, según el cual algunos ejemplares que venían comportándose como masculinos, produciendo polen viable, al llegar a una edad más avanzada sólo presentan flores femeninas y entonces fructifican. Tal comportamiento se ha asociado a perturbaciones tales como las cortas y las podas abusivas o los ciclos de años secos (Oria de Rueda, 1991).

Las flores son axilares, solitarias o en ramilletes, cortamente pedunculadas, de color blanco o sonrosado y poco llamativas. La planta no comienza a florecer hasta los 4-12 años de edad (Krüssmann, 1981), haciéndolo las masculinas a los 4-6 años y las femeninas a los 8-10 años (Richards, 1988). Los brotes florales masculinos comienzan a formarse el

otoño anterior, mientras que los individuos femeninos no producen brotes florales hasta abril (Obeso, 1996), durando la floración hasta mayo. Los pies masculinos de acebo tienen una floración más intensa y prolongada que los femeninos. La polinización es entomófila, principalmente, y anemófila y la maduración anual.

El fruto es una drupa carnosa, de color rojo coral, globosa, de 7-10 mm de diámetro (Fig. 1), con cuatro o cinco huesecillos de forma alargada y sección triangular, de 2-3 mm de anchura y unos 5 mm de longitud, denominados pirenos (Galle, 1997), que constituyen el endocarpo que encierra las verdaderas semillas (Fig. 2). La producción de frutos es relativamente elevada debido a su especialización sexual, a la alta razón frutos/flores (0,95) (Richards, 1988) y también a la existencia de partenocarpia (Obeso, 1996), dando buenas cosechas casi todos los años. Los frutos partenogenéticos son de menor tamaño, pesan menos, tardan más en madurar y se desprenden enseguida de la rama después de cortada (Roberts y Boller, 1948; Galle, 1997). Se ha demostrado que existe una correlación entre una buena polinización de las flores y la maduración temprana de los frutos. Estos maduran en octubre-noviembre y se mantienen durante mucho tiempo en el árbol, ya que al tener dispersión endozoócora permanecen en el mismo hasta que los animales los comen (Krüssmann, 1981). En zonas protegidas de las inclemencias meteorológicas pueden mantenerse en el árbol incluso un año. La producción de frutos es mayor si los pies femeninos reciben abundante luz y no entran en competencia por ella con otros árboles (Oria de Rueda, 1991). Los acebos comienzan a fructificar apreciablemente en las buenas localidades a partir de los 25 años (Oria de Rueda, 1991).



Figura 1. Frutos de *Ilex aquifolium*
(Foto: C. Cardo).



Figura 2. Semillas de *Ilex aquifolium*.

La diseminación es realizada principalmente por los túrdidos, los córvidos e incluso las perdices. La importancia de la dispersión por aves hace que el acebo aparezca muchas veces en forma de individuos aislados, más o menos asociados a otras especies ornitócoras (espinos), y muchas veces bajo los doseles de otros árboles de mayor talla que sirven a las aves de dormideros (Gutián, 1989; Montoya, 1994). También el ramoneo del acebo por el ganado genera una dispersión endozoócora de las semillas (Peterken y Lloyd, 1967). En este caso la distribución espacial de la semilla sobre el terreno (bosque *versus* prado) dependerá de la variación estacional del espacio por parte del ganado (Arrieta y Suárez, 2001).

Se regenera fácilmente por brotes de cepa y de raíz y por acodo. El vigor de su rebrote y su capacidad de acodarse, hacen que se adapte muy bien a las cortas en monte bajo y a los incendios forestales.

1.3. Distribución y ecología

Su hábitat natural se extiende por gran parte de Europa (regiones templadas del oeste y sudoeste y zonas montañosas de la región mediterránea), alcanzando el Norte de África, Asia Menor, región caucásica y norte de Irán. En España, forma poblaciones discontinuas en una amplia franja que se extiende desde el extremo oriental de los Pirineos hasta el noroeste peninsular y en diversas áreas de montaña del interior de la mitad norte peninsular, sobre todo en el Sistema Ibérico. Resulta más escaso en la mitad meridional, donde cabe encontrarlo en Extremadura, Montes de Toledo y Sierra de Cazorla, siendo sumamente raro en Sierra Nevada. En las Islas Baleares aparece la variedad *balearica*. Habita entre los 800 y 1.600 m de altitud principalmente, aunque en algunas zonas en Sierra Nevada y Sistema Ibérico sobrepasa los 1.800 m y en el litoral atlántico y cantábrico desciende casi hasta el nivel del mar (Blanco *et al.*, 1997; López González, 2001; Ruiz de la Torre, 2006).

El acebo requiere elevada humedad ambiental y abundantes precipitaciones, precisando un mínimo de 600 mm, no tolerando las sequías prolongadas (período de sequía no superior a un mes), aunque presenta adaptaciones xerofíticas. Las temperaturas deben ser relativamente frescas y no extremadas, si bien, su resistencia al frío le permite superar los cuatro meses y medio de período de helada segura. Así, los rangos óptimos climáticos de los hábitats donde es más frecuente el acebo presentan una temperatura media anual de 5,6-11,3 °C, una temperatura media de las mínimas del mes más frío de -6,3-0 °C y una precipitación anual media y estival de 810-2.150 y 125-330 mm, respectivamente (Anexo I).

Prefiere los suelos silíceos o descalcificados, aunque es posible encontrarlo sobre calizos, requiriendo terrenos frescos y protegidos. Algunas acebedas se desarrollan sobre suelos rocosos, poco profundos y muy inestables. Sus formaciones se localizan en territorios que cabe considerar como de transición entre los ambientes mediterráneo y eurosiberiano. En la región mediterránea y en el piso montano de la región eurosiberiana tiende a las umbrías o fondos de barranco con cierta humedad edáfica, y en el subalpino, más frío, busca el calor de las solanas, siempre que sean húmedas (Blanco *et al.*, 1997; López González, 2001; Ruiz de la Torre, 2006; Alía *et al.*, 2009).

Presenta una gran amplitud ecológica, manteniendo una estrecha relación con diferentes comunidades vegetales. Puede aparecer formando rodales o, de forma más frecuente, como especie de acompañamiento de robles, hayas, pinos y abetos. Es frecuente que, a modo de mosaico, grupos de acebos aparezcan en combinación con abedules, cerezos silvestres, majuelos, serbales, temblones, etc. En general, se puede considerar que tiene un temperamento forestal de media sombra, es decir, aunque crece bien a plena luz, es muy tolerante a la sombra (Valladares *et al.*, 2005) y en sus primeras edades la necesita, siendo las plantas jóvenes bastante sensibles al sol y al viento. En las zonas donde el acebo se presenta formando parte del sotobosque de otras especies es habitual encontrar

gran cantidad de brinzales. En cambio, en las acebedas monoespecíficas escasean las plántulas debido al pastoreo y tránsito del ganado y al elevado grado de encespedamiento por exceso de carga ganadera. Por otro lado, en las masas puras de acebo, cuando se encuentra libre de competencia lateral, se extiende por medio de brotes de raíz y acodos. Las acebedas españolas poseen un valor económico y ecológico muy elevado; el hombre las ha mantenido, cuando no favorecido directamente, desde hace siglos debido a la utilidad de sus productos y a la protección que proporcionan al ganado y a la caza (Oria de Rueda, 1992).

2. Materiales forestales de reproducción

2.1. Marco normativo. Identificación de los materiales de reproducción

El acebo está sometido a la normativa nacional sobre producción y comercialización de materiales forestales de reproducción, siendo una de las especies incorporadas por España de forma voluntaria al sistema de certificación de la UE (Directiva 1999/107/CE). Sus regiones de procedencia están establecidas por el método divisivo, es decir, carece de regiones específicas (García del Barrio *et al.*, 2001; Alía *et al.*, 2009).

Las áreas con presencia de acebo se corresponden con 30 regiones de procedencia (Fig. 3), si bien en dos tercios de ellas su aparición representa sobre el total ocupado por la especie un porcentaje inferior al 3%. Por el contrario, cabe señalar la existencia de seis regiones (3, 4, 6, 7, 9 y 15) con porcentajes superiores al 8%, donde se agrupa más del 70% de su presencia, y que se corresponde en su mayor parte con su distribución sobre el norte peninsular y el Sistema Ibérico septentrional. En la Tabla 1 se recogen las características ambientales abióticas de las regiones con presencia de acebo.

En la actualidad todo el material de base declarado son exclusivamente fuentes semilleras, llamando la atención la ausencia de materiales de base en Galicia y Prepirineo catalán, tal vez debido al escaso interés de reforestar con esta especie habida cuenta de su pujante presencia natural. Por otra parte, se considera oportuno la declaración de fuentes semillas en la orla mediterránea de Cataluña (regiones 11 y 23) y Montes de Toledo (región 29).

En lo que respecta a las estaquillas para la obtención de planta con destino a repoblaciones, se trataría de un material cuya comercialización no tendría cobertura legal, aún proviniendo de fuentes semilleras o rodales catalogados, debido a que la normativa actual no admite la recogida en poblaciones naturales de material para reproducción vegetativa. Sólo cabría tal opción en el marco de actuaciones para la conservación de los recursos genéticos. Se trata de una situación similar a la de la recogida de estaquillas de chopo de especies autóctonas en riberas y que, al igual que ésta, requiere el establecimiento de una normativa específica que salve la situación y que permita ofrecer un material con el máximo de garantías.

No existe este problema en el caso de las estaquillas que están destinadas a la obtención de planta para el establecimiento de plantaciones para producción de ramilla ornamental, pues el objetivo final no cabe enmarcarlo en el ámbito selvícola. Lo que sí resulta oportuno es el establecimiento de bancos clonales a partir de los individuos seleccionados en monte

por sus características sobresalientes para el uso ornamental, su buen estado sanitario y, en el caso de los pies femeninos, su producción de frutos, teniendo en cuenta una adecuada representación proporcional de sexos. Tal tipo de plantación clonal además de asegurar la conservación genética, facilitaría, en su caso, la obtención de estaquilla en época y cantidad, además de garantizar el sexo, a la vez que permitiría salvar las restricciones que puede haber para la recolección en el ámbito natural. En la actualidad, la Junta de Castilla y León posee en Quintanar de la Sierra (Burgos) una colección de clones seleccionados para uso ornamental, que está en fase de catalogación.

El acebo es una especie a la que, debido al grado de amenaza o a su relevancia, singularidad o carácter relictivo, se le reconoce una protección especial en muchas zonas de su distribución geográfica. En la Tabla 2 se reseña las distintas categorías con las que está contemplado en diferentes Catálogos autonómicos.

En lo que se refiere a sanidad vegetal, los materiales de reproducción del acebo no están obligados a ir acompañados por un pasaporte fitosanitario durante su tránsito y comercialización.

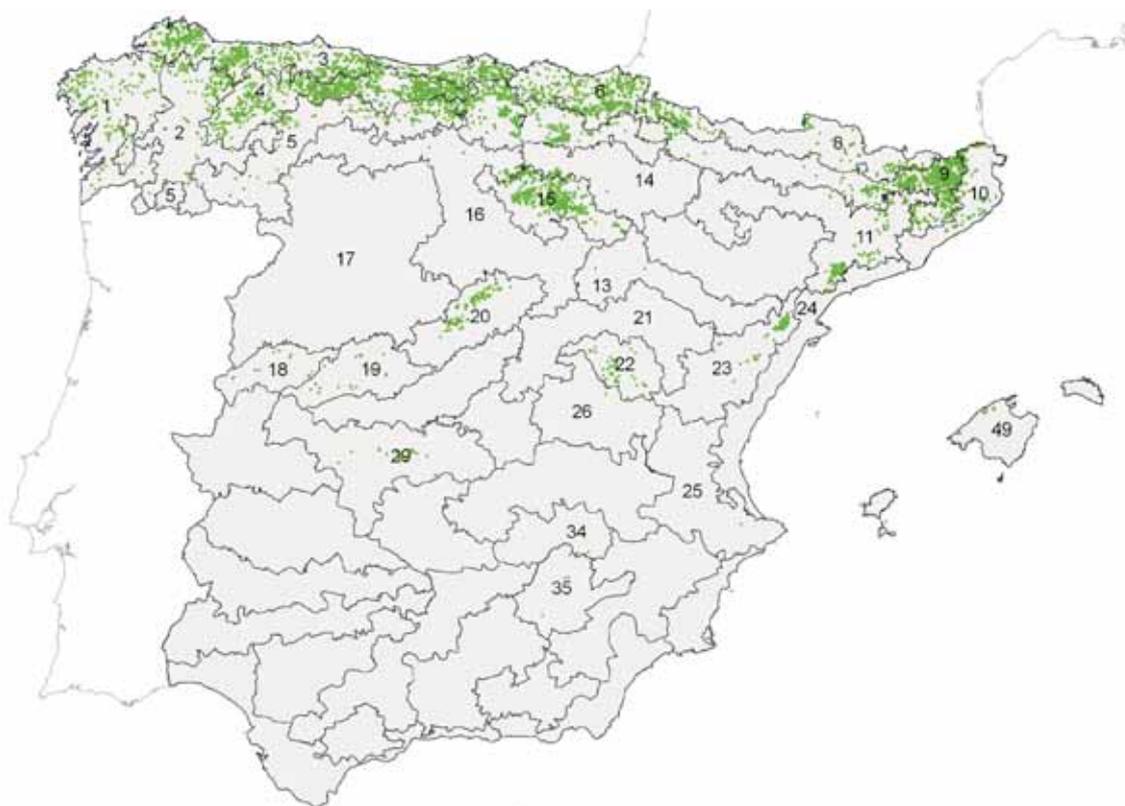


Figura 3. Distribución de *Ilex aquifolium* y Regiones de Procedencia de su material forestal de reproducción (Alía *et al.*, 2009).

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

RP	Pres (%)	Altitud (m)			Precipitación (mm)		A (meses)	Temperatura (°C)			Osc (°C)	Hs (meses)	Tipo de suelo (FAO)
		Med	Max	Min	Annual	Estival		Med	MaxMC	MinMF			
1	3,7	318	784	40	1647	152	0,3	12,6	24,4	3,5	10,7	0	CMu(63) RK(33)
2	3,1	674	1427	318	1292	142	0,4	10,7	24,5	0,7	12,8	0,4	RK(53) CMu(44)
3	16,3	372	1226	11	1365	190	0	12	22,5	3	10,8	0,1	RK(36) CMu(35) CMc(16)
4	17	907	1937	75	1355	184	0	9,9	23,2	-0,6	13	1,9	CMu(42) RK(34) CMc(16)
5	3,9	1209	1928	658	1155	143	0,4	8,3	23,7	-2,8	14,7	4,2	CMu(60) RK(18) LVx(14)
6	8,6	525	1176	13	1687	253	0	11,6	23,9	2,1	12,8	0	CMc(50) CMu(37)
7	7,8	795	1264	213	1062	157	0,2	10,4	24,6	0,3	14	0,6	CMc(75) CMu(24)
8	4,3	1140	1986	636	1293	243	0	8,6	24	-2,9	15,7	3,9	CMc(71) CMu(21)
9	13,6	758	1707	120	993	254	0	11,4	27,2	-1,4	16,6	2,2	CMc(79) CMu(10)
10	2,9	437	1126	5	930	193	0,4	13,2	27,5	0,9	15,3	0,4	CMd(32) CMc(28) CMu(14) FLe(10) RK(10)
11	2,8	747	1375	315	705	138	1,2	12,5	28,2	0,4	17,3	0,7	CMc(75) CMc(23)
13	0	993	1109	876	474	100	2,4	11,4	29,5	-1,6	19	2,5	CMc(50) CMg(50)
14	0,9	1056	1377	682	732	142	0,7	9,8	25,2	-0,9	15,7	1,8	CMc(82) CMc(11)
15	8,7	1340	1859	806	860	152	0,4	8,4	25	-2,8	16	4,2	CMc(64) CMu(30)

RP	Pres (%)	Altitud (m)			Precipitación (mm)		A (meses)	Temperatura (°C)			Osc (°C)	Hs (meses)	Tipo de suelo (FAO)
		Med	Max	Min	Annual	Estival		Med	MaxMC	MinMF			
16	0,5	1103	1350	826	815	142	0,5	9,8	25,5	-0,8	15,5	1,6	CMc(46) CMe(35) CMtu(12)
17	0,1	1115	1352	879	926	91	2	10,1	27,8	-1,7	16,1	3,3	CMe(40) CMtu(40) CMg(20)
18	0,2	1076	1545	721	1257	92	2	11,1	28,6	-0,3	16,6	1	LPd(64) CMtu(36)
19	0,3	1141	1579	650	1096	85	2,2	11,2	30	-1,3	18	2,4	CMtu(59) LPd(35)
20	1,8	1469	2110	1097	989	120	1,4	8,7	26,4	-2,9	17,4	4,3	CMtu(82)
21	0	1352	1413	1291	664	147	0,4	9,3	26,6	-2,3	17,2	4	CMc(100)
22	0,9	1443	1699	974	931	126	1,4	9	27,9	-3,8	17,6	5	CMc(95)
23	1,3	1044	1601	585	873	141	0,8	11,5	26	0,3	15,7	0,4	CMc(100)
24	0,2	656	924	388	692	111	1,7	13,6	27,5	2,9	15,6	0	CMc(100)
25	0	520	520	520	737	55	3	15,8	31	4,1	16,3	0	CMc(100)
26	0,1	1347	1414	1277	909	110	1,7	9,8	28	-2,6	17,8	4,1	CMc(100)
29	0,5	980	1343	608	798	72	2,9	13	31,9	0,1	19,1	0,5	CMe(88)
34	0	1201	1296	1106	723	79	2,7	12	30,5	-0,5	18,9	0,9	CMc(100)
35	0,1	1295	1479	1174	950	76	2,5	11,7	30,4	-0,9	19,6	1,6	CMc(100)
40	0	1287	1287	1287	1180	66	2,7	12	30,8	-1,3	19,9	1,9	CMc(100)
49	0,2	673	1204	271	739	80	2,7	13,4	25,8	3,6	-	0	CMc(100)

Tabla 2. Niveles de protección de *Ilex aquifolium*.

Ámbito	Marco normativo	Categoría
Andalucía	Decreto 23/2012, de 14 de febrero, por el que se regula la conservación y el uso sostenible de la flora y la fauna silvestres y sus hábitats	En régimen de protección especial
Aragón	Decreto 49/1995, de 28 de marzo, de la Diputación General de Aragón, por el que se regula el Catálogo de Especies Amenazadas de Aragón	Interés especial
Asturias	Decreto 65/1995, de 27 de abril, por el que se crea el Catálogo Regional de Especies Amenazadas de la Flora del Principado de Asturias y se dictan normas para su protección Decreto 147/2001, de 13 de diciembre, por el que se aprueba el Plan de Manejo del Acebo (<i>Ilex aquifolium</i>)	Interés especial
Baleares	Decreto 75/2005, de 8 de julio, por el cual se crea el Catálogo Balear de especies amenazadas y de Especial Protección, las Áreas Biológicas Críticas y el Consejo Asesor de Fauna y Flora de les Illes Balears	Especial protección
Castilla-La Mancha	Decreto 33/1998, de 5 de mayo, por el que se crea el Catálogo Regional de Especies Amenazadas de Castilla-La Mancha	Interés especial
Cataluña	Orden de 5 de noviembre de 1984 sobre protección de plantas de flora amenazada en Cataluña	Autorización administrativa para su recogida, corta o desenraizamiento
Extremadura	Decreto 37/2001, de 6 de marzo, por el que se regula el Catálogo Regional de Especies Amenazadas de Extremadura	Vulnerable
Madrid	Decreto 18/1992, de 26 de marzo, por el que se aprueba el Catálogo Regional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres y se crea la categoría de Árboles Singulares	Sensible a alteración de su hábitat
País Vasco	Orden de 10 de enero de 2011, de la Consejería de Medio Ambiente, Planificación Territorial, Agricultura y Pesca, por la que se modifica el Catálogo Vasco de Especies Amenazadas de la Fauna y Flora Silvestre y Marina, y se aprueba el texto único	Interés especial
Comunidad Valenciana	Orden 6/2013, de 25 de marzo, de la Conselleria de Infraestructuras, Territorio y Medio Ambiente, por la que se modifican los listados valencianos de especies protegidas de flora y fauna	Especie vigilada

2.2. Técnicas de manejo y propagación

2.2.1. Semillas

La recolección de los frutos se puede realizar desde mediados de otoño hasta principios de primavera, dada la permanencia e indehiscencia de los frutos, si bien hay que prever la depredación por parte de las aves. La recogida se hace a mano, directamente de los frutos, o, si existe posibilidad de extender lonas en el suelo, mediante vareo. Tras la recolección se eliminan, mediante aventado y cribado, las hojas, restos de ramas y frutos de desarrollo incompleto o abortado. Es importante evitar que los frutos sufran un recalentamiento durante su almacenaje transitorio previo a la extracción, debiendo abordarse ésta lo antes posible.

La extracción de la semilla (en adelante, entiéndase como tal al pireno) se realiza mediante maceración en agua y despulpado con una batidora, no siendo de temer que se produzcan roturas de las semillas. Tras la trituración, la pulpa y parte de las semillas vanas y abortadas se pueden retirar por flotación, completándose la separación previa con la ayuda de una criba adecuada y agua a presión. Posteriormente se procede al secado. En caso de que hubieran quedado adheridos a la semilla restos de pulpa, se procedería a provocar su desprendimiento por frotación, completándose la limpieza mediante cribado o aventado. El comportamiento de las semillas respecto a la conservación es ortodoxo. De procederse al almacenaje de la semilla, su contenido de humedad deberá ser del 10-14%. La conservación se hará en recipientes herméticos, a una temperatura entre 2 y 4 °C. De esta manera cabe mantener su capacidad germinativa hasta tres o cuatro años. La germinación del acebo es bastante lenta, resultando muy irregular y dispersa en el tiempo. En la naturaleza tiene lugar en la segunda y tercera primavera después de su diseminación.

Sus semillas presentan una durmancia compleja y muy difícil de romper, consistente en un letargo externo, debido más a la dureza de la cubierta que a su impermeabilidad, y otro interno de tipo morfo-fisiológico. Por ello resulta necesaria la aplicación de tratamientos pregerminativos, cuya efectividad, hasta el momento, se ha demostrado muy incierta. Los tratamientos con agua caliente y con ácido sulfúrico no han dado resultados satisfactorios. Por lo general, se sugiere la aplicación de una doble estratificación, esto es, una estratificación caliente a una temperatura de 15-20 °C, que, según autores, puede durar entre 28 y 52 semanas, seguida de una estratificación fría a 3-5 °C, la cual se puede prolongar entre 20 y 52 semanas (Bonner, 1974; Catalán, 1991; Bacchetta *et al.*, 2006). El tratamiento con calor húmedo contribuirá, asimismo, a superar el letargo mecánico causado por la resistencia que ofrece la cubierta a la expansión del embrión, al favorecer la apertura de la testa. En cualquier caso los tratamientos se han demostrado parcialmente efectivos, incluso con la duración más larga del tratamiento y la aplicación de varios ciclos, siendo usual que no se consiga la germinación en la primavera siguiente a la recolección. No se tiene constancia de descripción de tratamientos sin medio o con inoculación microbiana. Un método que sí ha ofrecido resultados positivos ha sido el cultivo *in vitro* de embriones aislados. Troncoso *et al.* (2003) obtuvieron por este método un porcentaje de germinación del 66% frente al 25% alcanzado con semilla sin cubierta a la que se le eliminó la mitad del endospermo; los resultados de germinación fueron nulos con semillas completas o sin cubierta y previamente estratificadas en frío durante 180 días. Al extraer el embrión se eliminaron totalmente los efectos de durmancia debidos a la cubierta y al endospermo, pero no el debido a la inmadurez del embrión que obligó a la aceleración de su maduración artificialmente *in vitro*. El posterior trasplante de las plántulas obtenidas a condiciones externas, tras 60 días de desarrollo *in vitro*, se realizó sin problemas por el método de Cantos *et al.* (1993). Está técnica presenta el inconveniente de resultar demasiado laboriosa cuando se trata de producir cantidades que no sean reducidas.

Dada la irregularidad cualitativa de los lotes de semilla y la larga duración de los tratamientos aplicables resulta oportuna la realización de ensayos colorimétricos que ofrezcan una estimación rápida de la viabilidad de las semillas. Tal es así, que para esta especie la ISTA (2011) remite directamente a los análisis con tetrazolio, omitiendo cualquier referencia a tratamientos previos y a condiciones de germinación. Por su parte,

la Forestry Commission (2010) sí contempla la realización del ensayo convencional de germinación, estableciendo como condiciones del mismo disponer las semillas sobre arena, con una alternancia térmica de 3-20 °C, según un ciclo de 16-8 horas, durante al menos 28 días, no haciendo ninguna referencia a tratamientos previos. Una relación de datos referenciales de lotes de semillas de acebo se expone en la Tabla 3. En algunos viveros es frecuente recurrir a semilleros con semilla sin ningún tipo de tratamiento, que se mantienen hasta la germinación, que ocurrirá de forma mayoritaria en la segunda y tercera primavera, de acuerdo con su patrón natural. La germinación es epigea. La plántula, de 3-4 cm, presenta dos cotiledones elipsoidales y hojas primordiales brillantes, lampiñas y con el borde fuertemente espinoso (Navarro Cerrillo y Gálvez, 2001).

Tabla 3. Datos característicos de lotes de semillas de *Ilex aquifolium*.

Rendimiento semilla/fruto (% en peso)	Pureza (%)	Facultad germinativa (%)	Nº semillas kg ⁻¹	Referencia
		(80)	45.000	Aldhous (1972)
		60-80	21.000-36.000-45.000	Piotto (1992)
25-35	95-98	(43)	25.500-30.000-60.000	Catalán (2001)
10-20-70			22.088-30.303-42.498	Louro y Pinto (2011)
8,8-25,5	96-100	61-96 ⁽¹⁾	21.800-41.500	Banc de Llavors Forestals (Anexo II)
20-30	95-98	70-80 ⁽¹⁾	25.000-30.000-40.000	CNRGF <i>El Serranillo</i> (Anexo III)
20-26	98-100		27.000-36.000	Vivero Central JCyL (Anexo IV)

⁽¹⁾ Ensayos al tetrazolio

2.2.2. Vegetativa

La dificultad de germinación ha hecho que hasta ahora el acebo haya sido catalogado como de difícil obtención por los viveristas. Por otra parte, el ser una especie dioica, el mayor interés por los genotipos femeninos para su uso en jardinería y aprovechamiento ornamental y el que la reproducción por semilla ofrece una proporción entre brinzales masculinos y femeninos de 1:3, pudiendo llegar a ser 1:10 (Logorelli, 2006), ha hecho que se preste especial atención a su propagación vegetativa. Esta es posible mediante estaquillado, injerto, micropropagación y acodo aéreo. En cuanto a la propagación por estaquilla, el Departamento de Investigación y Experiencias Forestales de Valonsadero (Junta de Castilla y León) ha puesto a punto un método sencillo, práctico y económico de propagación (García González *et al.*, 1997), el cual se ha aplicado con éxito por viveristas de Castilla y León. Dado su interés, a continuación se hace una descripción del mismo:

- La recogida de la estaquilla se debe realizar siguiendo las siguientes recomendaciones:
 - Se utilizarán solamente estaquillas de brotes del año; se recogerán las ramas por debajo de las cicatrices de las escamas que recubren las yemas terminales.
 - Se recogerán ramas laterales y delgadas, con especial cuidado de evitar las ramas con crecimientos horizontales.

- Se recogerán ramillas que no presenten daños, enfermedades o cuyo vigor se vea claramente disminuido.
- Se realizará por la mañana temprano, cuando el material vegetal está turgente.
- El transporte de las estaquillas recogidas hasta el vivero se realizará en bolsas de plástico de polietileno negro, herméticamente cerradas, para evitar desecaciones del material recolectado.
- Las estaquillas se prepararán y colocarán lo antes posible (24 horas aproximadamente) en el invernadero, conservándose hasta ese momento en ambiente frío; si es posible en cámara a 4 °C.
- La época de recogida se extiende desde entrado el otoño hasta el inicio de la primavera. Se recomienda realizar tratamiento hormonal mediante la aplicación en polvo de ácido indolbutírico (AIB) con el 1% de concentración.
- La preparación de la estaquilla requerirá los siguientes pasos:
 - Reducción del número de hojas, dejándose solamente las 4 ó 5 hojas apicales.
 - Corte limpio en la base de la estaquilla en forma de pico de flauta.
 - Lesionado: se realizarán dos cortes superficiales de 0,5 cm de anchura y opuestos, en los 5-10 últimos centímetros.
- El sustrato y envase recomendados son:
 - Mezcla de turba y perlita, al 50% en volumen.
 - Envase con sistema antiespiralizante y de autorrepicado de raíces, con una profundidad y volumen mínimos de 15 cm y 300 cm³, respectivamente. La densidad no debe superar las 200 plantas m⁻².
- Las condiciones ambientales en las que deben colocarse las estaquillas son:
 - Humedad relativa mayor del 80%, cubriendo las bandejas de cultivo con plásticos y aplicando riegos por microaspersión con una frecuencia de 15 minutos y una duración de 6 segundos.
 - Temperatura mínima: 12 °C; temperatura óptima, 20-25 °C.
 - Cada 15 días se realizará un tratamiento fungicida (Captan 50%, dosis 2 g l⁻¹) y se mantendrán unas buenas condiciones de limpieza del invernadero, retirándose sistemáticamente las hojas caídas.
 - El tiempo de enraizamiento medio será de 2 meses.
- Posteriormente al enraizamiento se recomienda:
 - Aclimatación progresiva desde el tercer mes, durante un mes más en el invernadero.
 - Colocación en umbráculo o lugar sombreado.
 - Abonado al inicio de la primavera con un fertilizante que contenga micronutrientes.

Los acebos se injertan con facilidad, recomendándose el método de hendidura, el inglés de doble lengüeta y el lateral (Logorelli, 2006). La micropropagación del acebo, esto es, su propagación vegetativa utilizando técnicas de cultivo *in vitro* de tejidos vegetales, se ha llevado a cabo con éxito siguiendo la vía de regeneración organogénica. La primera referencia de obtención de plantas de esta especie usaba yemas de árboles adultos como explantos iniciales e inducía la brotación axilar con diversas citoquininas, obteniendo las tasas de multiplicación más elevadas cuando aplicaba 6-bencilaminopurina (BAP). El enraizamiento de estos brotes se logró aplicando pulsos breves de ácido naftalenacético a concentración elevada, y cultivo en medio de Murashige y Skoog diluido a la mitad (Morte *et al.*, 1991). Posteriormente, los métodos de regeneración por organogénesis se refinaron, utilizando plántulas de tres meses como explantos iniciales (Majada *et al.*, 2000). También se comprobó que la BAP era la mejor citoquinina para inducir brotación, tanto en número de brotes por explanto como en número de entrenudos por brote, aconsejándose la obtención de plántulas *ex vitro* respecto a *in vitro*, pues la viabilidad del primer procedimiento y su menor coste lo hacen más ventajoso (Majada *et al.*, 2000). Con respecto a la vía de regeneración embriogénica, aunque en otras especies del género se ha logrado la obtención de plantas por embriogénesis somática (Rey *et al.*, 2002), en el caso del acebo parece que, habiéndose observado desde hace tiempo la posibilidad de inducir embriones somáticos en embriones cigóticos (Hu y Sussex, 1971; Hu *et al.*, 1978 y 1979; Ferreira y Hu, 1989), no ha habido continuidad en estos estudios hasta la regeneración completa de plantas.

3. Producción de plantas

Se trata de una especie cuyo cultivo con destino a la repoblación forestal sólo se ha abordado desde época reciente, por lo que los conocimientos que se tienen al respecto no son muy extensos. Dadas sus características, es posible su cultivo a raíz desnuda a partir de estaquillas o de semillas sembradas a voleo o en filas separadas 15-20 cm y a una profundidad de 3-6 mm, con protección de las eras en invierno (Catalán, 1991; Logorelli, 2006). La planta producida puede tener entre una y tres savias y suele ser objeto de repicado (1+0, 1+1 y 1+2), presentando tamaños que oscilan entre los 10 y 40 cm.

Si el cultivo se realiza en contenedor cabe obtener plantas de una o, eventualmente, dos savias, debiendo emplearse contenedores de más de 300 cm³ y que conlleven densidades de cultivo inferiores a las 300 plantas m⁻² (Fig. 4). La edad de la planta o la duración del cultivo en vivero debe ir acompañada de unos requerimientos dimensionales y, en su caso, de tamaño del contenedor acorde al número de savias que garanticen una planta de calidad suficiente. Así, para una o dos savias el volumen mínimo del contenedor debería ser 300 cm³ y para tres savias 400 cm³. Es importante que la boca del envase tenga una sección suficiente para asegurar una correcta recepción del agua de riego, habida cuenta de la rigidez y tamaño que alcanzan las hojas. También se ha de considerar la protección de los contenedores respecto a fuertes heladas, pues se han comprobado pérdidas en vivero por congelación de los cepellones.

Las siembras pueden hacerse en otoño o en primavera, dependiendo de la aplicación o no de tratamientos y, en su caso, de la duración prevista del mismo. Es preciso una adecuada planificación de las estratificaciones, al objeto de que la siembra se realice en el momento

oportuno y evitar la posible aparición de una durmancia secundaria. Dada la problemática de su germinación y la posible incertidumbre en cuanto a su nascencia, se recomienda que la siembra se haga en bandejas semilleros, de donde se trasplantarán las plantitas al cabo de una semana de nacer al alveolo de cultivo definitivo. Estas bandejas, cubiertas con un film de polietileno, podrán situarse en un ambiente cálido (15-27 °C) y resguardado de la luz hasta que empiece a producirse la nascencia, momento en que serán trasladadas a condiciones ambientales (Dirr y Heuser, 1987). La preparación del semillero supone un coste adicional, pero permite un mejor manejo del cultivo y un mejor aprovechamiento del espacio en el vivero. La operación de repicado no ofrece ninguna dificultad, siempre y cuando se haga antes de que la raíz emitida supere los 8-10 cm de profundidad.

Las plantas de acebo necesitan, durante su primer año, una media sombra durante su cultivo en vivero y una protección ante los fuertes vientos desecantes siendo, además, bastante sensibles a la insuficiencia hídrica. Respecto a la fertilización, parece existir una clara respuesta de la planta al crecimiento, que rompe con la idea de ser una especie lenta en vivero. Así, en experiencias de cultivo en contenedor sobre turba fertilizada realizadas en el Centro *El Serranillo*, con aportes unitarios suplementarios durante la campaña de cultivo de 70 mg de N, se han obtenido brinzales de una savia bien conformados, con cepellones cohesionados y con un rango de alturas entre 8 y 25 cm y de diámetros en el cuello de la raíz entre 3 y 5 mm. Aportaciones superiores no parecen justificadas desde el punto de vista de la calidad morfológica o del potencial de regeneración radical. Cabe presuponer, como recomendable, que el aporte total de N al final del cultivo de una savia sea 70-100 mg planta⁻¹. En el caso de dirigir la producción a la obtención de planta para plantaciones productivas ornamentales, dado su destino, resulta oportuno la utilización de contenedores más grandes, de capacidad igual o superior a 1 litro, buscando obtener planta de mayor tamaño. De tratarse de planta a raíz desnuda, habría que pensar en planta de tres a cinco años (1+2, 2+2 ó 2+3). Durante su cultivo, el acebo no presenta enfermedades de particular importancia (Logorelli, 2006).

La normativa estatal relativa a comercialización de materiales forestales de reproducción (RD. 289/2003) no establece para la planta de acebo limitaciones en cuanto a edad y dimensiones, siendo sólo de aplicación, por tratarse de una especie susceptible de emplearse en regiones mediterráneas, la tabla de defectos que la inhabilitarían como de calidad cabal y comercial (AnexoVII, Parte E, 1). No obstante, se puede dar como valores de referencia para la planta de una savia un rango de altura de 10-30 cm y un diámetro



Figura 4. Brinzal de una savia de *Ilex aquifolium* cultivado en alveolo de 300 cm³ (Foto: CNRGF *El Serranillo*).

mínimo en el cuello de la raíz de 3 mm. En el caso de emplearse material proveniente de reproducción vegetativa en plantaciones no productivas, se ha de asegurar que la planta tenga un mínimo de diversidad genética garantizada y una adecuada representación de ambos sexos. Para las plantaciones de producción ornamental se recomienda utilizar planta de tres o cuatro años y que mida entre 0,9 y 1,2 m de altura (Roberts y Boller, 1948; Appleton *et al.*, 1996; Galle, 1997). La poda y, en su caso, el repicado en el momento del trasplante ayudan a reducir el déficit hídrico.

4. Uso en repoblaciones y restauraciones

Hasta hace poco la plantación de acebo en España ha estado reducida casi exclusivamente al ámbito de la jardinería, siendo muy escasa la planta producida para repoblación en nuestros viveros forestales. Aún hoy, el acebo es una especie escasamente utilizada en reforestación, empleándose sólo de forma puntual como especie acompañante en algunas repoblaciones de enriquecimiento de masas degradadas en espacios protegidos o áreas incluidas en la Red Natura 2000.

El fomento del uso del acebo en repoblación puede reportar importantes beneficios, tanto ecológicos como económicos para los bosques, la fauna silvestre, el paisaje e incluso para la población rural de las comarcas de montaña. Así, cabe emplearlo en repoblaciones para recuperar la cubierta vegetal en zonas de monte desprovistas de cubierta arbórea sin ningún tipo de trabajo cultural adicional. A tal respecto, una forma muy interesante de introducirlo en repoblaciones junto a otras especies es la creación de pequeños bosquetes de acebo atractivos para la fauna silvestre (aves y mamíferos) que se alimenta de sus frutos, de modo que constituyan centros de dispersión de la semilla, con el objetivo fomentar la aparición de esta especie en el sotobosque de los bosques cercanos. También se puede emplear para la instalación de setos y pantallas cortavientos, preferiblemente en mezcla con otros árboles y arbustos (cerezos, arces, majuelos, cornejos), que sirvan de protección al ganado o para delimitar fincas (Oria de Rueda, 1991).

Igualmente se puede utilizar el acebo en plantaciones de enriquecimiento en bosques degradados o en áreas de protección o de influencia de animales protegidos, como el oso o el urogallo (Fig. 5). En estos casos, cabe distribuir los acebos por la masa de forma dispersa o agrupada, situándolos en las zonas más adecuadas para la especie (barrancos, laderas más húmedas o umbrosas, etc.). En estas plantaciones puede ser interesante la utilización de planta procedente de estaquillado, ya que permite conocer su sexo y fructifica en un espacio de tiempo más breve, e introducir una mayor proporción de pies femeninos en la repoblación.

Por último, se pueden realizar simplemente plantaciones de acebo en repoblaciones acogidas a las ayudas de reforestación de la PAC en zonas con las características edáficas y climáticas adecuadas para la especie, donde cabría recurrir a la reposición de marras y aplicar todos los cuidados culturales (riegos, fertilización, podas de formación, etc.) que se considerasen oportunos. El objetivo de estas plantaciones sería conseguir una buena cubierta arbórea y, a medio y largo plazo, el aprovechamiento de ramilla ornamental.



Figura 5. Plantas de *Ilex aquifolium* a los cinco años de su plantación en el monte de Valsáin, Segovia (Foto: E. Sastre).

5. Planificación de la repoblación

No se pueden establecer métodos específicos de preparación del suelo para esta especie. Así, en el programa de reforestación de tierras agrarias de Castilla y León le resultan aplicables diferentes métodos según zonas. En el caso en que se le reconoce el carácter de especie principal (zona de Demanda-Urbión) la preparaciones del suelo aconsejables son el subsolado lineal y las fajas subsoladas (pendiente < 30%). En el caso de que el acebo se implante para enriquecimiento de un área ya forestada u ocupada por bosque o para diversificación de especies, el método de preparación del suelo debe ser puntual para evitar el paso de maquinaria por áreas de bosque o vegetación ya instaladas. Cuando se trata de plantaciones para producción ornamental, es usual, dado que se tratará de suelos profundos y el tamaño de la planta a utilizar será mayor, recurrir al ahoyado y alcanzar al menos 60-100 cm de profundidad.

Dado que generalmente el acebo se utiliza como especie de acompañamiento, la densidad de plantación viene dada por la que se haya fijado para la especie principal estableciéndose, en su caso, que el número de pies de acebo forme parte del 10% del total, en ocasiones hasta del 30%. En el programa de reforestación de tierras agrarias de Castilla y León cuando el acebo es reconocido como especie principal se marcan densidades del orden de 1.100 pies ha⁻¹. Cuando se emplea para la consecución de setos o pantallas cortavientos, generalmente en mezcla con otras especies, los pies se pueden plantar en líneas simples o, preferiblemente, dobles (en forma escalonada) y a una distancia entre ellos de 0,4-0,5 m y de 0,3-0,4 m entre filas. En el caso de plantaciones de producción de

ramilla ornamental la distancia de plantación debe ser tal que permita la mecanización de los trabajos culturales. La tendencia actual en Norteamérica es hacia el cultivo en setos, con marcos de plantación $2,5-3 \times 6$ m (Galle, 1997). En cuanto a la proporción de plantas según sexo, se recomienda la presencia de 1 pie masculino cada 20 femeninos (Appleton *et al.*, 1996), debiéndose asegurar un buen reparto del polen mediante una distribución uniforme de los pies masculinos en la plantación.

Se hace precisa la protección de los brinzales de acebo frente a la depredación por herbívoros. Por ello, salvo que se trate de zonas con algún tipo de cercado perimetral como en las plantaciones de tipo productivo, se requiere el empleo de tubos protectores. No se tiene información sobre el efecto de los tubos invernadero en la supervivencia y crecimiento de las plantas. En principio, dado su empleo en zonas de montaña, resulta más aconsejable el empleo de protectores de malla que el de tubos cerrados para evitar daños a la planta por la acumulación de nieve en su interior. Posteriormente es importante supervisar los protectores instalados, restituyendo o recolocando aquellos afectados por la acción de los animales, el viento u otros agentes.

En todo caso, la facultad del acebo para rebrotar de cepa posibilita que se sobreponga a los daños causados. Vista su vulnerabilidad a la sequía, resulta oportuno, si existe posibilidad, la aplicación de riegos durante el primer verano cuando las condiciones climáticas son más xéricas de lo previsto.

Como las zonas susceptibles de empleo del acebo son propicias a la aparición de vegetación competitiva, la escasez de recursos puede hacer que resulte recomendable el uso de herbicidas durante los dos primeros años de instalación. En tal sentido, una aplicación con oxifluorfen 24% p/v al final del invierno, durante los primeros dos años, puede ser suficiente para el correcto desarrollo de las plantas.

Dado su inclusión generalmente como especie enriquecedora en las restauraciones, resulta oportuno reponer las marras producidas durante el primer año, al objeto de intentar mantener la presencia prevista.

De forma particular, en el caso de plantaciones para producción de ramilla ornamental se considera que los cuidados mínimos necesarios son (García González *et al.*, 1997): una fertilización anual en los primeros años antes del inicio del período vegetativo, el riego de la plantación durante el mismo, comenzando a regar desde la apertura de las yemas, una protección adecuada frente al ganado y la fauna silvestre y una vigilancia constante y exhaustiva de la plantación.

Dado que la polinización la realizan fundamentalmente abejas es recomendable la colocación de colmenas en estas plantaciones o en sus alrededores, que se puedan mover por la zona durante el período de plantación (Roberts y Ticknor, 1970; Appleton *et al.*, 1996; Galle, 1997). En el caso de que no exista suficiente población apícola para la polinización debe aumentarse al doble la proporción de pies masculinos (Appleton *et al.*, 1996). Hay que tener precaución con los productos utilizados en las plantaciones por los posibles daños que pueden causar a las abejas.

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. 121-124.
- APPLETON B.L., SPIVEY D., SMITH L.J., FRENCH S.C., 1996. Virginia cut holly production: orchard layout and planting. Virginia cooperative extension. pp. 430-467.
- ARRIETA S., 2002. Dinámica de la regeneración de las acebedas (*Ilex aquifolium* L.) en el centro peninsular. Ph.D. thesis. Departamento de Ecología. Universidad Autónoma de Madrid.
- ARRIETA S., SUÁREZ F., 2001. Dispersión endozoócara de las semillas de acebo (*Ilex aquifolium* L.) por el ganado vacuno: importancia cuantitativa y espacial. En: XLI Reunión Científica de la S.E.E.P. I Foro Iberoamericano de Pastos. Alicante. pp. 135-140.
- BACCHETTA G., BELLETTI P., BRULLO S., CAGELLI L., CARASSO V., CASAS J., CERVELLI C., ESCRIBÀ M., FENU G., GORIAN F., GÜEMES J., MATTANA E., NEPI M., PACINI E., PAVONE P., PIOTTO B., PONTECORVO C., PRADA A., VENORA G., VIETTO L., VIREVAIRE M., 2006. Manuale per la raccolta, studio, conservazione e gestione *ex situ* del germoplasma. APAT, Italia.
- BLANCO E., CASADO M.A., COSTA M., ESCRIBANO R., GARCÍA-ANTÓN M., GÉNOVA M., GÓMEZ-MANZANEQUE A., GÓMEZ-MANZANEQUE F., MORENO J.C., MORLA C., REGATO P., SAINZ-OLLERO H., 1997. Los bosques ibéricos. Una interpretación geobotánica. Ed. Planeta, Barcelona. pp. 175-211.
- BONNER F.T., 1974. *Ilex* 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. 450-453.
- CANTOS M., LIÑAN J., PÉREZ-CAMACHO F., TRONCOSO A., 1993. Obtención de plantas selectas de vid, variedad Zalema, libres de la virosis "entrenudo corto". Actas de Horticultura. II, 705-709.
- 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. 222-223.
- DIRR M.A., HEUSER JR.CW., 1987. The reference manual of woody plant propagation. Athens, GA: Varsity Press.
- FERREIRA A.G., HU C.Y., 1989. Light-mediated inhibition of *in vitro* late embryogenic of *Ilex*. J. Amer.Soc. Hort. Sci. 114, 819-823.
- 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]
- GALLE F.C., 1997. Hollies: the genus *Ilex*. Timber Press. Portland, Oregon.
- GARCÍA M.D., 2001. Aprovechamiento sostenible de las acebedas del Sistema Ibérico Norte: caracterización, crecimiento, propagación, conservación, tratamientos selvícolas y producción de ramilla con fines ornamentales. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid, ETSI de Montes.
- GARCÍA DEL BARRIO J.M., DE MIGUEL J., ALÍA R., IGLESIAS S., 2001. Regiones de identificación y utilización del material forestal de reproducción. Serie cartográfica, Ministerio de Medio Ambiente.
- GUITIÁN J., 1989. Consumo de frutos de acebo (*Ilex aquifolium* L.) y movilización de semillas por paseriformes en las montañas cantábricas occidentales. Ardeola 36, 73-82.
- HU C.Y., SUSSEX I.M., 1971. *In vitro* development of embryoids on cotyledons of *Ilex aquifolium*. Phytomorph. 21, 103-107.
- HU C.Y., OCHS J.D., MANCINI F.M., 1978. Further observations on *Ilex* embryoid production. Zeitschrift fur Pflanzenphysiologie 89, 41-49.

- HU C.Y., ROGALSKI F., WARD C., 1979. Factors maintaining *Ilex* rudimentary embryos in the quiescent state and the ultrastructural changes during *in vitro* activation. Bot. Gaz. 140, 272-279.
- ISTA (International Seed Testing Association), 2011. International rules for seed testing. Edition 2011. ISTA, Bassersdorf, Switzerland.
- KRÜSSMANN G., 1981. La pépinière, multiplication des arbres, arbustes, conifères et arbres fruitiers. La Maison Rustique, Paris.
- LOGORELLI C., 2006. Il genere *Ilex* e la sua specie *aquifolium*. Torsanlorenzo 8(11), 13-15.
- LÓPEZ GONZÁLEZ G.A., 2001. Los árboles y arbustos de la Península Ibérica e Islas Baleares. Tomo II. Ed. Mundi-Prensa, Madrid. pp. 1233-1237.
- LOURO V., PINTO G., 2011. Sementes, uma ponte entre o passado e o futuro da floresta. Ministério da Agricultura, Mar, Ambiente e Ordenamento do Território. CENASEF. pp. 31-38.
- MAJADA J.P., SÁNCHEZ-TAMES R., REVILLA M.A., CASARES A., 2000. Micropropagation of *Ilex aquifolium* L. In Vitro Cell. Dev. Biol.-Plant 36, 521-526.
- MONTOYA OLIVER J.M., 1994. Estudio y Ordenación de las acebedas de Castilla y León. Junta de Castilla y León. Inédito.
- MORTE M.A., OLMOS E., HELLIN E., PIQUERAS A., 1991. Micropropagation of holly (*Ilex aquifolium* L.). Acta Hort. 289, 139-140.
- 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.182-184.
- OBESO J.R., 1996. Producción de frutos y semillas en *Ilex aquifolium* L. (*Aquifoliaceae*). Anal. Jard. Bot. Madrid 54, 533-539.
- ORIA DE RUEDA J.A., 1991. Conservación y manejo de acebo y acebedas. Quercus 48, 4-12.
- ORIA DE RUEDA J.A., 1992. Las acebedas de Castilla y León y La Rioja: origen, composición y dinámica. Ecología 6, 79-91.
- PETERKEN G.F., LLOYD P.S., 1967. Biological flora of the British Isles. L.C. (Ed. 11), 365, 841-859.
- PIOTTO B., 1992. Semi di alberi e arbusti in Italia: come e quando seminarli. Società Agricola e Forestale (Grupo ENCC), Roma.
- REY H.Y., SANSBERRO P.A., COLLAVINO M.M., DAVIÑA J.R., GONZÁLEZ A.M., MROGINSKI L.A., 2002. Colchicine, trifluralin, and oryzalin promoted development of somatic embryos in *Ilex paraguariensis* (*Aquifoliaceae*). Euphytica 123, 49-56.
- RICHARDS A.J., 1988. Male predominant sex ratios in Holly (*Ilex aquifolium* L., *Aquifoliaceae*) and Roseroot (*Rhodiola rosea* L., *Crassulaceae*). Watsonia 17, 53-57.
- ROBERTS A.N., TICKNOR R.L., 1970. Commercial production of English holly in the Pacific Northwest. Am. Hort. Mag. 49, 301-313.
- ROBERTS A.R., BOLLER C.A., 1948. Holly production in Oregon. Corvallis, Oregon. Agric. Exp. Stat. 455, 1-31.
- RUIZ DE LA TORRE J., 2006. Flora Mayor. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Dirección General para la Biodiversidad, Madrid. pp. 1295-1300.
- SWARTZ H.J., MATISSE P., DEYTZER G., EISSENBEISS G.K., 1994. Progress on holly improvement using tissue culture. Holly Soc. J. 12, 13-15.
- TRONCOSO A., CANTOS M., LIÑÁN J., GARCÍA M.R., TRONCOSO J., 2003. Uso del cultivo *in vitro* para la reproducción de plantas de bosque de interés en Andalucía. En: Material vegetal de reproducción: manejo, conservación y tratamiento. (Sánchez A., Arroyo M., Navarro R.M., coords.). Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía. pp. 205-206

VALLADARES F., ARRIETA S., ARANDA I., LORENZO D., SÁNCHEZ-GÓMEZ D., TENA D., SUÁREZ F., PARDOS J.A., 2005. Shade tolerance, photoinhibition sensitivity and phenotypic plasticity of *Ilex aquifolium* in continental Mediterranean sites. *Tree Physiol.* 25, 1041-1052.

Juglans spp.

Nogal; *cat.*: noguera, noguer, nogué; *eusk.*: giltzaurr, eltzaurr, intxaurr, intxaust;
gall.: nogueira

Neus ALETÀ SOLER, Antoni VILANOVA SUBIRATS

1. Descripción

Los *Juglans* forman el género de la familia de las Juglandáceas donde se hallan las especies que popularmente se conocen como nogales. La separación de este género se remonta al Eoceno temprano (Manchester, 1989). Actualmente, los nogales se clasifican en 21 especies que se distribuyen por todo el mundo, 17 son nativas del continente americano, nueve de América del Norte, tres de América Central y cinco de Sudamérica; las restantes tienen su origen en Asia Central. *Juglans* se divide en cuatro secciones botánicas: *Juglans* (anteriormente *Dioscaryon*) que incluye sólo la especie *J. regia* L. o nogal blanco; *Rhizocaryon* que agrupa a las especies de nogales negros, todos ellos originarios del continente americano; *Cardiocaryon* que engloba a los nogales centroasiáticos y *Trachycaryon* a *Juglans cinerea* L. existente en el noreste de EE.UU. y Canadá. Todas las especies de *Juglans* son diploides ($2n=32$) y se caracterizan por hibridarse entre ellas con relativa facilidad dando lugar a híbridos naturales. Algunos de ellos como los ‘Paradox’ (*J. hindsii* x *J. regia*) se utilizan con fines frutícolas, como patrones de *J. regia* en plantaciones frutales, otros como los ‘Royal’ (*J. nigra* x *J. hindsii*) o los *Juglans* x *intermedia* (*J. nigra* x *J. regia*) tienen interés para uso forestal (McGranahan y Catlin, 1987; Jay-Allemand *et al.*, 1996; Aletà y Vilanova, 2006).

1.1. Morfología

Los nogales negros (*Juglans nigra*) son árboles de envergadura que precisan un gran espacio vital. En bosques naturales de EE.UU. suelen alcanzar alturas superiores a los 30 m con gran facilidad. El tallo se agrieta desde temprana edad, su gruesa corteza va adquiriendo un color muy oscuro, característico de los troncos de los nogales negros. Su copa es amplia con una tendencia natural a mantener la hegemonía de la guía que facilita su formación en plantación. Las hojas tienen un color verde intenso y su tacto es tomentoso, son compuestas, imparipinnadas y alternas y presentan entre 17 y 23 folíolos; el folíolo terminal es pequeño y a menudo, incluso, incipiente. El árbol es de hoja caduca y sus órganos vegetativos se caracterizan por despedir un olor característico que recuerda al limón concentrado. En la fase juvenil del crecimiento el tallo suele presentar una dominancia apical, clara en ausencia de traumatismos, con crecimientos anuales sucesivos. La ramificación es densa y proviene, mayoritariamente, de las yemas del año anterior; en buenas condiciones de estación un cierto número de yemas del año acaban también formando rama. Las ramificaciones a nivel secundario, terciario y posteriores se producen del mismo modo y este tipo de crecimiento se mantiene mientras el vigor de las ramas es suficiente. La fructificación se da en posición apical y supone la ralentización e incluso la parada del crecimiento vegetativo del brote correspondiente. Las ramas son finas, en

relación con el diámetro del tronco de donde nacen y suelen tener un ángulo de inserción cercano a la horizontal. El crecimiento anual suele ser mono o bicíclico, el primario se ralentiza con la entrada del verano produciéndose una lignificación muy temprana de los brotes, haciéndolos muy quebradizos. Esta característica es de suma importancia y obliga a mantener las copas bien equilibradas los primeros años de formación ya que el peso de la propia rama puede resquebrajar la inserción al tronco. Una vez alcanzada la fase adulta, las ramas de las zonas interiores envejecen y se secan, lo que acaba produciendo un efecto beneficioso de autopoda. La raíz pivotante tiene tendencia a profundizar alcanzando fácilmente los 3 m; a partir del segundo año ramifica abundantemente. El engrosamiento del cuello de la raíz es muy característico en el género y muy evidente en los plantones de primer y segundo año, mostrando su raíz principal el aspecto de un nabo. El desarrollo del árbol adulto está muy ligado a la disponibilidad de suelo explorable.

El nogal común puede alcanzar los 20 m de altura, con un tronco grueso y una corteza lisa grisácea, a menudo hasta blanca, que con el paso de los años se acaba agrietando. El grado de suavidad y resquebrajamiento de la corteza aportan información sobre la edad del árbol y el grado de duraminización, muy ligado al cambio de color de la madera (Montero *et al.*, 2003). La copa suele ser amplia y está formada por ramas gruesas en posición abierta, de corteza gris-plateada y cubierta por un follaje disperso. Las hojas son compuestas, alternas, imparipinnadas, caedizas y grandes, de 5 a 9 foliolos, siendo el localizado en posición terminal de mayor tamaño que los restantes. Durante su primer año está formado por un tallo recto y no ramificado. Barthélémy *et al.* (1995) describen el desarrollo de la arquitectura del nogal, en la cual la yema apical del fuste forma brotes anuales consecutivos, cada vez más largos, en buenas condiciones de crecimiento y en ausencias de traumatismos.

A la vez que se forma el fuste aparece la ramificación a partir de las yemas formadas en el año anterior. La intensidad de ramificación suele ser baja y las ramas se desarrollan, sobre todo, entre la zona media y la apical del brote del año anterior. Todos los brotes anuales del fuste se ramifican al año siguiente de su formación. En la fase juvenil, el vigor de los árboles suele dar lugar a ramificaciones del año del mismo tamaño que las ramas de donde proceden, lo que ocasiona serios problemas en la formación de un fuste sin defectos. La floración femenina, al contrario que la masculina, afecta a la arquitectura del árbol, al provenir de la transformación del meristemo apical en inflorescencia, por lo que se produce una desviación del brote, a veces, la formación de una horquilla. Estos efectos son especialmente marcados si los materiales fueron seleccionados para producción de fruto. La formación del fruto conlleva la parada del brote apical de la rama, que será sólo estacional si la variedad/clon es acrótona. Los brotes anuales pueden ser mono, bi o tricíclicos dando lugar a una, dos o tres fases de crecimiento que corresponden aproximadamente con la primavera, junio (San Juan) y agosto. Después del segundo crecimiento se inicia la lignificación de las ramas, momento adecuado para realizar las podas de verano. El árbol adulto presenta, en la parte superior, una bifurcación y las ramas superiores siguen desarrollándose en una sucesión simpodial de ejes y de bifurcaciones. Las ramas inferiores se curvan dando lugar al proceso de autopoda. Sigue así hasta la fase de la vejez en la que no crece prácticamente más en altura y la copa, de contorno regular y redondeado, ha alcanzado su máximo desarrollo.

La raíz es inicialmente una zanahoria con un escaso número de raíces secundarias, pero una vez instalado el árbol crecen en profundidad favoreciendo un buen anclaje al terreno.

Existen híbridos naturales (*Juglans x intermedia*) conocidos entre distintos nogales negros y *J. regia*, sin embargo, sólo unos pocos clones de nogales negros han sido seleccionados como parentales por su elevada capacidad hibridógena con el nogal común. Estos clones han sido instalados como progenitores de familia en huertos semilleros diseñados para producir específicamente la progenie híbrida seleccionada. La capacidad de producir semilla híbrida de estos ejemplares fue comprobada por algunos viveristas franceses y, con el apoyo del Institut National pour la Recherche Agronomique (INRA), se identificaron los pertinentes polinizadores para cada clon (Garavel, 1959; Becquey, 1997; Aletà y Vilanova, 2006). Actualmente, son la base de gran parte de las nuevas plantaciones de nogal, para producir madera, instaladas en el sur de Europa en los últimos 15 años (Aletà *et al.*, 2003). Dos son las progenies comerciales más conocidas de estos híbridos: Ng23xRa y Ng209xRa. En la primera el parental femenino es un clon de *J. nigra* y la segunda un clon de un supuesto *J. major* (Aletà y Vilanova, 2006). La gran envergadura de estos nogales se atribuye al resultado del vigor híbrido. Son árboles que necesitan amplios espacios para desarrollarse y suelen tener tamaños superiores a los de sus progenitores desde las primeras fases de crecimiento en el vivero. El tronco presenta un aspecto intermedio entre el de las dos especies, aunque por la suavidad y la ausencia de resquebrajamiento de la corteza en la fase juvenil, recuerda más al de *J. regia*. La copa es también de tipo intermedio entre los parentales; globosa, como la de *J. regia*, pero con una marcada dominancia de la guía que le confiere ventajas importantes en la formación. Las hojas son compuestas e imparipinnadas con el folíolo terminal de tamaño parecido a los laterales adjuntos; se distribuyen sobre un raquis rosáceo en número de 11 a 17. Tanto el desarrollo de ramas como el radical son similares a los de las especies de las que proviene. Mantiene una intensidad de ramas superior a la de *J. regia*, cercana a la de los nogales negros, sin embargo, el grosor de ramas y el ángulo de inserción son parecidos a los del nogal común. La formación de los árboles, durante el período juvenil, está muy condicionada al vigor de las ramas y, en consecuencia, a sus grandes diámetros de inserción en el tronco. En las plantaciones, la horizontalización forzada de ramas unida a podas de verano son intervenciones imprescindibles para conducir adecuadamente estos árboles. Los plantones en vivero tampoco ramifican durante el primer período vegetativo. El mayor crecimiento de los árboles y el número de folíolos suelen ser caracteres suficientes a la hora de distinguir los brinzales híbridos de los que no lo son. Si fuera necesario depurar los viveros de producción pronto, a mediados de primavera, para distinguir los plantones se puede recurrir a la filotaxis de las catafilas de la base del tallo. Estas cicatrices foliares se hallan en posición opuesta en los híbridos y en los *J. regia*, pero en números diferentes, 4 y 7 pares, respectivamente, y en posición alterna sobre los tallos de las especies de los nogales negros utilizados (Becquey, 1997).

1.2. Biología reproductiva

La floración se produce estacionalmente, sólo en primavera (de marzo a junio), aunque en algunos materiales de *J. regia* de origen asiático se encadenan sucesivas floraciones desde la primavera a finales de verano, diferenciándose nuevas flores sobre los mismos brotes o sobre inflorescencias masculinas del año. Los nogales son especies monoicas, con

flores unisexuadas, excepcionalmente hermafroditas (Germain *et al.*, 1999). La floración masculina y femenina en un mismo árbol no suele coincidir plenamente en el tiempo, son especies dicógamas. Mayoritariamente, *J. regia* es una especie protandra, aparecen los amentos antes que las flores femeninas, mientras que en muchos de los materiales de nogales negros ocurre lo contrario, son protoginos. Tanto las flores masculinas como las femeninas son poco vistosas y la polinización es anemófila. En las distintas especies las flores se diferencian entre finales de primavera y el verano del año anterior, las flores masculinas antes que las femeninas; en verano se pueden observar amentos preformados en el brote (Germain *et al.*, 1999).

Las flores masculinas se disponen sobre los brotes del año anterior, en amentos verdes, cilíndricos, compactos y colgantes, agrupados de 1 a 3. La inflorescencia está formada por más de un centenar de flores, cada una de ellas consta de un periantio protector que encierra un importante número de estambres (hasta 40 en *J. regia*), que dan lugar a un ingente número de granos de polen muy ligeros (estimados en más de 1.800.000 en *J. regia*), que se dispersan por el viento a distancias de hasta 500 m (Germain *et al.*, 1999; Polito *et al.*, 2006). Las flores femeninas se desarrollan en posición terminal en el brote del año. Suelen salir de yemas insertadas en el brote del año anterior en posición apical y subapical, mayoritariamente, aunque en algunos materiales también se desarrollan a partir de yemas laterales dispuestas a lo largo del brote del año anterior. Este carácter es de suma importancia para la producción de nueces y se denomina fructificación lateral pero, en cambio, es altamente negativo para el uso forestal ya que está ligado a la entrada en producción precoz y con ello a la ralentización del crecimiento (Germain, 1992). Pueden ser solitarias o disponerse en grupos de 2 a 5 flores. También pueden formar una inflorescencia en forma de racimo. La flor es apétala con un ovario ínfero unilocular que encierra un solo óvulo ortótropo entre dos carpelos soldados (Germain *et al.*, 1999; Ruiz de la Torre, 2006).

Una de las características generales de todos los híbridos de *Juglans* es su escasa vocación florífera. Es habitual que no tengan amentos o que éstos caigan en los primeros estadios evolutivos. En cualquier caso, la producción de frutos es exigua y se inicia bien entrada la fase adulta de crecimiento, 10-12 años (Aletà y Vilanova, 2006).

Los frutos maduran de agosto a octubre y son dehiscentes en *J. regia* e indehiscentes en los nogales negros (Fig. 1). La producción de frutos puede comenzar a partir de los tres años pero, en árboles no seleccionados para producción frutal, lo habitual es a partir de los seis años. La dispersión de la semilla es ornitócora e hidrócora. Los frutos son drupas con epicarpo liso en *J. regia* y rugoso en los nogales negros y mesocarpo carnoso y delgado en todas ellas, ambos de color verde. La semilla tiene un endocarpo leñoso de dureza y grosor variable, comparando *J. regia* con los nogales negros, la primera tiene una cáscara fácilmente rompible, aunque existe una graduación muy marcada de durezas dentro de la propia especie, mientras que las nueces de nogal negro son todas extremadamente duras (Fig. 2). La nuez consta de dos valvas unidas por un burlete de sutura que puede ser muy prominente o pasar desapercibido externamente como en la mayoría de las nueces de nogal negro. La cáscara está dividida en cuatro cavidades y puede ser lisa, rugosa o asurcada.



Figuras 1 a y b. Frutos indehiscentes de *Juglans nigra* (izquierda); frutos dehiscentes de *J. regia* (derecha) (Foto: IRTA-Producción Agroforestal).



Figuras 2 a y b. Nueces de *Juglans nigra* (izquierda) y *J. regia* (derecha).

1.3. Distribución natural y ecología

Juglans nigra, o nogal americano, es la especie de nogal forestal por excelencia. Es autóctona del centro-este americano y se extiende entre las latitudes 25 y 45 °N de este continente. Actualmente existen todavía áreas forestales donde crece espontáneamente como frondosa principal. Es también la especie de nogal negro más extendida en Europa. Es una especie bien adaptada a climas continentales con marcadas oscilaciones termométricas. Soporta fríos invernales intensos de hasta -43 °C. Sin embargo, existen diferencias entre procedencias, en particular en longitud de período vegetativo, aspecto a considerar en zonas con heladas primaverales tardías. En otoño, su ciclo vegetativo es marcadamente más corto que el de *J. regia*, lo que le confiere una resistencia superior a las heladas tempranas. Un período libre de heladas superior a 170 días es adecuado a su desarrollo (Masson, 2005). Las altas temperaturas veraniegas agradan a los nogales negros y facilitan su correcta lignificación pero deben disponer de suficiente aporte

hídrico, una dotación equiparable a la de los chopos. En ladera prefiere las exposiciones norte o este antes que sur (Becquey, 1997). *Juglans nigra* soporta bien la competencia de otras frondosas en los períodos de elevado crecimiento primario, sin embargo, los aumentos en diámetro sólo se conseguirán con las adecuadas claras. Como la mayoría de *Juglans* precisa de suelos profundos y filtrantes, que no se encharquen ni en parada vegetativa, para lograr buenos crecimientos. Además, *J. nigra* suele preferir suelos neutros o ligeramente ácidos. No soporta los altos niveles de caliza activa, donde presenta clorosis con facilidad, ni cualquier condición edáfica que limite el buen desarrollo de su raíz pivotante (Masson, 2005). Los principales enemigos de los nogales negros son el viento, ya que los nuevos brotes son muy quebradizos, y la enfermedad producida por el hongo *Gnomonia leptostyla*, antracnosis que puede llegar a provocar importantes defoliaciones. Esta enfermedad es particularmente temible en *J. hindsii* y esta susceptibilidad se refleja también en muchos de los híbridos en los que interviene esta especie como parental: los ‘Paradox’ (*J. hindsii* x *J. regia*) o los ‘Royal’ (*J. hindsii* x *J. nigra*). Los nogales negros son considerados sensibles a *Phytophthora* spp. aunque existen importantes variaciones entre procedencias. Los fenómenos de alelopatías se citan como importantes en los nogales negros; algunas especies de solanáceas, por ejemplo berenjenas o tomates, no se desarrollan adecuadamente al pie de los mismos. En ensayos en cultivo hidropónico, el maíz o la soja se vieron afectados en su crecimiento por la juglona (Shibu y Gillespie, 1998). Incluso, se citan efectos nocivos en el comportamiento de herbívoros que se alimentan del pasto crecido entre *J. nigra* (Adair *et al.*, 2000). Estos efectos se atribuyen a la elevada concentración de juglona presente en nogales negros en todos sus órganos vegetativos. Sin embargo, en muchas áreas de EE.UU. son habituales las explotaciones de *J. nigra* combinadas con maíz entre las calles durante los primeros 12-15 años de la plantación y no se mencionan interferencias con la especie herbácea ni en crecimiento ni en la calidad del grano producido.

Juglans regia presenta una capacidad de adaptación a amplias condiciones climáticas, producto de la naturalización ancestral a distintas zonas. Es menos resistente a los fríos invernales que los nogales negros pero, en zonas de centro Europa, se encuentran materiales que soportan temperaturas de hasta $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Al nogal común del sur de Europa, el de la Península Ibérica, le gustan los climas suaves y templados aunque soporta el calor durante la estación de crecimiento si cuenta con un buen suministro de agua en el suelo (Rivera *et al.*, 1997). Es sensible a los fríos intensos y, sobre todo, a las heladas precoces que pueden causar daños mortales sobre plantones jóvenes y dañar irreversiblemente la formación de los árboles al afectar las guías si el crecimiento del año no ha alcanzado una buena lignificación. Para obtener buenos resultados en sus plantaciones debe instalarse en una estación adecuada donde las temperaturas medias superen los $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante al menos seis meses al año, siendo recomendable evitar plantar donde se produzcan con frecuencia temperaturas inferiores a $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Requiere una mínima precipitación anual de 700 mm, bien repartidos a lo largo de todo el año, o en su defecto suelos con gran capacidad de retención de agua que puedan atender sus necesidades cuando la precipitación sea insuficiente (Garavel, 1959; Becquey, 1990). Sólo se puede plantar en estaciones más secas si se dispone de soporte hídrico.

Es una especie heliófila con un marcado fototropismo que presenta un comportamiento lumínico variable según su edad. En los primeros años las exposiciones muy directas al

sol pueden provocar quemaduras y necrosidades en la corteza, por lo que necesita cierto abrigo que no requiere de adulto. La copa, dispersa y poco ramificada de los primeros años, comporta un pequeño crecimiento secundario que favorece la deformación de los árboles bajo condiciones ventosas, provocando deformaciones y roturas en los troncos (Becquey, 1990).

Para el nogal deben evitarse los fondos de valle expuestos a fríos intensos y los llanos y laderas con fuertes pendientes, donde los suelos son poco profundos y tienen una reducida capacidad de retención de agua. Su potente sistema radicular axonomorfo precisa de suelos con una profundidad mínima de 50 cm. La presencia de caliza activa en el suelo no es limitante para el crecimiento del nogal aunque, un exceso de la misma, puede conducir a una clorosis en las hojas de las plantas jóvenes y al secado de brotes e incluso, en casos extremos, acarrear la muerte del árbol. El pH del suelo debe situarse entre 6 y 8 (Masson, 2005). En cuanto a la textura, no le son propicios los suelos muy arenosos, por secos, y los arcillosos por las limitaciones en la aireación del suelo y las dificultades en el drenaje, prefiriendo los arcillo-limosos, arcillo-arenosos, limosos y franco-limosos. Un exceso de sales solubles en el suelo, una alta concentración de sodio intercambiable o un exceso de boro y una deficiencia en nutrientes, pueden afectar a su crecimiento (Montero *et al.*, 2003). Dada la dispersión realizada por el hombre, se pueden encontrar nogales a una gran altitud. Sus altitudes superiores son alcanzadas en el Himalaya (2.500 m) y Gran Atlas marroquí (2.450 m), llegando en España a 1.600 m (Sierra Nevada). Su altitud media se sitúa en los 600 m aunque puede desplazarse, en buenas estaciones, a cotas entre 700 y 800 m (Masson, 2005).

El nogal se comporta como una especie de importantes requerimientos en espacio, soporta muy mal la competencia y sólo, excepcionalmente, podemos encontrar nogales insertos en una masa forestal. Su situación típica es la de un árbol de borde o aislado, relacionado con las poblaciones humanas, ya que el hombre es su principal dispersor. El nogal común genera, también, sustancias que impiden o dificultan el desarrollo de otras especies. La juglona se cita como agente con un efecto depresor sobre numerosos microorganismos del suelo, como pueden ser el género *Frankia*, hongo simbiote de muchos árboles y arbustos, esencial por su capacidad para fijar nitrógeno (Bosco *et al.*, 1997). Estos mismos autores recogen la mortalidad de alisos en plantaciones mixtas con nogal y, en menor medida, se ha observado la pérdida de *Elaeagnus* spp., arbusto asociado también con *Frankia*, en plantaciones de nogal (Montero *et al.*, 2003).

Como especie forestal los principales daños a los que puede verse sometida en fase juvenil son las heladas de otoño y los ataques del barrenador de la madera *Zeuzera pyrina* que en zonas cercanas a áreas de producción frutal puede causar estragos irreversibles sobre la formación de los árboles. *J. regia* es muy sensible a *Armillaria mellea* lo que obliga a gestionar bien las claras en una plantación con vocación forestal y a utilizar sistemas apropiados de desvitalización de tocones si fuere necesario. Los daños por asfixia radical, en terrenos compactos, derivan fácilmente a problemas de *Phytophthora*. Sin embargo, la principal afección del nogal común es una enfermedad bacteriana provocada por *Xanthomonas campestris* pv. *juglandis* que ataca, prácticamente, a todos los órganos vegetativos y productivos y causa una marcada depresión de la vegetación de los árboles y a la que *J. nigra* denota una cierta resistencia. La antracnosis es también una afección

a considerar aunque los niveles de ataque no suelen ser tan exagerados como en los nogales negros. En *J. regia* cabe destacar, también, las afecciones de *Brenneria* sp. que no suelen ser irreversibles para la vida del árbol pero sí afectan a la calidad de la madera que producirá el árbol atacado (Aletà *et al.*, 2008).

Los materiales híbridos presentan exigencias ecológicas parecidas a las de sus parentales, es decir, necesidad de un amplio espacio vital, suelos profundos y, como todos los nogales, no toleran bien los suelos pesados. Cabe destacar que poseen, en su conjunto, una mayor rusticidad derivada, sin duda, de su gran vigor. La progenie Ng23xRa se adapta bien a zonas con períodos cortos libres de heladas y precisa, para su desarrollo, de un período vegetativo similar al de *J. nigra*. Los materiales de Ng209xRa o de ‘Paradox’ se adaptan mejor a terrenos calizos y precisan períodos vegetativos de mayor amplitud. Los híbridos tienen tendencia a producir ramas de gran grosor los primeros años, por ello es aconsejable plantarlos inicialmente a un marco no definitivo o instalar especies acompañantes. Destaca el ‘Vlach’, un clon de ‘Paradox’ que es particularmente vigoroso. En estos casos, los años de formación son cruciales para el futuro de la plantación. Los híbridos *Juglans x intermedia* suelen soportar mejor que *J. regia* las heladas de otoño. En cuanto a la brotación de primavera, se produce normalmente con posterioridad al 15 de abril, aunque existe una gran variabilidad dentro de una misma descendencia híbrida. Los híbridos con parental *J. hindsii* son de brotación muy precoz (Aletà y Vilanova, 2006). Se les considera susceptibles a las enfermedades provocadas por *Phytophthora* o *Armillaria mellea* pero a un nivel inferior al de *J. regia*. El clon IRTA X-80 lo es particularmente. Mj209xRa se está recomendando como patrón frutal en zonas con problemas de asfixia radical o con presencia de *A. mellea* en el suelo. Los daños por *Zeuzera pyrina* son equiparables a los de *J. regia*, la médula de los brotes de *Juglans* facilita el paso de las larvas que recorren el crecimiento del año con suma facilidad. En los brinzales híbridos existe una gran variabilidad en la susceptibilidad a enfermedades. Sin embargo, en las plantaciones españolas se ha observado que la progenie Ng23xRa es susceptible a bacteriosis, presentando en zonas propicias al desarrollo de esta enfermedad abundantes necrosis en los brotes. Los materiales de Mj209xRa son fácilmente afectados por el hongo *Microstoma juglandis* aunque por ahora los daños no parecen interferir en su crecimiento.

2. Materiales forestales de reproducción

2.1. Marco normativo. Identificación de los materiales de reproducción

El género *Juglans* y sus híbridos artificiales están sujetos a la normativa nacional sobre producción y comercialización de materiales forestales de reproducción (RD. 289/2003), al haber sido incorporados por España de forma voluntaria al sistema de certificación de la UE. Las regiones de procedencia de las especies del género se establecen siguiendo el método divisivo, a partir de las Regiones de Identificación y Uso (RIUs) definidas en su momento (García del Barrio *et al.*, 2001). En la Figura 3 aparecen representadas las regiones de procedencia de *J. regia*, cuyas características ambientales abióticas se reseñan en la Tabla 1 (Alía *et al.*, 2009).

La falta, hasta hace bien poco, de materiales de base de *Juglans* en el Catálogo, ha propiciado



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

que se estén comercializando materiales muy diversos, como son las procedencias francesas de *J. regia* *Lozeronne* y *Charente*, las italianas *Bleggiana*, *Sorrento/Malizia* y *Feltrina*, las plantas injertadas de variedades de fruto caracterizadas por su vigor y las progenies de algunos progenitores de familia seleccionados por el IRTA en España o por el ISSA en Italia. También se han comercializado distintos nogales híbridos con *J. regia* como parental masculino; entre los más extendidos están las progenies francesas Mj209xRa y Ng23xRa (Aletà *et al.*, 2004; Aletà, 2005).

Actualmente, en España, está declarado como material de base identificado varias fuentes semilleras de *J. nigra* (tres, localizadas en Guipúzcoa, Navarra y Guadalajara) y de *J. regia* (70 distribuidas entre el País Vasco, Navarra, Madrid, Valencia, Castilla-La Mancha, Castilla-León y La Rioja). Sin embargo, el objetivo productor que tiene el uso de estas especies en la repoblación hace necesaria la utilización en las mismas de materiales cualificados o controlados. A finales del año 2006 se aprobaron los primeros materiales de base para la producción de material cualificado. Como se puede observar, algunos de los clones, además de registrados como materiales de base, tienen solicitada la protección vegetal a nivel español o europeo. Ahora bien, las dificultades de propagación vegetativa inherentes a estas especies, en las que los clones de *Juglans* registrados se reproducen mayoritariamente *in vitro* o por injerto, restringen la obtención de planta a aquellos materiales que propagan mejor. En estas condiciones, mantener una adecuada diversidad

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

RP	Pres (%)		Altitud (m)			Precipitación (mm)		A (meses)			Temperatura (°C)			Osc (°C)	Hs (meses)	Tipo de suelo (FAO)
			Med	Max	Min	Anual	Estival		Med	MaxMC	MinMF					
1	1	110	175	35	1323	124	1	13,5	25,1	4,4	10,8	0	CMtu(50) RK(50)			
2	4,2	506	730	349	1079	119	1,3	12	27,1	1	14,6	0	CMtu(50) RK(50)			
3	7,2	270	826	51	1265	189	0	12,6	23,7	2,7	11,3	0	CMc(33) RK(24) CMtu(18) LVx(18)			
4	13,3	603	1272	162	1256	174	0,2	11,3	24,8	0,1	13,4	1	CMtu(34) CMc(30) RK(20) LPc(13)			
5	2,9	973	1293	607	928	109	1,5	9,9	26,6	-2	16,2	3,1	RK(44) CMtu(39) FLe(17)			
6	7,7	380	767	44	1567	233	0	12,5	24,6	2,7	12,9	0	CMtu(42) CMc(31) LVx(21)			
7	2,7	623	832	398	845	136	1	11,3	26,4	0,6	14,7	0,3	CMc(71) CMtu(24)			
8	5,3	1109	1514	808	849	242	0	9,4	26,5	-4,1	17,2	4,8	CMtu(79)			
9	4,5	651	1181	282	935	248	0	12	28,3	-1,3	17,1	2	CMc(68) CMtu(18) ANo(14)			
10	2,6	213	768	39	793	159	0,8	14,5	29	2,2	15,8	0	CMc(44) CMtu(31) FLe(13) RK(10)			
11	1,4	394	705	232	560	129	1,6	13,7	30,9	0,1	18,9	0,7	CMc(89) CMtu(11)			
13	0,3	980	996	963	479	104	2,2	11,3	29,8	-2,1	18,1	3,1	CMc(100)			
14	1,6	605	837	399	536	113	2,3	12,1	28,3	0,5	16,4	0,4	CMc(80) CMg(20)			
15	2,4	893	1423	676	716	149	0,7	10,6	26,6	-0,9	15,8	1,8	CMc(53) CMtu(27) CMc(13)			
16	4,8	855	1118	772	518	85	2,6	11,2	29	-1	17,2	2,1	FLe(50) CMc(37) CMg(10)			
17	2,6	795	1180	688	494	69	3	11,5	29,6	-1	17,5	2,1	FLe(38) CMc(13) CMc(13) CMg(13)			

RP	Pres (%)	Altitud (m)			Precipitación (mm)		A (meses)	Temperatura (°C)			Osc (°C)	Hs (meses)	Tipo de suelo (FAO)
		Med	Max	Min	Anual	Estival		Med	MaxMC	MinMF			
18	2,2	892	1109	665	913	78	2,5	12,3	30,5	-0,2	17,6	0,9	CMtu(71) LPd(21)
19	6,7	1024	1494	421	902	74	2,6	12,1	30,9	-0,8	18,1	1,9	CMd (38) CMtu(36) LPd(21)
20	1,9	993	1297	761	657	82	2,6	11,8	29,9	-0,7	17,8	1,5	CMtu(50) CMe(33)
21	5,9	865	1135	577	535	79	2,9	12,4	32	-1,1	18,6	2,1	CMe(95)
22	0,6	1017	1224	878	708	97	2,2	11,2	31,3	-2,5	18,7	3,8	CMe(100)
23	2,4	926	1123	555	531	119	1,5	12,1	28,1	0,1	16,6	0,8	CMe(93)
25	1	621	891	200	580	67	2,9	14,7	29,9	2,9	15,9	0	CMe(83) FLe(17)
26	5	963	1210	721	617	84	2,7	12,2	32,1	-1,3	18,9	2,7	CMe(94)
27	0,2	699	699	699	460	70	3,4	13	33	-0,9	18,9	2,2	CMe(100)
28	0,5	669	686	644	470	56	3,7	13,8	33,2	0,4	19,4	0	LVv(67) FLe(33)
29	0,2	736	736	736	855	57	3,1	14,7	33,3	1,5	19,6	0	LPd(100)
30	0,3	511	512	510	709	40	3,6	15,1	32,7	3,6	17,8	0	CMd (50) CMe(50)
33	0,2	690	690	690	429	62	3,6	13,3	32,8	-0,7	19,8	1,4	CMg(100)
34	1	912	1038	671	488	70	3,4	13,7	32,1	0,8	18,8	0	CMe(83) CMe(17)
35	1,8	1040	1312	453	554	73	3	13,2	31	0,8	17,8	0,2	CMe(100)
36	0,5	910	1296	548	381	58	4,4	14,1	31,5	1,1	18,2	0,7	CMe(67) CMe(33)
39	2,6	1358	1785	787	661	35	3,6	12,7	30,6	0,2	17,4	0,7	CMe(50) CMe(50)
40	0,3	749	890	607	542	30	4,4	14,7	32,3	1,6	17,1	0	CMe(100)
41	0,3	386	444	328	775	28	4,1	16,7	33,8	4,1	17	0	CMe(50) VRx(50)
42	0,3	690	696	684	1322	42	3,2	15	30,8	4,4	15,6	0	CMe(50) CMtu(50)
44	0,2	221	221	221	673	23	4,3	17,2	36,2	3,7	18	0	CMe(100)
45	0,5	576	690	486	749	41	3,6	15,3	33,4	2,4	17,6	0	CMe(100)

RP	Pres (%)		Altitud (m)			Precipitación (mm)		A (meses)	Temperatura (°C)			Osc (°C)	Hs (meses)	Tipo de suelo (FAO) (%)
	Med	Max	Min	Anual	Estival	Med	MaxMC		MinMF					
46	0,5	560	706	477	896	52	3,3	15,4	33	3,2	16,8	0	CMe(100)	
52	0,3	609	736	481	418 ⁽¹⁾	5 ⁽¹⁾	6,5 ⁽¹⁾	17,2	25,9	10,6	-	0	-	
54	0,2	911	911	911	505 ⁽¹⁾	10 ⁽¹⁾	5,0 ⁽¹⁾	14,7	24,3	7,6	-	0	-	
55	0,5	1237	1602	592	339 ⁽¹⁾	6 ⁽¹⁾	6,3 ⁽¹⁾	14,6	24,5	7,3	-	0	-	

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

en las plantaciones, utilizando mezclas de clones, es prácticamente imposible. La reciente inclusión en el catálogo nacional de materiales de base cualificados/controlados, procedentes de propagación sexual, supondrá, sin duda, un importante revulsivo para la expansión de estas especies en un futuro cercano (Tabla 2).

Las progenies híbridas de los progenitores Ng23 y Mj209 han sido registradas formalmente como materiales de base, progenitores de familia, en 2010 en España. Hasta el momento, algunos viveros españoles han tramitado un permiso provisional para poder vender planta proveniente de semillas híbridas producidas en Francia. Actualmente, el país vecino dispone de materiales híbridos de *Juglans* que vende bajo el etiquetado de materiales identificados.

Tabla 2. Materiales de base de *Juglans* para la producción de materiales de la categoría cualificada aprobados en España (CL: clon; HS: huerto semillero, PF: progenitor de familia)

Especie	Material de base (código)
<i>Juglans nigra</i>	CL-Q-275/Alphawood, CL-Q-275/Eccofast ⁽¹⁾ , CL-Q-275/Eccogreen, CL-Q-275/Eccoleader, CL-Q-275/Eccopremier ⁽¹⁾ , CL-Q-275/Ecco-prime ⁽¹⁾ , CL-Q-275/Ecco-venner ⁽¹⁾ , CL-Q-275/Eccovigor, CL-Q-275/Equitywood, CL-Q-275/Excelshape, CL-Q-275/Excelwood, CL-Q-275/Fanwood, CL-Q-275/Firstplant ⁽¹⁾ , CL-Q-275/Firstwood ⁽¹⁾ , CL-Q-275/Goodshape, CL-Q-275/Goodway, CL-Q-275/Higwood, CL-Q-275/Powertall, CL-Q-275/Strongwood, CL-Q-275/Superfast, CL-Q-275/Wonderwood.
<i>Juglans regia</i>	CL-Q-75/IRTA R-6, CL-Q-75/IRTA R-230 HS-Q-75/08/01 Torrefarrussa
Híbridos de <i>Juglans</i>	CL-Q-751/IRTA X-80, CL-Q-751/ Eurowalnut 8 ⁽¹⁾ , CL-Q-751/ Eurowalnut A-03 ⁽¹⁾ , CL-Q-751/ Eurowalnut A-11 ⁽¹⁾ , CL-Q-751/ Eurowalnut B-07 ⁽¹⁾ , CL-Q-751/ Eurowalnut C-09 ⁽¹⁾ PF-Q-751/IRTA-Ng209xRa, PF-Q-751/IRTA-M2xRa, PF-Q-751/J-Ng209xRa, PF-Q-751/J-Ng23xRa

⁽¹⁾ Materiales incluidos en los registros español y comunitario de protección de variedades vegetales.

El género *Juglans* no está afectado por la normativa sobre pasaporte fitosanitario.

2.2. Técnicas de manejo y propagación

2.2.1. Semillas

La recolección de las nueces se hace en otoño, cuando una vez alcanzada la maduración se provoca su desprendimiento mediante vareo o sacudida de las ramas o se espera a cosechar las caídas de forma natural al suelo, en cuyo caso el plazo puede ampliarse hasta el comienzo del invierno. Los frutos de *J. regia* se recogen cuando se resquebraja el ruezno, debiéndose hacer lo antes posible para evitar el deterioro de la semilla para su germinación. En todo caso la recogida es manual y puede facilitarse con el extendido previo de mallas o lonas. Igualmente resulta conveniente que el suelo esté limpio de vegetación que pueda complicar la operación.

A los frutos hay que quitarles el pericarpo, En el caso de *J. regia*, muchas nueces caen

desprendidas, o prácticamente, de sus envolturas, por lo que la operación puede ultimarse a mano o en caso de grandes cantidades utilizar un descascarador o descortezadora. Cuando se trata de *J. nigra* la extracción de la nuez presenta mayor dificultad, pues el pericarpo no se abre de forma natural y es preciso retirarlo de forma mecánica, lo que en principio ha de abordarse antes de que la envoltura carnosa se endurezca y resulte más costoso. Para ello se utilizarán máquinas del tipo citado. Pero también es factible, caso de no disponer de tal maquinaria especializada, recurrir a extender los frutos y pisarlos de alguna manera (con un pequeño tractor, por ejemplo), para desmenuzar el pericarpo, tras lo cual se amontonan a fin de provocar la pudrición natural y el reblandecimiento del ruezno. Pasado un tiempo, se procede a su maceración con agua, para lo que se ha

Tabla 3. Datos característicos de lotes de semillas de *Juglans nigra* y *J. regia*.

Rendimiento semilla/fruto (% en peso)	Pureza (%)	Facultad germinativa (%)	Nº semillas kg ⁻¹	Referencia
<i>Juglans nigra</i>				
		75	65-330	Aldhous (1972)
30-65	87	50	22-220	Brinkman (1974)
22-27	100	70-80	45-90-200	Catalán (1985)
		70-80	60-200	Piotto (1992)
		80-90	50 ⁽¹⁾ , 70, 60 ⁽²⁾	IRTA (2009)
20-30-90		45-84-100	47-71-118	Louro y Pinto (2011)
20-28	100		(75-85)	CNRGF <i>El Serranillo</i> (Anexo III)
<i>Juglans regia</i>				
	100	70-80	60-150	Catalán (1985)
		80	65-100-180	Piotto (1992)
	100	68-76	63-82	Navarro y Gálvez (2001)
	100	50-70	63-110	Ribeiro <i>et al.</i> (2001)
		60	150	IRTA (2009)
60-80-100		35-70-92	78-105-155	Louro y Pinto (2011)
	95-99	59-85	100-200	Banc de Llavors Forestals (Anexo II)
(22-25)	98-100	60-75	110-180	CNRGF <i>El Serranillo</i> (Anexo III)
	98-100		100-140	Vivero Central JCyL (Anexo IV)

⁽¹⁾ *J. nigra* clon Ng23

⁽²⁾ *J. nigra* clon Mj209

demostrado útil una simple hormigonera. Está comprobado que tal procedimiento no causa pudriciones ni daños a la semilla.

Las semillas se conservan en buenas condiciones germinativas durante el año que sigue a su cosecha si tras un secado natural se mantienen a temperaturas inferiores a 15 °C con

una humedad máxima del 60% (Aletà, 1994). En el caso de que se vaya a proceder a un almacenaje por más tiempo, dado su comportamiento subortodoxo al respecto, se deberán secar hasta un contenido aproximado del 12% y conservar a una temperatura de 3-4 °C.

Para su uso como material forestal de reproducción, la pureza de las semillas debe ser del 100%. Si los materiales se han conservado correctamente la germinación de *J. regia* será del 60% mientras que la de los nogales negros alcanzará valores muy superiores, 80-90% (Catalán, 1991; Aletà, 1994; Navarro y Gálvez, 2001; Aletà *et al.*, 2004).

Las semillas recién recolectadas de *J. regia* se pueden sembrar directamente. Si han sido conservadas, se deberán poner a remojo 48 horas antes de su siembra o estratificarlas durante un mes en frío húmedo. En el caso de los nogales negros deberán estratificarse en frío húmedo un mínimo de 3 meses; en *J. nigra* es incluso aconsejable hasta 5 meses (Aletà, 1994). Las normas ISTA no hacen referencia a esta especie en sus pautas relativas a los métodos de evaluación de la germinación.

La germinación es hipógea. Las plántulas de 4-5 cm, sin cotiledones, tienen las primeras hojas verdaderas de color rojizo, en algunos casos muy intenso; en *J. regia* un carácter de juvenilidad es tener las hojas aserradas (Navarro y Gálvez, 2001).

2.2.2. Vegetativa

Los programas de mejora genética desarrollados en *J. regia*, para la producción de fruto, han permitido sustituir la producción de brinzales por clones obtenidos a través de injerto y, en menor medida, por micropropagación. La micropropagación a partir de ápices caulinares y yemas axilares ha proporcionado plantas con un buen sistema radical (Felaliev, 1990; Stephens *et al.*, 1990). Sin embargo, pese a superarse distintas fases de la producción *in vitro* con éxito (Dolcet *et al.*, 2004) y quedar demostrado el buen comportamiento vegetativo de los árboles obtenidos en plantación (López, 2004), a nivel viverístico la aclimatación de los materiales sigue siendo el principal escollo productivo.

Por otro lado, las técnicas de embriogénesis somática están adquiriendo un gran interés como métodos eficientes de propagación clonal de material seleccionado (Tulecke y McGranahan, 1985; San y Dumanoglu, 2006) aunque siguen reservadas a trabajos de investigación. Los materiales con mayor facilidad de micropropagación son los distintos híbridos y, sobre ellos, se obtuvieron los primeros éxitos reales de multiplicación (Cornu y Jay-Allemand, 1989). Actualmente varios clones de *Juglans x intermedia* están siendo multiplicados comercialmente por esta vía.

El estaquillado no ha producido resultados satisfactorios en el género, ninguna especie, ni se aplica la técnica para producir planta a nivel viverístico. Existen referencias en *J. cinerea* o incluso en *J. nigra* de haber conseguido enraizar estaquillas herbáceas a partir de brotes juveniles (Shreve y Miles, 1972; Pijut y Moore, 1992). A nivel de investigación, en el IRTA, para clonar alguno de los híbridos se han realizado con éxito estacas de raíz que se han injertado con el propio clon, pero tampoco es éste un sistema eficiente para producir plantones.

Actualmente, los clones seleccionados y registrados de *J. regia* e híbridos para uso

forestal se están multiplicando por micropropagación. En los clones de *J. nigra* el grueso de la producción de plántulas seleccionados sigue recayendo sobre el injerto, si bien es cierto que en España los clones registrados como materiales de base de esta especie sólo están en el mercado como material forestal de reproducción micropropagado.

3. Producción de plantas

El nogal puede producirse a raíz desnuda y en contenedor, aunque por las características de su sistema radical la práctica totalidad de la planta se produce a raíz desnuda. La planta que se vende en envase suele ser la procedente de cultivo *in vitro*.

En el cultivo de planta a raíz desnuda la siembra en las eras debe ser superficial, colocando la nuez con el plano de sutura paralelo a la superficie del terreno. Normalmente se recurre a siembras de otoño-invierno con semilla no tratada en *J. regia* o a siembras de primavera con semilla previamente estratificada. Cuando se realicen tratamientos de pregerminación se procurará sembrar cuando las primeras semillas empiecen a desprender las valvas (Aletà, 1994). El terreno de cultivo para producción a raíz desnuda se prepara en hileras separadas a la distancia necesaria para realizar las escardas con la maquinaria de la que se dispone. Actualmente, también se utilizan acolchados plásticos para evitar la competencia herbácea en las primeras etapas de crecimiento, especialmente, cuando se producen materiales con un cierto grado de selección como son las progenies híbridas. La profundidad de siembra debe ser de 2-3 cm, cubriendo las semillas con una capa muy fina de arena o tierra de vivero. Cuando se producen plántulas de menor valor individual se suele producir el material en eras en las que las semillas se colocaran a unos 25 cm entre ellas. En el caso de la siembra de *J. regia* es aconsejable proteger las semillas frente a la depredación hasta que las plántulas alcancen los 10 cm de altura, pues los roedores y pájaros se apropian de las nueces incluso una vez germinadas. Los plántulas que se obtienen a raíz desnuda pueden permanecer uno o dos períodos vegetativos en campo. Los brinzales 1+0 deberían alcanzar tamaños mínimos de 20-40 cm de altura en *J. regia* y *J. nigra* y de 40-60 cm para los híbridos. Los materiales de dos años deberían ser repicados, al menos *in situ*, para convertirse en plantas 1+1; para las especies puras, éstos deberían tener de 60-80 cm y para los híbridos alcanzar los 90-120 cm. También se comercializan plantas de dos años, 2+0, sin repicar. Estas plantas precisan unos cuidados tras la plantación muy esmerados para no quedar vegetativamente colapsadas, con pérdidas de guía importantes con el trauma del trasplante (Becquey, 1997) (Fig. 4). La influencia de distintas prácticas de repicado sobre el desarrollo de las raíces laterales han puesto en evidencia que el repicado de la radícula en el momento de la germinación ha aumentado, considerablemente, la supervivencia de la planta (Singh y Gautam, 2005).

Cuando se producen plántulas en contenedor se suelen sembrar las semillas, primero, en bandejas alveoladas. Si al sembrar ya tienen la radícula emergida será una buena práctica despuntarla, siendo, además, muy aconsejable colocar los contenedores sobre un soporte elevado, tipo rejilla, que permita el autorrepicado natural de la raíz (Aletà, 1994). Una vez las plantas alcanzan los 5 cm ya pueden repicarse en los contenedores definitivos, el tamaño de los cuales varía pero, cuando se vende material seleccionado, se utilizan contenedores de unos 6 l, ya que a menudo las plantas no se venden hasta el segundo verde. En Francia la planta que se comercializa de *J. regia* suele ser de dos savias, bien

(1+1) repicadas al final del primer año y con una altura mínima de 30 cm ó (2+0) no repicadas con un altura mínima de 50 cm y bien ramificadas; en cambio, la de híbridos o las de *J. nigra* son 1+0, con una altura de 40-60 cm (Becquey, 1997). En España, el brinzal de *J. regia*, de una savia, que se comercializa debe tener una altura superior a 30 cm, mientras que la plantas producidas *in vitro* deben tener más de 20 cm (Aletà, 2005). Calvo y D'Ambrosi (1995) han propuesto unos criterios morfológicos y de conformación de calidad (Tabla 4) para la planta de una savia, según el objetivo de la repoblación. Los criterios de conformación del tallo y de la raíz para la planta destinada a la producción de madera de calidad determinan que: la yema apical esté bien conformada, el brote terminal esté lignificado, el tallo sea recto y con una buena dominancia apical, el sistema radicular esté bien desarrollado con abundancia de raíces finas y sea una planta sana. Además de estos criterios, parece jugar un papel importante en la respuesta en campo el



Figuras 4 a y b. Plantones de *Juglans x intermedia*: brinzales de un año y planta de dos años procedente de micropropagación *in vitro* (Fotos: IRTA-ProducciónAgroforestal).

Tabla 4. Valores de atributos morfológicos para la planta de *Juglans regia* de una savia según el objetivo final de la repoblación (Calvo y D'Ambrosi, 1995).

Objetivo	Repoblaciones para madera de calidad	Resto de repoblaciones	No apta para la repoblación
Altura (cm)	>30	>20	<4
Diámetro del cuello de la raíz (mm)	>5	>4	<2
Esbeltez (cm mm ⁻¹)	60 a 80	25 a 90	<25 y >90

número de raíces laterales largas con un diámetro superior a 1 mm. Para plantas de una savia, en nogal americano, se ha encontrado una fuerte influencia de este parámetro con la supervivencia, de tal manera que plantas con pocas raíces laterales largas registraban valores de supervivencia del 53%, mientras que plantas con un número de raíces laterales superiores a 12 alcanzaron el 96% (Ponder, 1997).

4. Uso en repoblaciones y restauraciones

La actividad repobladora en España con estas especies para la producción de madera o en repoblaciones de protección ha sido muy escasa. Solamente a partir de las subvenciones aportadas por el Estado, en el contexto de la forestación de tierras agrarias, se ha extendido su repoblación, que durante el periodo entre 1993 y 2002 ha alcanzado las 6.200 ha. La mayoría fueron masas monoespecíficas aunque se plantaron algo más de 100 ha de masas mixtas con *Quercus robur*, *Q. petraea*, *Q. pyrenaica* o *Castanea sativa*. Andalucía fue la Comunidad Autónoma que más superficie forestó con *Juglans regia* al alcanzar casi las 2.000 ha, le siguen en importancia Castilla la Mancha y la Comunidad Valenciana con 1.236 y 1.182 ha, respectivamente. Estas cifras podrían ser algo exageradas no sólo en cuanto a la superficie realizada sino, también, en cuanto a lo que ha representado el uso del nogal común (Aletà, 2005). En España, las plantaciones con otros *Juglans* realizadas en los últimos años corresponden a *J. nigra*, utilizando casi exclusivamente híbridos, las progenies francesas Ng23xRa y Ng209xRa o con clones seleccionados (materiales registrados). Es difícil conocer la superficie realmente plantada con estas especies pero según datos del IRTA, no publicados, en 2010 se estima la existencia de unas 600 ha de *J. nigra* y unas 2.000 ha de híbridos plantadas en España. Por las ventas de los viveros especializados se calcula que en los últimos 5 años se han plantado unas 200 ha año⁻¹ de *Juglans x intermedia* en España. En Francia la repoblación con *Juglans* spp. actualmente es de 200 a 300 ha año⁻¹, cuando a principios de la década de los 90 había alcanzado las 850 ha año⁻¹ (Becquey, 2005).

5. Planificación de la repoblación

En *Juglans nigra*, se ha descrito que la fase de establecimiento de la planta en el monte se caracteriza por un crecimiento lento, una pobre supervivencia y daños frecuentes por animales (Ponder, 1991). Por tanto, para mejorar las condiciones de arraigo y establecimiento juegan un papel importante tanto las técnicas de preparación del suelo como los cuidados culturales posteriores. El buen desarrollo de su raíz principal, claramente pivotante, y el de las laterales más plagiotrópicas y superficiales son la clave para asentar las plantas en campo.

La labor de desbroce previa a la repoblación debe ser intensa, realizándose a hecho en los terrenos de poca pendiente y por fajas en el resto. El nogal se ha mostrado muy sensible a la competencia por el agua, pudiendo verse reducida tanto la biomasa aérea como la radicular en el entorno de un 60% (Picon-Cochard *et al.*, 2001). Entre los tratamientos de desbroce que pueden realizarse cabe citar el desbroce mecanizado con desbrozadoras, bien de cadenas o martillos, el desbroce químico o el decapado en zonas empradizadas.

Los procedimientos de preparación del suelo deben garantizar un buen desarrollo radical, para lo cual deben ser profundos. Cuando se realiza la repoblación sobre antiguas

superficies agrícolas, debe garantizarse la ruptura de la suela de labor para lo cual, si el terreno no tiene mucha pendiente, es muy recomendable la realización de subsolados cruzados. Es aconsejable eliminar restos de raíces grandes para limpiar el terreno de potenciales focos de *Armillaria mellea*; no hay que olvidar que prácticamente todos los *Juglans* que podemos plantar son sensibles a este hongo de suelo y muy en particular *J. regia* (Aletà *et al.*, 2008).

El método de repoblación más generalizado es la plantación, aunque también puede utilizarse la siembra. La plantación se ejecuta de forma manual por las características de la planta, aunque la apertura del hoyo de plantación, sobre el suelo previamente preparado, suele realizarse a mano o mediante barrena helicoidal de diámetro superior a 40 cm; raramente se ejecuta con retroexcavadora (Becquey, 1997).

La época de plantación ideal es a mediados del otoño, cuando la actividad vegetativa se ha detenido; en las plantaciones con material producido *in vitro* es incluso aconsejable plantar a principios de otoño. En zonas con heladas importantes o con suelos encharcados en parada vegetativa la plantación se pospondrá al final del invierno. Otro aspecto a considerar es que los viveros no ponen sus plantones a la venta antes de finalizar el año, lo que lleva a plantar habitualmente a finales de invierno o principios de primavera.

Las raíces de los plantones a raíz desnuda deben recortarse antes de la plantación, eliminando todas las dañadas o que muestren una inapropiada conformación y refrescando el corte del pivot. Al plantar todos los árboles deben tener sólo la guía, las ramas se cortan a ras del tronco, aspecto a tener presente sobre todo en plantas de más de una savia. Al plantar se evitará el enterramiento del cuello de la raíz, debiendo quedar la planta a la misma profundidad a la que estaba en vivero. Una plantación profunda, cuello 5-10 cm enterrado, hecha en un terreno pesado puede retrasar el arranque en el crecimiento de la planta entre 3 y 4 años (Becquey, 1997).

El nogal no tiende a crear masas y crece bien de forma aislada, por lo que no deben utilizarse densidades demasiado altas. Sin embargo, hay diferencias muy marcadas entre especies. De menor a mayor necesidad de luz se pueden clasificar: *J. nigra* - *Juglans x intermedia* - *J. regia*. *Juglans nigra* suele plantarse con densidades entre 400 y 600 pies ha⁻¹, los híbridos entre 300 y 400 pies ha⁻¹ y *J. regia* entre 100 y 300 pies ha⁻¹ (Aletà *et al.*, 2008; Coello *et al.*, 2009).

Es una práctica muy extendida que el nogal común se plante a marco definitivo, es decir, que no se prevean claras y los árboles se corten todos al final del turno. En estos casos el marco de plantación es muy amplio, dada la necesidad de un importante espacio vital para su desarrollo, y puede variar entre 7x10 m y 12x12 m, según la calidad de la estación. Sin embargo, este espaciamiento, presente en las plantaciones tradicionales, ha estado condicionado por el aprovechamiento primario de esta especie: el fruto. El árbol sólo florece en las zonas donde recibe suficiente luz, con los años las flores se sitúan más y más alejadas del tronco. Desde la antigüedad, el nogal común ha tenido interés para el hombre por su fruto no siendo hasta el siglo XIV en que se empieza a valorar su madera con la fabricación de los primeros muebles (Aletà *et al.*, 2003). La tala se reservaba a los árboles poco productores o con mala calidad de fruto o era el destino al final de la vida

del árbol. Actualmente, las nuevas plantaciones de nogal tienen predeterminado su uso; forestal o frutal.

Para la producción de madera cualquier nogal se puede plantar a marco definitivo, 100-200 árboles ha⁻¹, no obstante, estas densidades se recomiendan para las estaciones óptimas, donde su formación deberá ser muy cuidada (Lefièvre y Carmeille, 2005) y las plantas utilizadas deberán tener un alto nivel de selección y estar bien adaptadas a la estación. En el caso de estaciones mediocres o cuando los plantones tengan un bajo o ningún nivel de selección, puede ser adecuado partir de espaciamientos menores, nunca por debajo de 5x5 m en el caso de *J. regia* o de híbridos, lo que permitirá la selección de las mejores plantas en el futuro. De todas formas, la conocida susceptibilidad de *J. regia* a las enfermedades de suelo ha llevado a desaconsejar las claras, según distintos autores franceses, por los efectos negativos que se presentan en los árboles que permanecen en pie. En híbridos y en *J. nigra* este nivel de susceptibilidad es muy inferior y las plantaciones realizadas a marcos más estrechos suelen facilitar la formación del fuste en altura y disminuir la intensidad de las intervenciones de poda, por lo que son las densidades habituales.

La realización de plantaciones utilizando especies acompañantes arbustivas o arbóreas es un tipo de gestión que está dando buenos resultados en la producción de madera de alta calidad (Becquey, 2005). En plantaciones monoespecíficas, las claras realizadas entre los 12 y los 18 años, según estación, no permitirán, en ningún caso, una explotación de la madera extraída distinta de la de leña. El diámetro explotable de nogal para madera se sitúa por encima de los 30 cm, por lo que cortar árboles de menor diámetro puede no resultar económicamente interesante (Mercurio y Tabacchi, 1997).

En *Juglans nigra* se han utilizado con frecuencia los tubos invernadero (Ponder, 1991 y 1997; Sharew y Hairston-Strang, 2005) con objeto de proteger la planta frente a los herbívoros y mejorar las condiciones de arraigo y crecimiento de la misma los primeros años. La utilización del tubo invernadero ha supuesto un aumento del crecimiento en altura, que se mantiene al menos durante los primeros cuatro años, pero no ha influido en el crecimiento en diámetro del cuello de la raíz (Tabla 5). Aunque se ha constatado, también, una modificación en la morfología radicular, para establecer la importancia de dicha influencia se necesitaría un mayor número de ensayos experimentales en distintas condiciones ambientales. En condiciones españolas hay poca experiencia al respecto. También se han utilizado protectores en *J. regia*, por mimetismo con las plantaciones de EE.UU, pero con éxitos dispares. En cualquier caso, la protección frente a herbívoros es imprescindible para garantizar la supervivencia los primeros años, pero dadas las condiciones climáticas de las áreas donde suele plantarse el nogal no es imprescindible el uso de protectores para favorecer el crecimiento, sobre todo, porque en las nuevas plantaciones suele partirse de plantones de calidad (Coello *et al.*, 2009).

En los años posteriores a la repoblación, sobre todo cuando se repueblan antiguas superficies agrícolas, deben realizarse actuaciones de control de la vegetación competidora, bien mediante laboreos, el empleo de herbicidas o la utilización de cubiertas protectoras biodegradables o plásticas fotodegradables con la finalidad de lograr un buen establecimiento de las plantas (Van Sambeek y Garrett, 2004; Coello *et al.*, 2009).

Tabla 5. Efecto del empleo de tubos invernadero en plantas de *Juglans nigra*.

Modelo de tubo	Efectos	Referencia
Tubex de 1,2 m de alto y 7,6 a 10,2 cm de diámetro	1 ^{er} año: las plantas en el interior del tubo crecen más en altura, 1,4 veces más en biomasa radical, 3,7 veces más en área radical y 3 veces más en longitud radical	Ponder (1991)
	4 ^{to} año: las plantas en el interior del tubo crecen 1,56 veces más en altura. No tiene influencia en cuanto al diámetro	Ponder (1997)
Tubo invernadero y malla sombreo de 1,2 m de alto y 7,6 a 10,2 cm de diámetro	3 ^{er} año: las plantas en el interior del tubo crecen 2 veces más en altura. No tiene influencia en el diámetro	Sharew y Hairston-Strang (2005)

Las forestaciones con nogal común siguen teniendo en España una vocación claramente productora de fruto, lo que unido a la necesidad de al menos 700 mm de precipitación anual hace plantearse la necesidad de colocar un riego en la forestación en aquellos lugares donde las limitaciones climáticas no satisfagan sus necesidades. Es frecuente ver las forestaciones de nogal con un tendido de riego por goteo, no siendo recomendable el riego por aspersión ya que favorece el desarrollo de algunas graves enfermedades del follaje como la bacteriosis o la antracnosis. El árbol no debe sufrir escasez de agua durante la formación del fruto ni durante su engrosamiento. Esto tiene lugar de mayo a julio. Para el cálculo de las necesidades hídricas del nogal para fruto existe abundante información que permite ajustar los aportes en de cada condición climática (Goldhamer, 1995). Para la producción de madera de calidad el aporte hídrico debe garantizar un crecimiento continuado pero, también, una buena lignificación. En estos casos los nogales para madera deberán contar con soporte hídrico garantizado de mayo a julio, lo que en algunas zonas se está aportando también con riegos localizados. Este tipo de riego debe ajustarse bien a las características del suelo para proporcionar a los nogales un verdadero sustento hídrico a la profundidad requerida y a la edad de los árboles, ya que el sistema radical se va alejando del árbol a medida que crece y con él deben hacerlo los emisores del agua. Las necesidades hídricas de los nogales para madera no están bien determinadas pero, a modo orientativo, la sistemática de cálculo de las necesidades hídricas establecida para el nogal de fruto es aplicable (Goldhamer, 1995; Aletà y Vilanova, 2005). Como criterio general, a mediados de agosto debe interrumpirse el aporte de agua para evitar los daños por heladas de otoño, requisito tanto más recomendable cuanto más vigoroso sea el material plantado.

Se aconseja una buena preparación del terreno y una fertilización de implantación o de arranque. Una enmienda orgánica con estiércol descompuesto da siempre buenos resultados; si es sobre todo el terreno se efectuará un par de meses mínimo antes de la plantación; si se deposita en el fondo del hoyo se evitará su contacto directo con el sistema radical (Becquey, 1997; Aletà y Vilanova, 2006).

Antes de la plantación, se efectuará un abonado de fondo en función del análisis de suelo realizado previamente para determinar la textura y la composición en nutrientes del mismo. El nogal es muy exigente en nitrógeno y potasio y más moderado en cuanto

a fósforo. En suelos muy ácidos se añadirá cal en dosis moderadas con el fin de evitar el bloqueo de otros elementos, en función del pH y textura del suelo. Es una buena práctica hacer aportaciones periódicas de materia orgánica en las calles, enmiendas verdes o enterrar rastrojos. En general, en una plantación para madera es recomendable no abonar durante los 3-5 primeros años, si la preparación del terreno inicial ha sido correcta. El

Tabla 6. Dosis de fertilizantes orientativas para el nogal (Infoagro, 2008).

	Abonado de fondo	Fertilización (kg año ⁻¹ pie ⁻¹)
Nitrato	500 U.F./ha	1,80
P ₂ O ₅	200-250 U.F./ha	0,495
K ₂ O	300-350 U.F./ha	0,440
Estiércol	40-60 tm/ha	-



Figuras 5 a, b, c y d. Plantaciones de nogales para madera: progenies de *Juglans nigra* de 6 años, Lleida; progenies de *J. regia* de 3 años con acompañamiento de avellano, Prades; progenies de *Juglans x intermedia* 'Ng23xRa' de 10 años, Oliana; clones de *Juglans x intermedia* 'IRTA X80' de 4 años, El Rourell (de izquierda a derecha y de arriba a abajo) (Fotos: IRTA-ProducciónAgroforestal).

vigor de los árboles destinados a producción de madera, en especial en los híbridos, puede descontrolarse e impedir una buena formación de los árboles, imprescindible durante estos primeros años. La fertilización posterior estará ligada a los crecimientos que se consigan (Ponder, 2004). En una plantación adulta de *J. regia* donde la producción de fruto sea también un objetivo, la fertilización con un abono de proporción 100-80-100 podría ser un estándar. En la Tabla 6 se resumen las cantidades orientativas de fertilizante para una explotación intensiva de nogal.

La utilización de tutores para conseguir fustes rectos se convierte en una necesidad en las plantaciones realizadas a marco definitivo y, más aún, si la poda que se aplica es de tipo sistemático no dejando emerger ramas en la longitud de tronco que va a ser el fuste, 2,5-3 m en estos casos. Si la formación se realiza con una poda dinámica, el tutorado

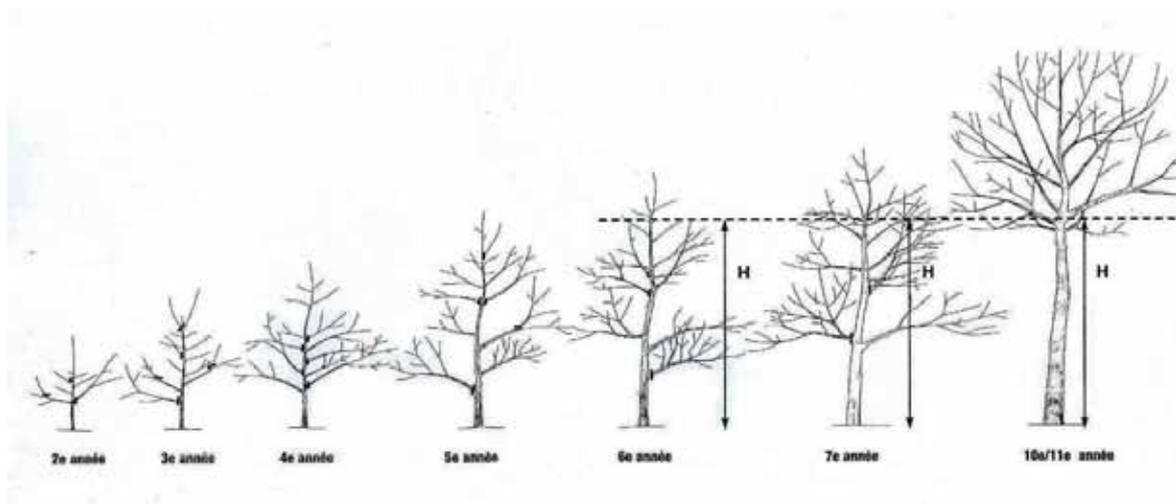


Figura 6. Poda equilibrada de formación para *Juglans* (Adaptado con autorización de Lefièvre y Carmeille, 2005).

sólo será requerido para solucionar problemas puntuales de algunos ejemplares. Ahora bien, siempre es recomendable utilizar cañas de bambú para guiar los árboles durante los dos primeros períodos vegetativos en los que los crecimientos primarios suelen ser espectaculares, 3 m en la segunda vegetación, en los materiales comúnmente utilizados en plantaciones forestales. A partir de ese momento, una adecuada poda dinámica (Fig. 6) mantendrá el equilibrio vegetativo de los nogales, realizando varias intervenciones en verano y las menos posibles en invierno, y el diámetro del tronco ya será capaz de sostener la estructura del árbol (Lefièvre y Carmeille, 2005; Aletà y Vilanova, 2006).

6. Bibliografía

ADAIR H.S., GOBLE D.O., SCHMIDHAMMER J.L., SHIRES G.M.H., 2000. Laminar microvascular flow, measured by means of laser Doppler flowmetry, during the prodromal stages of black walnut-induced laminitis in horses. *AJVR* 61(8), 862-868.

ALDHOUS J.R., 1972. Nursery practice. Forestry Commission Bulletin 43.

- ALETÀ N., 1994. La multiplicación del nogal. Postgraduated FAO Course on production and economy of nuts. 7-18 Noviembre. Reus.
- ALETÀ N., 2005. Los materiales de *Juglans* para la producción de madera. Las actividades de selección desarrolladas en el IRTA. En: Jornadas hispano-francesas sobre el nogal: la producción de fruto y de madera. 22 al 25 de noviembre de 2005, Pobla de Mafumet, Tarragona.
- ALETÀ N., VILANOVA A., 2005. Primeros resultados de los trabajos IRTA sobre el riego en nogal forestal. En: Jornadas hispano-francesas sobre el nogal: la producción de fruto y de madera. 22 al 25 de noviembre de 2005, Pobla de Mafumet, Tarragona.
- ALETÀ N., VILANOVA A., 2006. El nogal híbrido. Navarra Forestal 13, 18-21.
- ALETÀ N., NINOT A., VOLTAS J., 2003. Caracterización del comportamiento agroforestal de 12 genotipos de nogal (*Juglans* sp.) en dos localidades de Cataluña. Invest. Agr.: Sist. Recur. For. 12 (1), 29-50.
- ALETÀ N., NINOT A., VOLTAS J., 2004. Retrospective evaluation of parental selection in nursery tests of *Juglans regia* L. Using a mixed model analysis. Silvae Genet. 53 (1), 26-33.
- 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. En: XXV Jornades Tècniques Silvícules. Jornada 6. pp. 55-63.
- 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. 125-128.
- BARTHELEMY D., SABATIER S., PASCAL O., 1995. Le développement architectural du noyer común *Juglans regia* L. (Juglandaceae). Forêt-Entreprise 103, 61-68.
- BECKEY J., 1990. Où pet-on planter des noyers. Forêt-Entreprise 72, 15-16.
- BECKEY J., 1997. Les noyers à bois. IDF, Paris.
- BECKEY J., 2005. Évolution des plantations forestières de noyer en France. En: Jornadas hispano-francesas sobre el nogal: la producción de fruto y de madera. 22 al 25 de noviembre de 2005, Pobla de Mafumet (Tarragona).
- BOSCO M., FAVILLI F., LUMINI E., TANI A., 1997. L'ecologia del noce comune. En Il noce comune per la produzione legnosa, coordinado por R. Giannini y R. Mercúrio. Avenue media.
- BRINKMAN K.A., 1974. *Juglans* L., Walnut 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. 454-459.
- CALVO E., D'AMBROSI E., 1995. Proposte di standard di idoneità colturale per il postime vivaistico di alcune latifoglie nobili. Monti e Boschi 4, 22-24.
- CATALÁN G., 1991. Semillas de árboles y arbustos forestales. Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid. pp. 224-226.
- COELLO J., PIQUÉ M., VERICAT P., 2009. Guía pràctica per a la producció de fusta de qualitat: plantacions de noguera i cirere. Aproximació a les condicions catalanes. Generalitat de Catalunya. Departament de Medi Ambient i Habitatge. Centre de la Propietat Forestal.
- CORNU D., JAY-ALLEMAND C., 1989. Micropropagation of hybrids walnut trees (*Juglans nigra* x *Juglans regia*) through culture and multiplication of embryos. Ann. Sci. For. 46, 113-116.
- DOLCET R., CLAVERÍA E., GRUSELLE R., MEIER-DINKEL A., JAY-ALLEMAND C., GASPAR T., 2004. Practical factors controlling *in vitro* adventitious root formation from Walnut shoot microcuttings. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 129(2), 198-203.
- FELALIEV A.S., 1990. Morphogenesis of *Juglans regia* L. *in vitro*. Ukr. J. Bot. 47(3), 85-87.
- GARAVEL L., 1959. La cultura du noyer. Ed. J.B. Ballière et fils. Paris.

- 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.
- GERMAIN E., 1992. Le noyer, En: Amélioration des espèces végétales cultivées; objectifs et critères de sélection (INRA, ed.). pp. 620-632.
- GERMAIN E., PRUNET J.P., GARCIN A., 1999. Le Noyer. Ed. CTIFL.
- INFOAGRO, 2008. El cultivo de las nueces. [online] Disponible en: http://www.infoagro.com/frutas/frutos_secos/nogal2.htm. [1 Abr, 2008].
- GOLDHAMER D.A., 1995. Irrigation scheduling. En: Walnut Orchard Management. (Ramos D., ed.). Publicación de la Univ. de California 21410. pp. 102-108.
- JAY-ALLEMAND C., FADY B., BECQUEY J., 1996. Walnut tree for woodland use in Mediterranean countries: current situation and prospects. *Nucis* FAO-Newsletter 5, 10-13.
- JUNTA DE ANDALUCÍA, 2008. Datos de programa de Forestación de Tierras Agrarias en Andalucía. Comunicación personal.
- LEFIÈVRE J., CARMEILLE J., 2005. Técnicas de poda de nogal de madera en Aquitania. En: Jornadas hispano-francesas sobre el nogal: la producción de fruto y de madera. 22 al 25 de noviembre de 2005, Poble de Mafumet, Tarragona.
- LÓPEZ J.M., 2004. Walnut tissue culture: research and field applications. Proceedings of the 6th Walnut Council Research Symposium. 25-28 de Julio. Lafayette-Indiana (EE.UU.).pp. 146-152.
- 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.
- MANCHESTER S.R., 1989. Early history of the *Juglandaceae*. *Plant Syst. Evol.* 162, 231-250.
- MAPA (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación), 2003. Estadística del programa de forestación de tierras agrarias (comunicación personal).
- MASSON G., 2005. Autoecologie des essences forestières. Editions Tec & Doc, Paris. pp. 171-177.
- MCGRANAHAN G.H., CATLIN P.B., 1987. *Juglans* rootstocks. En: Rootstocks for Fruit Crops. Ed. Rom and R.F. Carlson. New York, pp. 411-450.
- MERCURIO R., TABACCHI G., 1997. Produzione legnosa. En *Il noce comune per la produzione legnosa*. Coordinado por R. Giannini y R. Mercurio. Avenue Media
- MONTERO G., CISNEROS O., CAÑELLAS I., 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 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. 185-187.
- PICON-COCHARD C., NSOUROU-OBAME A., COLLET C., GUEHL M., FERHI A., 2001. Competition for water between walnut seedlings (*Juglans regia*) and rye grass (*Lolium perenne*) assessed by carbon isotope discrimination and $\delta^{18}\text{O}$ enrichment. *Tree Physiol.* 21, 183-191.
- PIJUT P.M., MOORE M.J., 1992. Early season softwood cuttings effective for vegetative propagation of *Juglans cinérea*. *Hort. Sci.* 37(4), 697-700.
- PIOTTO B., 1992. Semi di alberi e arbusti in Italia: come e quando seminarli. Società Agricola e Forestale (Grupo ENCC), Roma.
- POLITO V.S., PINNEY K., WEINBAUM S., ARADYA M. K., DANGL J., VAKNIN Y., GRANT J.A., 2006. Walnut Pollination Dynamics: Pollen Flow in walnut orchard. *Acta Hort.* 705, 465-472.

- PONDER F., 1991. Growth of black walnut seedlings protected by treeshelters. Annual Report Northern Nut Growers Association 82. pp. 170-174.
- PONDER F., 1997. Survival and growth of hardwood seedlings following preplanting-root treatments and treeshelters. En: 11 Central Hardwood Conference, Columbia, 23-26 March. North Central Forest Experiment Station, General Technical Report NC-188. pp. 332-340.
- PONDER F., 2004. Soils and nutrition management for Black Walnut. En: Proceedings of the 6th walnut Council Research Symposium. 25-28 de Julio. Lafayette-Indiana (EE.UU.). pp 71-76.
- RIVERA D., OBÓN DE CASTRO C., RÍOS S., SELAM C., MÉNDEZ F., VERDE A., CANO F., 1997. Juglandáceas. En: Las variedades tradicionales de frutales de la Cuenca del Segura. Catálogo etnobotánico. Murcia. pp. 44-55.
- RUIZ DE LA TORRE J., 2006. Flora Mayor. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Dirección General para la Biodiversidad, Madrid. pp. 588-593.
- SAN B., DUMANOGLU H., 2006. Somatic embryogenesis from immature cotyledons of apomictic and non-apomictic seeds in walnut (*Juglans regia* L.). Turk. J. Agric. For. 30(2), 111-117.
- SHAREW H., HAIRSTON-STRANG A., 2005. A comparison of seedlings growth and light transmission among tree shelters. North. J. Appl. For. 22(2), 102-110.
- SHREVE L.W., MILES N.W., 1972. Propagating Black Walnut clones from rooted cuttings. En: 63rd Annual Report NNGA. pp. 45-49.
- SHIBU J., GILLESPIE A.R., 1998. Allelopathy in black walnut (*Juglans nigra* L.) alley cropping. Effects of juglone on hydroponically grown corn (*Zea mays* L.) and soybean (*Glycine max* L. Merr.) growth and physiology. Planta Soil 203, 199-205.
- SINGH G., GAUTAM D.R., 2005. Effect of nursery raising techniques on lateral root development of walnut seedlings. Acta Hort. 696, 185-189.
- STEPHENS L.C., KRELL S.L., DOMOTO P.A., 1990. *In vitro* propagation of *Juglans regia*. 81 sf. Ann. Rep. North. Nut. Grow. Assoc. 81, 122-126.
- TULECKE W., MCGRANAHAN G.H., 1985. Somatic embryogenesis and plant regeneration from cotyledon tissue of walnut, *Juglans regia* L. Plant Sci. 40, 57-63.
- VAN SAMBEEK J.W., GARRETT H.E., 2004. Ground Cover Management in Walnut and Other Hardwood Plantings. En: Proceedings of the 6th Walnut Council Research Symposium. 25-28 de Julio. Lafayette-Indiana (EE.UU.).pp. 85-100.

Juniperus communis L.

Enebro real, enebro común, jabino y sabino (subsp. *hemisphaerica*), sabina, sabina morisca (subsp. *hemisphaerica*, subsp. *alpina*); *cat.*: ginebre, ginebró (subsp. *alpina*); *eusk.*: ipar ipurua, ipar-orrea

Luis Fernando BENITO MATÍAS, Pedro VILLAR SALVADOR, Juan Ignacio GARCÍA VIÑAS, Aitor GASTÓN GONZÁLEZ, María Aránzazu PRADA SÁEZ

1. Descripción

1.1. Morfología

El enebro común es un arbusto o pequeño arbolillo muy ramificado, de 1 a 2 m de altura, de hábito prostrado o erecto, que puede alcanzar, en ocasiones, porte arbóreo hasta de 15 m (Amaral Franco, 1986). La corteza es de color marrón en el tronco y las ramas gruesas y se exfolia en placas y tiras estrechas. Las ramas pueden insertarse de forma ascendente o extendida. Las hojas son aciculares (Fig. 1), tienen una longitud de 4 a 20 mm y se insertan de manera verticilada en grupos de tres (Farjon, 2005). Presentan una banda estomática blanca en la cara abaxial, característica que facilita su diferenciación del enebro de la miera (*J. oxycedrus*).

Esta especie es muy polimórfica y se han descrito varios taxones intraespecíficos, muchos de ellos simpátricos. No existe un consenso sobre la subdivisión de esta especie ya que los estudios genéticos son escasos. Algunos autores consideran que el hábito de crecimiento no es un rasgo discriminante adecuado, ya sea porque no han establecido su correspondencia con ciertos marcadores moleculares (Adams y Pandey, 2003; Adams, 2004), ya porque se estime una gran influencia de factores ambientales sobre este rasgo (Farjon, 2005). En la Península Ibérica, Amaral Franco (1986) describe tres subespecies teniendo en cuenta diferencias en ciertos rasgos de las acículas y en el porte (Tabla 1).

1.2. Biología reproductiva

Juniperus communis es una especie dioica, aunque alguna vez se observan ejemplares con estructuras reproductoras de ambos sexos. Los conos masculinos se insertan en las axilas de las hojas situadas hacia la mitad de los ramillos del último crecimiento. Los conos femeninos, axilares en braquiblastos muy cortos (1 mm), están formados por dos verticilos de tres brácteas cada uno, siendo fértil el superior, que es el que se desarrolla completamente. La floración es primaveral y la polinización es anemófila.

Los gálbulos son globosos a ovoideos, de 4 a 13 mm de diámetro (Farjon, 2005); inicialmente de color verde grisáceo, al madurar adquieren una tonalidad negro azulado, de aspecto ceroso (Fig. 1). Cada gábullo contiene de 1 a 3 semillas ovoideas u oblongas, angulosas o redondeadas, de 4-5 mm de longitud (Amaral Franco, 1986; Farjon, 2005) (Fig. 2).

Tabla 1. Caracteres de diagnóstico de las subespecies de *Juniperus communis* presentes en la Península Ibérica según Amaral Franco (1986).

	<i>J. communis</i> subsp. <i>communis</i>	<i>J. communis</i> subsp. <i>hemisphaerica</i>	<i>J. communis</i> subsp. <i>alpina</i>
Porte	<ul style="list-style-type: none"> ▶ árbol o arbusto erecto hasta de 15 m ▶ copa estrechamente piramidal o columnar 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ arbusto achaparrado hasta de 2,5 m ▶ copa redondeada 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ arbusto generalmente prostrado (o con ramas ascendentes)
Hojas	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 10-20 x 1-1,5 mm ▶ rectas, patentes, laxas, acuminado-alesnadas ▶ en posición distanciada 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 4-12(20) x 1,3-2 mm ▶ rectas, patentes, oblongo-lineares y acuminadas ▶ densas ▶ frecuentemente la franja estomática se bifurca en la zona basal 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 10-15 x 1,3-2 mm ▶ incurvas, subimbricadas, mucronadas ▶ densas ▶ franja estomática muy ancha
Hábitat	<ul style="list-style-type: none"> ▶ (100)450-1.400(1.700) m ▶ bosque y matorrales mesófilos a hidrófilos 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 1.000-2.700 m ▶ bosques y matorrales xerófilos en laderas y parameras 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 1.000-2.100(3.000) m ▶ matorrales, pionales y pinares de montaña mediterránea, principalmente en sustrato neutro o ácido



Figura 2. Semillas de *Juniperus communis*.

Figura 1. Gálbulos de *Juniperus communis* subsp. *communis* (Foto: L. Serra).

Juniperus communis es una especie vecera, con una alta variación en la periodicidad temporal (Bonner, 2008). Los gálbulos tardan en madurar unos 18 meses (en el otoño del segundo año; a veces, en el primer o el tercer otoño). La dispersión de los gálbulos está facilitada por aves, particularmente especies del género *Turdus* (Jordano, 1993; García *et al.*, 1999 a) y, también, por mamíferos pequeños y de tamaño medio. Estas aves frugívoras son capaces de discriminar los gálbulos y semillas sanos de los depredados por insectos

(García *et al.* 1999 b) y son especialmente atraídas por poblaciones y años de cosecha abundante (García *et al.*, 2001).

En el enebro común se observa la formación de una gran cantidad de semillas vanas. García *et al.* (2000) concluyen que la producción de semillas vacías está condicionada por factores ambientales adversos, siendo las poblaciones localizadas en los límites de distribución de la especie las que muestran mayores limitaciones. En concreto, en las poblaciones del sur de la Península Ibérica se han estimado valores siempre superiores al 65% en la proporción de semillas no viables (García *et al.*, 2002). Este hecho, unido a otras restricciones postdispersivas (sequía estival, depredación, agregación espacial de la dispersión) comprometen la regeneración de estas poblaciones (García *et al.*, 1999 b; García, 2001). La limitación predispersiva podría deberse a condicionantes climáticos que afectan a la polinización (García *et al.*, 2002; Verheyen *et al.*, 2009), pudiendo influir también aspectos genéticos asociados a la historia evolutiva de las poblaciones. Las oscilaciones interanuales observadas en la cantidad de polen producido (Mugnaini *et al.*, 2004) tampoco son favorables para la reproducción de la especie. Además, se ha observado una falta de especificidad de la gota micropilar respecto del polen apropiado, ya que ésta se resume parcialmente al recibir partículas de tamaño similar (polen no viable o de otros taxones o elementos inertes), reduciendo las probabilidades de producción de semillas viables (Mugnaini *et al.*, 2007). En cambio, las poblaciones que presentan condiciones favorables para la polinización, como es una mayor proporción de pies masculinos respecto de los femeninos, aumentando la cantidad de polen adecuado disponible, producen una mayor cantidad de gábulos y un mayor porcentaje de semillas llenas, incluso en ambientes mediterráneos (Ortiz *et al.*, 2002; Mugnaini *et al.*, 2004).

La producción de gábulos puede estar limitada por la competencia entre taxones. Así, Verdú *et al.* (1994) observan que, aunque inicialmente las matas de *J. sabina* pueden actuar como protectoras de las plántulas de enebro común que crecen en su interior, ya sea porque crean condiciones ambientales más favorables, ya porque las protegen de la herbivoría, estas plantas nodriza limitan posteriormente el crecimiento y la producción de conos en las plantas de *J. communis* de ambos sexos. La reducción en la producción de conos de ambos sexos también es evidente en ejemplares que se desarrollan en el sotobosque de formaciones arbóreas (Raatikainen y Tanska, 1993).

La calidad de la cosecha también puede verse mermada por el ataque de insectos que afectan a los gábulos y particularmente a las semillas, como ocurre con las larvas de *Megastigmus bipunctatus* (García, 1998) y con otros depredadores que llegan a consumirlas o dañarlas.

En relación con la existencia de un esfuerzo reproductivo diferencial entre sexos, los resultados de los estudios realizados son dispares. Así, Marion y Houle (1996), Ortiz *et al.* (2002) y Verdú *et al.* (1994) no observan diferencias en el crecimiento u otros rasgos de carácter funcional entre pies masculinos y femeninos, mientras que, por el contrario, los resultados de los estudios de Hill *et al.* (1996), Verheyen *et al.* (2005) y Ward (2007) sí hacen suponer la existencia de un coste reproductivo. En cualquier caso, es difícil comparar los resultados obtenidos en poblaciones con presiones de selección, edad y dinámicas diferentes.

1.3. Distribución y ecología

Juniperus communis presenta un amplísimo rango de dispersión, encontrándose en gran parte de Europa, norte de África, norte de Asia hasta Corea y hacia el sur hasta el Himalaya y, en América del Norte, desde el norte de California hasta Pensilvania. En el norte de su área tiene una distribución más o menos continua, mientras que en el sur se encuentra formando poblaciones dispersas y aisladas en zonas montañosas (Thomas *et al.*, 2007).

En España se reconoce la presencia de tres subespecies (Tabla 1). *Juniperus communis* subsp. *alpina* forma parte de matorrales subalpinos, en ocasiones como especie dominante, y de pinares de *Pinus sylvestris* y *Pinus uncinata*. Se encuentra en la Cordillera Cantábrica, Pirineos, el Sistema Central, el Sistema Ibérico septentrional, Sierra Nevada y el Montseny. *Juniperus communis* subsp. *hemisphaerica* aparece en matorrales y en el estrato arbustivo de pinares de *Pinus sylvestris* en Pirineos y el Sistema Central, donde entra en contacto con la subespecie rastrera. También forma parte de los matorrales densos de enebro rastrero de Sierra Nevada. En el Sistema Ibérico es acompañante de sabinares de *J. thurifera* y de encinares. *Juniperus communis* subsp. *communis* aparece en matorrales y pinares de *Pinus sylvestris* y *Pinus nigra*, en sabinares de *Juniperus thurifera*, quejigares mixtos (*Quercus faginea* y *Quercus ilex*), quejigares, rebollares de *Quercus pyrenaica* y hayedos (*Fagus sylvatica*). Se encuentra en la Cordillera Cantábrica oriental, el Sistema Ibérico y Pirineos, apareciendo también en puntos de la Cordillera Costera Catalana (Fig. 3).

Es una especie de un amplio espectro ecológico. Es heliófila, pereciendo en las formaciones arboladas cuando se espesan considerablemente. En general ocupa todo tipo de posiciones fisiográficas. Es muy resistente tanto a los fríos invernales extremos, especialmente la subespecie *alpina*, como a las temperaturas estivales relativamente elevadas propias de las solanas. Es exigente en precipitaciones anuales, encontrándose en zonas con precipitaciones anuales superiores, generalmente, a los 550 mm y tolerante, simultáneamente, a ciertos periodos de aridez, cortos y de poca intensidad, que llegan a agostar los pastos circundantes. Evita los lugares de muy prolongada innivación. Habita en suelos muy variados, tanto sobre rocas silíceas y calizas, más frecuentemente con pH de neutros a ácidos, de texturas desde arenosas hasta las muy arcillosas, a veces con hidromorfía prolongada y otras veces en suelos pedregosos. Es una especie que se comporta como colonizadora; carácter más evidente en las subespecies *communis* y *hemisphaerica*.

2. Materiales forestales de reproducción

2.1. Marco normativo. Identificación de los materiales de reproducción

Los materiales forestales de reproducción del enebro común destinados a la silvicultura deben cumplir con la normativa de producción y comercialización (RD. 289/2003). Por ello, las plantas que se usen en restauraciones deben ir acompañadas de las etiquetas y certificados establecidos por esta disposición. Las regiones de procedencia definidas para esta especie (Alía Miranda *et al.*, 2009) (Fig. 3) se han establecido por división del territorio atendiendo a criterios climáticos (Tabla 2), suponiendo adaptaciones

diferenciales de las poblaciones en función de los valores que adoptan los parámetros climáticos que actúan como fuerzas selectivas en cada ámbito territorial. Esta zonificación permite la identificación del origen de los materiales de reproducción del enebro común y resultan una herramienta para la elección de los materiales que se van a emplear en una determinada restauración. En la página electrónica del Ministerio competente puede consultarse un resumen de las características de los materiales de base aprobados hasta la fecha por las diferentes comunidades autónomas. En la actualidad el enebro común cuenta con materiales de base del tipo fuente semillera. No se prevé la aprobación de rodales u otros materiales que impliquen selección fenotípica o genética, debido a su escaso interés productivo.

Como medida de precaución, para asegurar la adaptabilidad de las nuevas poblaciones, se recomienda el uso de materiales con una cierta variación genética, procedentes de lotes recolectados en la misma región de procedencia en la que se va a actuar. El empleo de materiales locales es, también, una práctica acertada si se tiene en cuenta la división reconocida a nivel infraespecífico desde el punto de vista morfológico y por la posible singularidad genética de algunas poblaciones, particularmente las marginales, o por la existencia de cierto patrón espacial de variación genética.

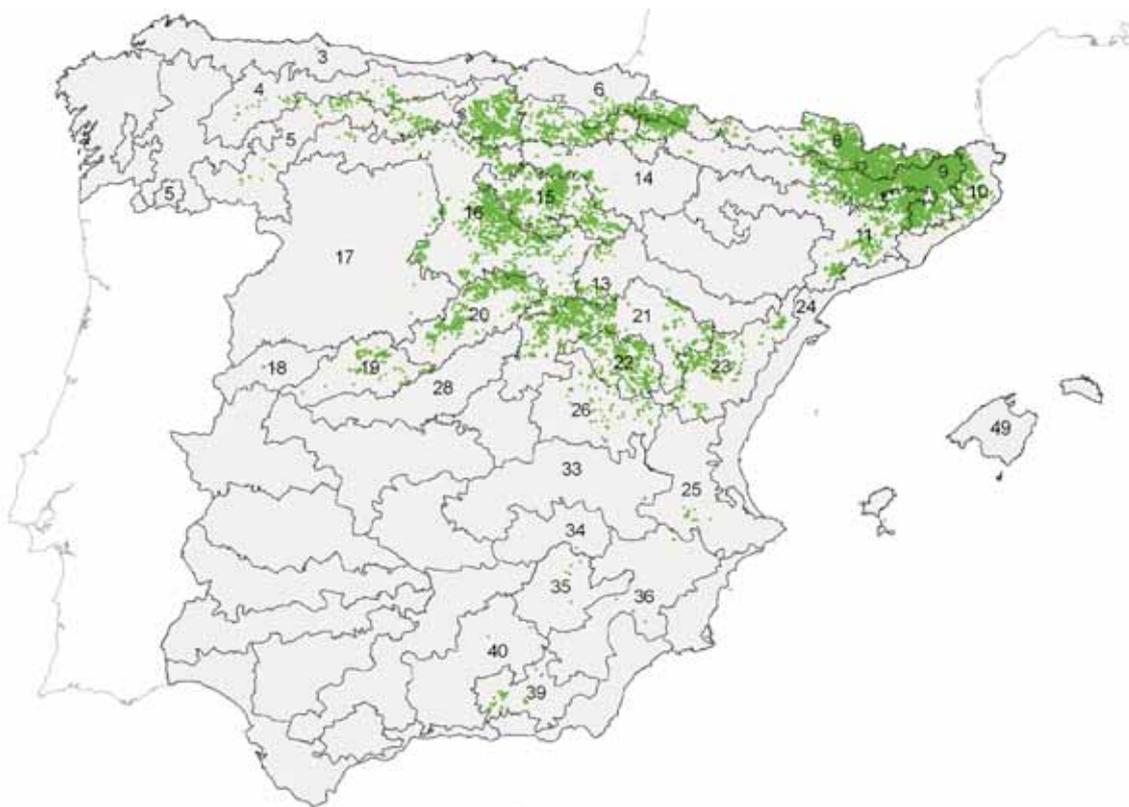


Figura 3. Distribución de *Juniperus communis* y Regiones de Procedencia de sus materiales de reproducción (Alía *et al.*, 2009)

En algunas regiones se han establecido medidas de protección para determinados taxones infraespecíficos; es el caso de *J. communis* subsp. *communis* en Extremadura (D. 37/2001) y de la subsp. *hemisphaerica* en Murcia (D. 50/2003), ambas incluidas en los respectivos catálogos en la categoría de especie “Vulnerable”. En ambas Comunidades Autónomas se deberá tener en cuenta las especificaciones y limitaciones establecidas por la normativa correspondiente para la recolección y el uso de los materiales de reproducción de estos taxones.

Las especies del género *Juniperus* no necesitan pasaporte fitosanitario, si bien, según la Directiva 2000/29/CE, está prohibida la introducción en la Unión Europea de vegetales (excepto frutos y semillas) del género procedente de terceros países.

En el mercado se dispone de cultivares de *J. communis*, que nunca deben ser empleados en las forestaciones.

2.2. Técnicas de manejo y propagación

2.2.1. Semillas

La recolección de los frutos se efectúa durante el otoño, de forma manual. En esta especie, los gálbulos pueden desprenderse y caer con cierta facilidad por lo que, una vez maduros, se recomienda no demorar su recolección. Las semillas se deben extraer de los gálbulos, ya que éstos dificultan la germinación. Para ello, se dejan macerar sumergidos en agua con lejía al 1% durante un par de días, proceso que permite ablandar la cubierta carnosa y eliminar parte de la resina. Posteriormente se procede a un despulpado y a la separación de fracciones por flotación, cribado y aventado. La calidad de los lotes de enebro común suele ser bastante baja debido a la dificultad de separar las semillas llenas de las vanas. Se puede realizar un fraccionado con mesa densimétrica o empleando soluciones de diferente densidad (soluciones salinas o de ácido sulfúrico), aunque todas ellas requieren su calibrado en cada caso. Las semillas de esta especie se pueden conservar durante varios años sin problemas, reduciendo su contenido de humedad entorno a un 10%, y manteniéndolas en recipientes herméticos a baja temperatura, entre -5 y 5 °C (Mac Cárthaig y Spethmann, 2000).

Las semillas de *J. communis* presentan dificultades para germinar, que se reflejan en unos valores generalmente bajos de la facultad germinativa (Tabla 3); por ello, es necesario tratarlas antes de su siembra. Se sugieren numerosas vías para romper su dormición, la mayoría de las cuales recurren a la estratificación en frío o a la combinación de ésta con una estratificación en caliente. Así, Young y Young (1992) señalan la estratificación de las semillas en frío durante 3 meses como método de germinación adecuado, mientras que Mac Cárthaig y Spethmann (2000) y Bonner (2008) recomiendan aplicar, previamente a la acción del frío, una estratificación en caliente de 2 a 3 meses. Piotta y Di Noi (2001) sugieren, incluso, la necesidad de prolongar el período de tratamiento en frío a algo más de 3 meses en algunos lotes, debido a diferencias de respuesta entre distintas procedencias. Estas mismas autoras señalan que, en algunos casos, puede ser efectivo aplicar una estratificación en caliente con una alternancia diaria de 30 °C - 20 °C durante 8-12 semanas y, posteriormente, efectuar la estratificación en frío. Tylkowski (2009) propone un paso intermedio en el desarrollo del tratamiento de doble estratificación y

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

RP	Pres (%)	Altitud (m)			Precipitación (mm)		A (meses)	Temperatura (°C)			Osc (°C)	Hs (meses)	Tipo de suelo (FAO)
		Med	Máx	Mín	Anual	Estival		Med	MaxMC	MinMF			
3	0	149	231	71	1257	193	0	13,8	23,5	5,2	10,8	0	CMtu(100)
4	0,7	1609	2072	583	1513	171	0	6,6	21,4	-3,8	14,2	5,4	CMtu(42) RK(27) CMc(24)
5	1,7	1394	2152	768	1116	134	0,6	7,6	24	-3,6	15,4	5,1	CMtu(35) CMc(30) RK(20)
6	1	753	1208	315	1491	210	0	10,7	24,5	0,8	14,3	0,1	CMc(83) FLe(15)
7	8,8	794	1330	215	870	134	0,7	10,6	25,8	0,1	14,9	0,6	CMc(84) CMtu(12)
8	15	1451	2729	562	1105	257	0	7,7	23,9	-4,7	16,5	5,2	CMtu(53) CMc(32)
9	22,2	862	2187	123	937	236	0,1	10,9	27,2	-2,1	17,1	2,9	CMc(88)
10	3,6	248	1420	54	851	177	0,5	14,3	28,8	1,7	15,7	0,1	CMc(44) FLe(19) CMtu(16) CMd(11)
11	6	647	1520	225	679	155	0,9	12,4	29,2	-0,6	18,2	1,4	CMc(86)
13	1	1136	1507	879	544	104	2,1	10,5	29,1	-2,2	17,7	3,6	CMc(74) CMg(12)
14	1,9	898	1528	419	616	126	1,5	10,7	26,5	-0,4	16	1,2	CMc(77) CMg(17)
15	7,8	1265	2143	709	777	137	0,9	8,9	25,9	-2,5	16,3	4	CMc(58) CMtu(37)

RP	Pres		Altitud (m)			Precipitación (mm)		A (meses)	Temperatura (°C)			Osc (°C)	Hs (meses)	Tipo de suelo (FAO)
	(%)		Med	Máx	Mín	Annual	Estival		Med	MaxMC	MinMF			
16	10,3	1015	1459	783	783	600	99	2,2	10,5	28,6	-1,5	17,2	3	CMc(62) CMg(13) CMtu(10)
17	0,3	855	1254	268	268	521	79	2,7	11,4	29,7	-0,8	17,5	2,4	CMc(67) CMd(13)
18	0	717	963	459	459	1088	75	2,5	13,2	31,5	0,4	18,2	0,7	LPd(100)
19	1,2	1346	2072	576	576	899	88	2,2	10,4	28,9	-2	18	3,4	CMtu(35) CMd(28) LPd(27)
20	4,3	1407	2211	799	799	877	111	1,7	9,4	27,2	-2,3	17,6	3,8	CMtu(47) CMe(17) CMc(16) Mg(10)
21	6	1148	1567	729	729	596	107	1,9	10,5	29,5	-2,2	17,6	3,6	CMc(87) CMe(10)
22	3,6	1441	1768	1061	1061	768	126	1,4	8,9	27,5	-3,7	17,6	4,9	CMc(92)
23	2,8	1384	1912	807	807	670	143	0,5	9,6	25,9	-2	16,5	3,2	CMc(95)
24	0,1	655	924	169	169	700	115	1,6	13,5	27,5	2,7	15,8	0	CMc(75) CMg(13) FLe(12)
25	0,3	914	1449	600	600	541	84	2,5	13,2	29,5	1,5	16,6	0,2	CMc(100)
26	0,8	1092	1388	899	899	652	92	2,3	11,8	30,8	-1,2	18,6	2,6	CMc(89)
28	0,1	692	884	509	509	535	59	3,5	13,8	32,4	0,8	19,1	0,8	CMd(62) CMc(38)
33	0	754	769	738	738	387	62	3,6	13,8	32,1	1,2	18,8	0	CMc(100)
34	0	1403	1432	1373	1373	882	81	2,4	11,3	29,5	-0,7	18,9	1,4	CMc(100)
35	0,1	1457	1638	1308	1308	928	79	2,4	11,5	29,4	0,2	18,3	0,8	CMc(100)
36	0,1	784	920	655	655	413	57	3,5	14,4	31,2	2,2	17,2	0	CMc(62) XEc(38)
39	0,4	2177	2921	1392	1392	941	64	2,5	8,5	26,5	-3,1	17,5	4,1	CMe(61) CMc(31)
40	0	1806	1833	1779	1779	1198	81	2,2	9,7	27,7	-1,6	18,5	2,7	CMc(50) LPc(50)

sugiere efectuar una estratificación en caliente (a 15 °C) durante 14 semanas, con una interrupción de 72 horas entre la 4ª y la 8ª semana, en la que se permite la desecación de las semillas a temperatura ambiente, y una posterior estratificación en frío durante 12 semanas. Broome (2003) aconseja la escarificación química, mediante la inmersión de las semillas en una solución de ácido cítrico al 1% durante 4 días y una posterior estratificación en frío durante unos 7 meses.

En condiciones controladas, la temperatura a la que se debe mantener las semillas durante la fase de germinación varía según autores. Se sugiere una temperatura constante de 20 °C (Young y Young, 2000; Bonner, 2008) o una alternancia diaria de 5-15 °C (oscuridad-luz) (García-Fayos, 2001), de 3-15 °C (Tylkowski, 2009) o de 20-30 °C (16 h-8 h) (Bonner, 2008). La Forestry Commission (2010) propone la exposición de las semillas a una oscilación diaria de 3-15 °C.

Para la caracterización de lotes de semillas, la ISTA (2011) establece las siguientes condiciones: estratificación en frío durante 90 días y germinación en arena a 20 °C durante, al menos, 28 días. Sin embargo, debido a la lentitud de germinación de las semillas de enebro, se aconseja la aplicación de ensayos de tetrazolio.

Las plántulas presentan dos cotiledones y hojas juveniles inicialmente opuestas, después verticiladas en número de 4 durante dos años en el eje principal y de tres en las ramas, de forma similar a las adultas, pero menos rígidas (Farjon, 2005).

Tabla 3. Datos característicos de lotes de semillas de *Juniperus communis*.

Rendimiento semilla/fruto (% en peso)	Pureza (%)	Facultad germinativa (%)	Nº semillas kg ⁻¹	Referencia
	90-95	10-20	80.000-100.000-125.000	Catalán (1991)
			22.000	Young y Young (1992)
			86.000-125.000	García-Fayos (2001)
	99	(38) ⁽¹⁾	(34.542)	Navarro-Cerrillo y Gálvez (2001)
			56.000-120.00 (80.000-100.000)	Piotto y Di Noi (2001)
		1-33		Mugnaini <i>et al.</i> (2004)
		7-75	56.000-120.000	Bonner (2008)
0,4-4	92-100	59-91 ⁽¹⁾	87.600-107.000	Banc de Llavors Forestals (Anexo II) ⁽²⁾
1,5-5,5	90-98		77.000-88.000	CNRGF <i>El Serranillo</i> (Anexo III)
8-16	93-100		90.000-120.000	Vivero Central JCyL (Anexo IV)

⁽¹⁾ Ensayos al tetrazolio

⁽²⁾ Datos referidos a *J. communis* subsp. *hemisphaerica*

2.2.2. Vegetativa

El enebro común se produce en los viveros de planta ornamental mediante multiplicación vegetativa. Los cultivares se multiplican enraizando estaquillas en ambiente con temperatura y humedad controladas. Aunque esta técnica no se emplea en la producción de plantas con fines forestales, en poblaciones mediterráneas, que suelen tener una baja producción de semillas viables, la vía vegetativa podría ser adecuada para la obtención de plantas. En este caso, sería necesario propagar materiales obtenidos de varios pies madre con el fin de asegurar cierta base genética en las nuevas poblaciones.

Torchik (2005) recomienda recolectar el material hacia el mes de junio, mientras que Broome (2003) trabaja con material leñoso, recogido entre los meses de febrero y marzo, cuando la savia todavía está parada. Las estaquillas deben ser terminales, de 10 cm de longitud, e incluir el crecimiento del año anterior. Según Broome (2003), no es necesario aplicar hormonas, aunque el resultado es muy variable en función del vigor de la planta. El sustrato empleado para la fase de producción de raíces debe permitir la aireación. Se puede emplear una mezcla, a partes iguales, de turba, corteza y perlita (Broome, 2003), de arena y turba (Torchik, 2005) o mezclas de corteza de pino y compost. Las estaquillas deben mantenerse con calor basal de 15 °C, temperatura ambiente de 16-19 °C y humedad relativa constante

Como en la mayoría de las especies, la capacidad de enraizamiento está muy condicionada por la edad de la planta madre y por el genotipo. Así, Houle y Babeux (1994) han encontrado una gran variación de respuesta entre individuos y, también, entre poblaciones. Por otra parte, es de esperar que las subespecies o variedades con hábito postrado muestren una mejor aptitud para el enraizamiento.

3. Producción de plantas

Existen pocas referencias bibliográficas sobre la producción de plantas de enebro común a partir de semillas, debido a la gran proporción de semillas vanas que suelen presentar los lotes. Para la producción de plantas con fines forestales, se sugiere seguir el mismo protocolo que se ofrece para el cultivo de *J. thurifera*.

En vivero, las semillas se pueden sembrar en otoño-invierno, para aprovechar la estratificación natural, o en primavera. En cualquier caso, se recomienda no sembrar semillas que no hayan sido tratadas previamente, ya que la emergencia es muy irregular; parte de las semillas pueden llegar a germinar en la primavera del segundo año, pero el resto lo harán en los años sucesivos. Debido a la problemática de su germinación y la incertidumbre en su nascencia, se recomienda sembrar en bandejas semillero y transferir las plántulas a los envases forestales definitivos a medida que van emergiendo. Como se indica para otras especies del género, el transplante es la fase más delicada del proceso de producción. El mejor período para realizar esta operación es a final del invierno y principio de la primavera, cuando la temperatura no es excesivamente fría ni demasiado cálida.

Conviene realizar tratamientos con fungicidas de acción sistémica, en preemergencia y emergencia, para prevenir ataques de hongos responsables del *damping off*.

Se aconseja el cultivo en contenedores forestales de 200-300 cm³ para la obtención de plantas de dos savias (Fig. 4), con densidades de cultivo inferiores a 400 plantas por m². Se recomienda el uso de sustratos fertilizados, como turba rubia, vermiculita y fibra de coco, con proporciones, en caso de mezcla, de 80-20 (turba y vermiculita, respectivamente) ó 40-40-20 (turba, fibra de coco y vermiculita, respectivamente).

Se recomienda suministrar los fertilizantes con el agua de riego, en dosis de 110 mg l⁻¹ de N, 28 mg l⁻¹ de P y 120 mg l⁻¹ de K. Una buena referencia sobre la cantidad total de estos elementos que debe recibir una planta al año son los resultados de trabajos realizados en *J. thurifera*, en los que se recomienda 100-150 mg N, 30-40 mg P y 75-140 mg K. En caso de optar por la fertilización de liberación lenta, se aconseja aplicar una dosis de 3 g l⁻¹ de una formulación N-P-K 17-5-12, que favorece la producción de plantas en contenedores de gran volumen. *Juniperus communis* parece responder mejor al elevar las concentraciones de N y K, pero no se ve afectado por concentraciones más elevadas de P (Klett, 1977; Broome, 2003).



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

Los brinzales de *J. communis* soportan bien la insolación directa, creciendo sin necesidad de mallas de sombreo, siempre que no escasee el agua de riego. También son resistentes a las temperaturas bajas.

Esta especie es colonizada por micorrizas arbusculares en cantidades importantes, posiblemente debido a su dependencia de la disposición de N (Thomas *et al.*, 2007). Sin duda, el uso de inoculaciones en vivero con este tipo de hongos favorecería el crecimiento y desarrollo de plantas de calidad.

4. Uso en repoblaciones y restauraciones

Juniperus communis tiene un importante efecto protector frente a la erosión y ofrece refugio y alimento a la fauna, especialmente en invierno. Su capacidad de desarrollo en ambientes de montaña, particularmente hostiles para otras especies arbóreas (con temperaturas extremas, ambientes abiertos y suelos someros), hace que resulte una especie interesante en restauraciones. Mallik *et al.* (2008) lo recomiendan para la revegetación de carreteras en zonas de clima atlántico de inviernos fríos y en áreas de montaña.

5. Planificación de la repoblación

Debido a las condiciones extremas en las que vegeta *J. communis*, se recomienda diseñar plantaciones con baja densidad (no más de 150 pies ha⁻¹). La protección, frente a la sequía estival, que ofrecen las matas de otras especies a las plántulas de enebro común procedentes de regeneración natural (García, 2001; Verdú *et al.*, 2004) hace pensar que el uso de protectores en los primeros años puede ser positivo. Además, los tubos protegen de la acción de depredadores, ya que *J. communis* parece ser vulnerable a los ataques de algunos animales (Broome, 2003). Se aconseja que los tubos sean ventilados y con una transmisividad de la luz moderada. Su tamaño dependerá de la presencia de grandes herbívoros en la zona; si predominan los conejos, bastará emplear tubos protectores de 60 cm de altura.



Figura 5. Pie de *Juniperus communis* después de dos años en monte. Pastizal de alfalfa con *Juniperus* y *Quercus* dispersos (Foto: J. Sánchez).

Por otra parte, al ser una especie sensible a la sequía estival, es conveniente aplicar riegos durante el primer verano en zonas climáticamente desfavorables, siempre que los recursos lo permitan; puede ser suficiente aportar dosis de 10-20 l por planta, tres veces a lo largo del primer verano después de la plantación. Otra buena opción es efectuar un control de la vegetación competidora, especialmente de las herbáceas, mediante escardas, binas o el uso de herbicidas, que en este caso serían recomendables durante las primeras etapas de instalación de la especie (Broome, 2003).

6. Bibliografía

- ADAMS R.P., 2004. Junipers of the World. The genus *Juniperus*. Trafford Publishing Co., Vancouver.
- ADAMS R.P., PANDEY R.N., 2003. Analysis of *Juniperus communis* and its varieties based on DNA fingerprinting. *Biochem. Syst. Ecol.* 31, 1271-1278.
- 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. 129-132.
- AMARAL FRANCO J., 1986. *Juniperus* L. En: Flora iberica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares. Vol I. *Lycopodiaceae - Papaveraceae*. (Castroviejo S., Laínz M., López González G., Montserrat P., Muñoz Garmendia F., Paiva J., Villar L., eds.). Real Jardín Botánico, Madrid. pp. 181-188.
- BONNER F.T., 2008. *Juniperus* L. En: The woody plant seed manual (Bonner F.T., Karrfalt R.P., eds.). The woody plant seed manual (Bonner F.T., Karrfalt R.P., eds.). United States Department of Agriculture, Forest Service, Agriculture Handbook 727, Washington. pp.607-614.
- BROOME A., 2003. Growing Juniper: propagation and establishment practices. Information note. Forestry Commission, Edinburgh.
- 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. 227-229.
- FARJON A., 2005. A monograph of *Cupressaceae* and *Sciadopitys*. Royal Botanic Gardens, Kew.
- 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 D., 1998. Interaction between juniper *Juniperus communis* L. and its fruit pest insects: pest abundance, fruit characteristics and seed viability. *Acta Oecol.* 19, 517-525.
- GARCÍA D., 2001. Effects of seed dispersal on *Juniperus communis* recruitment on a Mediterranean mountain. *J. Veg. Sci.* 12, 839-848.
- GARCÍA D., ZAMORA R., GÓMEZ J.M., HÓDAR J.A., 1999 a. Bird rejection of unhealthy fruits reinforces the mutualism between juniper and its avian dispersers. *Oikos* 84, 536-544.
- GARCÍA D., ZAMORA R., HÓDAR J.A., GÓMEZ J.M., 1999 b. Age structure of *Juniperus communis* L. in the Iberian Peninsula: conservation of remnant populations in Mediterranean mountains. *Biol. Conserv.* 87, 215-220.
- GARCÍA D., ZAMORA R., GÓMEZ J.M., JORDANO P., HÓDAR J.A., 2000. Geographical variation in seed production, predation and abortion in *Juniperus communis* throughout its range in Europe. *J. Ecol.* 88, 436-446.
- GARCÍA D., ZAMORA R., GÓMEZ J.M., HÓDAR J.A., 2001. Frugivory at *Juniperus communis* depends more on population characteristics than on individual attributes. *J. Ecol.* 89, 639-647.
- GARCÍA D., ZAMORA R., GÓMEZ J.M., HÓDAR J.A., 2002. Annual variability in reproduction of *Juniperus communis* L. in a Mediterranean mountain: relationship to seed predation and weather. *Écoscience* 9, 251-255.

- 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. 21.
- GOSLING P., 2007. Raising trees and shrubs from seed. Practice Guide. Forestry Commission, Edinburgh.
- HILL P.W., HANDLEY L.L., RAVEN J.A., 1996. *Juniperus communis* L. spp *communis* at Balnaguard, Scotland: foliar carbon discrimination ($\delta^{13}\text{C}$) and 15-N natural abundance ($\delta^{15}\text{N}$) suggest gender-linked differences in water and N use. Bot. J. Scot. 48, 209-224.
- HOULE G., BABEUX P., 1994. Variations in rooting ability of cuttings and in seed characteristics of five populations of *Juniperus communis* var. *depressa* from subarctic Quebec. Can. J. Bot. 72, 493-498.
- ISTA (International Seed Testing Association), 2011. International rules for seed testing. Edition 2011. ISTA, Bassersdorf, Switzerland.
- JORDANO P., 1993. Geographical ecology and variation of plant-seed disperser interactions: southern Spanish junipers and frugivorous thrushes. Vegetatio 108, 85-104.
- KLETT J.E., 1977. Nitrogen nutrition of junipers. En: Combined Proceedings of the International Plant Propagators Society 27, 377-381.
- MAC CÁRTHAIGH D., SPETHMANN W., 2000. Krüssmanns Gehölzvermehrung. Parey Buchverlag, Berlin.
- MALLIK A.U., KARIM M.N., 2008. Roadside revegetation with native plants: experimental seeding and transplanting of stem cuttings. Appl. Veg. Sci. 11, 547-554.
- MARION C., HOULE G., 1996. No differential consequences of reproduction according to sex in *Juniperus communis* var *depressa* (Cupressaceae). Am. J. Bot. 83, 480-488.
- MUGNAINI S., NEPI M., PACINI E., SAPIA L., PIOTTO B., 2004. I ginepri come specie forestali pioniere: efficienza riproduttiva e vulnerabilità. APAT, Roma.
- MUGNAINI M., GUAMIERI M., PIOTTO B., PACINI E., 2007. Pollination drop in *Juniperus communis*: response to deposited material. Ann. Bot. 100, 1475-1481.
- 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. 188-189.
- ORTIZ P.L., ARISTA M., TALAVERA S., 2002. Sex ratio and reproductive effort in the dioecious *Juniperus communis* subsp. *alpine* (Suter) Čelak. (Cupressaceae) along an altitudinal gradient. Ann. Bot. 89, 205-211.
- PIOTTO B., DI NOI A. (eds.), 2001. Propagazione per seme di alberi e arbusti della flora mediterranea. ANPA, Roma.
- RAATIKAINEN M., TANSKA T., 1993. Cone and seed yields of the juniper (*Juniperus communis*) in southern and central Finland. Acta Bot. Fenn. 149, 27-39.
- SÁNCHEZ-PALOMARES O., SÁNCHEZ-SERRANO F., CARRETERO M.P., 1999. Modelos y cartografía de estimaciones climáticas termopluviométricas para la España peninsular. INIA, Madrid.
- THOMAS P.A., EL-BARGHATHI M., POLWART A., 2007. Biological Flora of the British Isles: *Juniperus communis* L. J. Ecol. 95, 1404-1440.
- TORCHIK V., 2005. Effect of donor plant phenological phase on root formation of stem cuttings of ornamental *Juniperus* L. cultivars. Propag. Ornam. Plants 5, 51-55.
- TYLKOWSKI T., 2009. Improving seed germination and seedling emergence in the *Juniperus communis*. Dendrobiology 61, 47-53.
- VERDÚ M., VILLAR-SALVADOR P., GARCÍA-FAYOS P., 2004. Gender effects on the post-facilitation performance of two dioecious *Juniperus* species. Funct. Ecol. 18, 87-93.

VERHEYEN K., SCHREURS K., VANHOLEN B., HERMY M., 2005. Intensive management fails to promote recruitment in the last large population of *Juniperus communis* (L.) in Flanders (Belgium). *Biol. Conserv.* **124**, 113-121.

VERHEYEN K., ADRIAENSSENS S., GRUWEZ R., MICHALCZYK I.M., WARD L.K., ROSSEEL Y., VAN DER BROECK A., GARCÍA D., 2009. *Juniperus communis*: victim of the combined action of climate warming and nitrogen deposition? *Plant Biol.* 11, 1-11.

WARD L.K., 2007. Lifetime sexual dimorphism in *Juniperus communis* var. *communis*. *Plant Species Biol.* 22, 11-21.

YOUNG J.A., YOUNG C.G., 1992. Seeds of woody plants in North America. Dioscorides Press, Portland. pp. 187-192.

Juniperus oxycedrus L.

Enebro de la miera, cada, cade, enebro, xinebro, alerce español; *cat.*: ginebre, càdec; *eusk.*: hego-ipurua, hego-orrea.

Alberto VILAGROSA CARMONA, Juan Ignacio GARCÍA VIÑAS, Aitor GASTÓN GONZÁLEZ, María Aránzazu PRADA SÁEZ

1. Descripción

Este taxón presenta una gran variación morfológica que no facilita el consenso en su tratamiento. Así, se han distinguido estirpes, unas veces con la categoría de especies y otras de subespecies, teniendo en cuenta diferentes rasgos, como la morfología de las acículas y el tamaño y color de los gálbulos (Tablas 1 y 2). Morfológicamente, *J. oxycedrus* es una especie próxima a los enebros endémicos de las Islas Canarias y Azores (*J. cedrus* y *J. brevifolia*, respectivamente). Existen cultivares ornamentales seleccionados por su particular porte o por el color del follaje. En cualquier caso, estas variedades no deben ser empleadas en forestaciones.

Tabla 1. Tratamiento de *Juniperus oxycedrus* (y táxones próximos) presentes en la Península Ibérica, según diferentes autores.

Amaral Franco (1986)	Ginés López (2001)	Farjon (2005)
<i>Juniperus oxycedrus</i> subsp. <i>oxycedrus</i>	<i>Juniperus oxycedrus</i> subsp. <i>oxycedrus</i> ⁽¹⁾	<i>Juniperus oxycedrus</i> subsp. <i>oxycedrus</i>
<i>Juniperus oxycedrus</i> subsp. <i>badia</i>		<i>Juniperus oxycedrus</i> subsp. <i>badia</i>
<i>Juniperus oxycedrus</i> subsp. <i>macrocarpa</i>	<i>Juniperus oxycedrus</i> subsp. <i>macrocarpa</i>	<i>Juniperus oxycedrus</i> subsp. <i>macrocarpa</i>
<i>Juniperus navicularis</i>	<i>Juniperus oxycedrus</i> subsp. <i>transtagana</i>	<i>Juniperus oxycedrus</i> subsp. <i>transtagana</i>

⁽¹⁾ Este autor opina que la subsp. *badia* debe corresponder a un taxón del norte de África, ausente en la Península Ibérica

1.1. Morfología

Juniperus oxycedrus suele ser un arbolillo, aunque en ocasiones puede alcanzar porte arbóreo. La corteza del tronco es de color pardo a grisáceo y se agrieta en tiras largas y estrechas. Las hojas son aciculares y se insertan en el tallo de forma verticilada en número de tres. En el haz presentan dos bandas estomáticas separadas por un nervio central, más claras que el resto de la hoja, rasgo que permite diferenciarlo fácilmente de *J. communis*, cuyas hojas presentan una sola banda al menos en los 2/3 superiores.

Tabla 2. Caracteres de diagnóstico de las subespecies de *Juniperus oxycedrus*, según Farjon (2005) y Amaral Franco (1986).

	<i>J. oxycedrus</i> subsp. <i>oxycedrus</i>	<i>J. oxycedrus</i> subsp. <i>badia</i>	<i>J. oxycedrus</i> subsp. <i>macrocarpa</i>	<i>J. oxycedrus</i> subsp. <i>trastagana</i> (<i>J. navicularis</i>)
Porte	▶ arbusto o árbol pequeño ▶ hasta 8 m de altura	▶ árbol de porte piramidal ▶ hasta 15 m de altura	▶ arbusto prostrado o arbolillo, de copa amplia (bajo cubierta puede alcanzar porte arbóreo)	▶ arbusto de copa generalmente fastigiada, densa ▶ hasta 2 m de altura
Ramas	▶ ascendentes o extendidas	▶ ramillos terminales subpéndulos		
Hojas	▶ 6-15(25) x 1-1,5(2) mm	▶ 10-20 x (1,2)1,5-2 mm	▶ 20-25 x 2-3 mm ▶ rígidas	▶ 4-12 x 1-1,5 mm
Gálbulos	▶ globosos ▶ 6-13 mm de diámetro ▶ más o menos pruinosos durante su desarrollo, naranja o pardo rojizo al madurar	▶ globosos ▶ 10-13 mm de diámetro ▶ más o menos pruinosos durante su desarrollo, castaño purpúreo al madurar	▶ ovoideo-globosos a globosos ▶ 12-23 mm de diámetro ▶ castaño purpúreo al madurar	▶ globosos ▶ 7-10 mm de diámetro ▶ sin pruina durante su desarrollo, rojo coral al madurar
Hábitat	▶ 0-1.200(1.500) m de altitud; se mezcla con la subespecie <i>badia</i>	▶ 200-1.000 m de altitud; más propio de bosques esclerófilos continentales secos y soleados	▶ costero (dunas, acantilados y bajo pinar)	▶ arenales costeros y matorrales y pinares próximos

1.2. Biología reproductiva

Los enebros son especies dioicas. La floración tiene lugar entre los meses de marzo y mayo, a veces antes, y suele ser abundante. Los conos polínicos son subglobosos a ovoideos, de unos 3 mm, inicialmente amarillos y después marrones. Se insertan solitarios en las axilas de las acículas situadas hacia la mitad de los ramillos jóvenes. Los conos femeninos, inconspicuos, son axilares y están formados por dos verticilos de 3 brácteas cada uno, siendo fértil el superior, que es el que se desarrolla completamente. La polinización es anemófila y la fecundación tiene lugar en el verano del primer año. Los embriones maduran en el verano del segundo año (Ciampi, 1958), por lo que durante el otoño es posible encontrar gálbulos maduros y verdes. En esta especie, como en otras dioicas, la observación de diferencias de crecimiento entre pies de distinto sexo en algunas poblaciones hace suponer la existencia de un coste reproductivo, produciéndose un menor desarrollo vegetativo de los pies femeninos (Massei *et al.*, 2006). Los gálbulos maduros son carnosos e indehiscentes, más o menos resinosos (ver apartado anterior para características de los gálbulos) (Fig. 1). Suelen portar hasta 3 semillas, de forma ovoideo-triangular, de 5-12 x 4-8 mm, de color marrón (Farjon, 2005) (Fig. 2). La dispersión se

debe a animales frugívoros, tanto aves como mamíferos (Jordano, 1993; Mugnaini *et al.*, 2004; Fedriani y Delibes, 2009). Existen limitaciones para el desarrollo de los gálbulos. Así, Ortiz *et al.* (1998) y Juan *et al.* (2003) estiman pérdidas entre el 62% y el 92% del número inicial de conos femeninos. Los gálbulos del enebro de la miera pueden sufrir serios daños antes de su dispersión, por depredación o por el ataque de ciertos insectos, sobre todo de *Megastigmus* spp., que producen una reducción en el número de semillas y en su vitalidad (Roques *et al.*, 1984).



Figura 1. Gálbulos de *Juniperus oxycedrus*
(Foto: J.I. García Viñas).



Figura 2. Semillas de *Juniperus oxycedrus*.

Además, en esta especie, la baja eficacia reproductiva se agudiza por la alta proporción de semillas vanas debido a limitaciones en fases previas a la fecundación o de semillas no viables. Diferentes lotes de semillas del taxón costero recolectados en varias poblaciones andaluzas han mostrado porcentajes de semillas llenas del 65%, en los mejores casos, pudiendo descender esta proporción por debajo del 30% (Ortiz *et al.*, 1998; Juan *et al.*, 2003). Las limitaciones en el proceso de fecundación también son evidentes en el taxón típico y en la subsp. *badia*, con estimaciones de semillas con embrión del 25-35% (Pardos y Lázaro, 1983) y el 24-48% (Jordán de Urríes, 1997), respectivamente.

1.3. Distribución y ecología

Se encuentra en la región mediterránea y en Oriente Medio hasta Irak, desde el nivel del mar hasta los 2.200 m de altitud. *Juniperus oxycedrus* subsp. *oxycedrus* es el taxón más extendido, y está presente en todo el rango de distribución de la especie, aunque generalmente no en la costa; falta en el noroeste peninsular. *Juniperus oxycedrus* subsp. *badia* se distribuye en Argelia, Portugal y en zonas interiores de España. Las poblaciones de *J. oxycedrus* subsp. *macrocarpa* se localizan en las costas del Mediterráneo y del Mar Negro; en España se encuentran en las costas de Andalucía, Comunidad Valenciana, Baleares y Cataluña, generalmente en dunas, aunque también en acantilados y como sotobosque de pinares. *Juniperus navicularis* (*J. oxycedrus* subsp. *transtagana*) ha sido reseñado puntualmente en las costas de Huelva, Cádiz y Almería, siendo más abundante en el litoral de la mitad sur de Portugal.

El enebro de la miera es una especie típicamente mediterránea (Fig. 3). Es xerófila y heliófila, llegando a tolerar períodos de sequía de casi 4 meses y precipitaciones anuales

de 400 mm. Tolera sin problemas los fríos continentales, soportando temperaturas medias del mes más frío de $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ y, puntualmente, hasta de $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Crece en una gran variedad de ambientes, desde las dunas costeras, en ámbitos hiperxerófilos, maquias y garrigas, y como cortejo de encinares, alcornocales, quejigares, pinares termófilos, llegando hasta los bosques de pino laricio y, esporádicamente, a sabinars de sabina albar. Coloniza fácilmente campos de cultivo abandonados y montes en los que se reduce significativamente la carga ganadera. Es una especie muy rústica, prosperando en sustratos de naturaleza tanto silíceas como calizas y yesosas, suelos superficiales y roquedos, aunque prefiere los suelos sueltos y ligeros. Produce fácilmente brotes epicórmicos en tallos y raíces superficiales. En poblaciones de la vertiente mediterránea se ha observado la capacidad de rebrote tras el paso del fuego, no así en poblaciones de las zonas silíceas de las cuencas del Duero y del Tajo.

2. Materiales forestales de reproducción

2.1. Marco normativo. Identificación de los materiales de reproducción

El enebro de la miera está incluido en el Real Decreto 289/2003, que regula la comercialización de los materiales forestales de reproducción. Las regiones de procedencia definidas oficialmente (Alía Miranda *et al.*, 2009), que permiten la identificación del origen de los materiales de esta especie, se basan en una división del territorio español atendiendo a criterios de cierta homogeneidad climática. Para esta especie sólo se han catalogado materiales de base del tipo fuentes semilleras y no se prevé, debido a su escaso interés productivo, la aprobación de rodales u otros materiales que impliquen selección fenotípica o genética. En la página electrónica del Ministerio competente se puede consultar la lista los materiales de base aprobados hasta la fecha por las diferentes CC.AA.

Se recomienda el uso de materiales de la región de procedencia local, recolectados de un gran número de pies, como medio para asegurar cierta variación genética de los lotes y la adaptación de los materiales a la zona de uso. El empleo de materiales locales también resulta una práctica acertada si se tiene en cuenta la división reconocida a nivel infraespecífico desde el punto de vista morfológico y por la posible existencia de cierto patrón de variación genética y diferenciación de las poblaciones, particularmente de aquéllas que muestran aislamiento genético, como las insulares o las periféricas.

Debido a la fragmentación y a la reducida extensión de sus poblaciones, en un hábitat que sufre una gran presión antrópica, el taxón costero, *J. oxycedrus* subsp. *macrocarpa*, está catalogado en Andalucía como “Vulnerable” por el Decreto 23/2012, y es considerado “Especie vigilada” en la Comunidad Valenciana según la Orden 6/2013; las dunas costeras valencianas con presencia de *Juniperus* spp. están calificadas como Hábitats protegidos (Decreto 70/2009). Por otra parte, en Cataluña las poblaciones de la subespecie *macrocarpa* localizadas en el Cabo de Creus están catalogadas como de “Estricta Protección”, según el Decreto 172/2008. El uso del taxón para restauraciones en el litoral marítimo en estas regiones donde es natural debe, por lo tanto, coordinarse o estar restringido a las actuaciones que se prevean en el marco de los planes de conservación o gestión. En cualquier caso, se debe emplear materiales de las poblaciones locales. Asimismo,

J. oxycedrus subsp. *badia*, por su escasez en Extremadura y en Murcia, aparece en sus catálogos de flora protegida como “Vulnerable” (D. 37/2001) y “En peligro de extinción” (D. 50/2003), respectivamente. *Juniperus oxycedrus* subsp. *oxycedrus* está considerada en la Región de Murcia como “De interés especial”. Por ello, el uso de estos taxones en forestaciones en dichos territorios debe tener en cuenta las disposiciones que establezca la normativa correspondiente.

Las especies del género *Juniperus* no necesitan pasaporte fitosanitario, si bien, según la Directiva 2000/29/CE, está prohibida la introducción en la Unión Europea de vegetales del género (excepto frutos y semillas) procedente de terceros países.

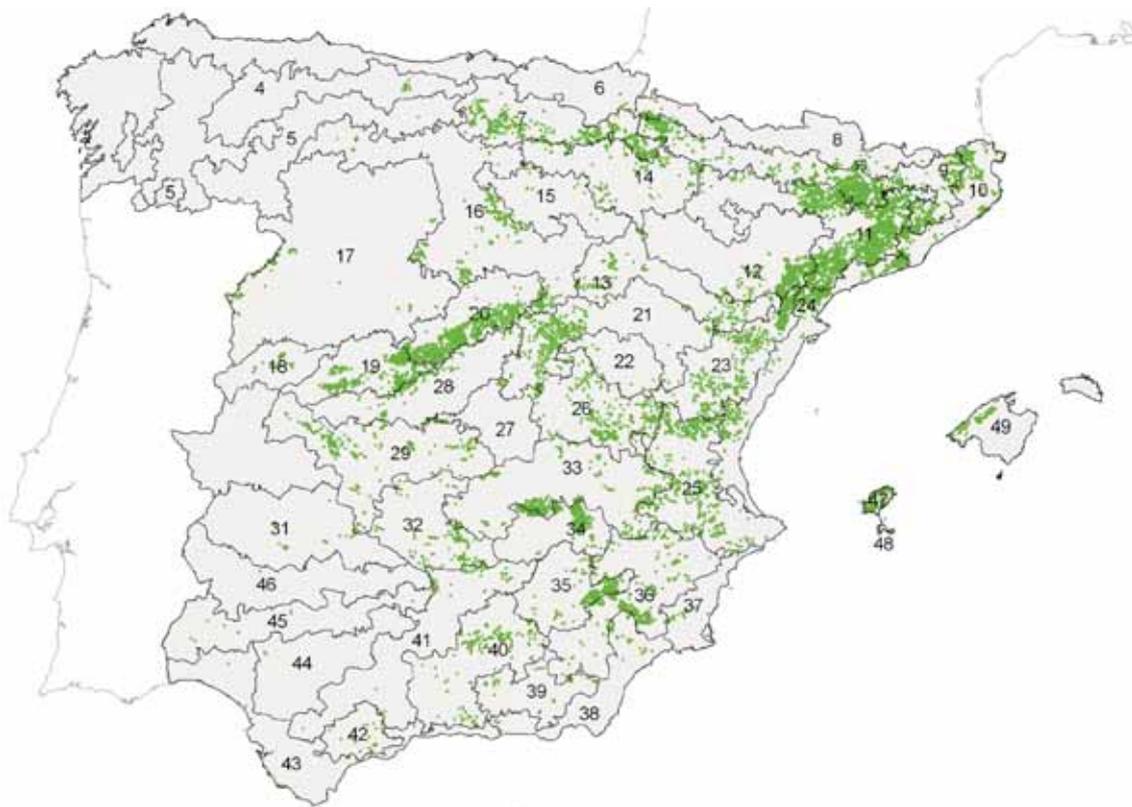


Figura 3. Distribución de *Juniperus oxycedrus* y Regiones de Procedencia de sus materiales de reproducción (Alía *et al.*, 2009).

2.2. Técnicas de manejo y propagación

2.2.1. Semillas

La recolección de los gálbulos se efectúa durante el otoño, de forma manual. Sin embargo, ésta puede extenderse hasta inicios de la primavera del año siguiente, ya que, si no hay depredación, los gálbulos permanecen bastante tiempo en la planta. Una vez eliminados los grandes restos (ramillos, hojas, etc.), los gálbulos se dejan macerar en agua con lejía al 1% durante 2-3 días para ablandar la cubierta carnosa y eliminar parte de la resina. Las

Tabla 3. Descripción de las áreas con presencia de *Juniperus oxycedrus* ppor región de procedencia (RP: número de la región de procedencia; Pres: presencia de la especie en cada una de las regiones, estimada como el cociente del área de la especie en dicha región respecto del área total de la especie; A: número de meses de déficit hídrico (precipitación media mensual <2 temperatura media mensual); Osc: media anual de la oscilación térmica diaria; Hs: número de meses con helada segura (media mínimas <0 °C); Med: valor medio; Max: valor máximo; Min: valor mínimo; MaxMC: valor máximo del mes más cálido; MinMF: valor mínimo del mes más frío); Tipo de suelo: porcentaje del tipo de suelo según la cartografía Soil Map of the European Communities dentro de cada región de procedencia. La clasificación de suelos utilizada en dicha cartografía es la de FAO de 1974. Las abreviaturas se han actualizado a la clasificación FAO de 1989. Los tipos de suelos inexistentes en la nueva clasificación se han mantenido con los nombres antiguos, asignándoles nuevas abreviaturas (Rankers: RK, Xerosoles: XE). Sólo se incluyen aquellos suelos que superan el 10% en el conjunto del territorio estudiado).

RP	Pres (%)	Altitud (m)			Precipitación (mm)		A (meses)	Temperatura (°C)			Osc (°C)	Hs (meses)	Tipo de suelo (FAO)
		Med	Máx	Mín	Anual	Estival		Med	MaxMC	MinMF			
4	0,1	551	1108	379	930	119	1,3	12,4	26,3	1,1	13,5	0,3	CMtu(93)
5	0	1108	1108	1108	834	117	1,4	9	25,7	-3,3	16,6	4,4	CMtu(100)
6	0,1	692	1144	511	1301	190	0	11	25,3	0,9	14,4	0	CMc(75) CMtu(17)
7	4,6	685	1104	339	745	122	1,4	11,5	27,3	0,5	15,8	0,3	CMc(77) CMtu(14)
8	0,8	955	1633	570	1048	207	0	9,8	26,2	-2,5	16,6	3,3	CMc(62) CMtu(28) FLe(10)
9	9,9	734	1583	264	815	186	0,3	11,5	28,4	-1,7	17,9	2,4	CMc(88)
10	2,8	283	965	39	782	157	0,9	14,3	28,6	2	15,9	0	CMc(57) FLe(12) CMtu(10)
11	14,8	598	1526	63	622	125	1,5	12,9	29,6	0,1	18,2	0,9	CMc(88)
12	3,4	322	627	71	411	69	3,4	14,8	31,8	1,6	18,9	0	CMc(71) FLe(16) XEc(12)
13	1,7	840	1418	387	475	99	2,4	12,3	29,8	-0,3	17,7	1,3	CMc(51) XEc(21) CMe(13)
14	1,6	650	1257	336	592	110	2,1	12,3	28,6	0,7	16,8	0,3	CMc(81) CMg(10)
15	0,3	1082	1429	733	684	126	1,2	10,1	26,8	-1,3	16,3	2,5	CMc(55) CMtu(33)

RP	Pres (%)	Altitud (m)			Precipitación (mm)		A (meses)	Temperatura (°C)			Osc (°C)	Hs (meses)	Tipo de suelo (FAO)
		Med	Máx	Mín	Anual	Estival		Med	MaxMC	MinMF			
16	2,5	997	1269	783	582	89	2,4	11	29,5	-1,4	17,5	2,8	CMc(69) CMtu(11)
17	0,8	648	1017	243	571	68	3,1	12,9	30,9	0,5	18,1	0,6	CMd(48) LPe(18) CMc(10)
18	0,3	701	1159	410	1115	79	2,4	13,5	31,7	0,7	17,7	0	LPd(86) CMtu(14)
19	3,6	916	1719	300	906	68	2,7	12,7	31,1	0,1	18,1	1,1	CMd(47) CMtu(27) LPd(15) CMe(10)
20	7,8	948	1594	548	653	72	2,9	12,3	30,5	-0,3	18,2	0,9	CMd(59) CMtu(17) CMe(15)
21	3,2	949	1358	606	594	89	2,5	11,9	31,2	-1	18,1	2,2	CMc(94)
22	0,3	1193	1501	847	751	107	1,9	10,7	29,4	-2,2	17,9	3,5	CMc(100)
23	4,9	854	1600	190	640	117	1,6	12,6	27,9	0,9	16,2	0,4	CMc(96)
24	4,2	347	924	43	587	91	2,4	15	29,2	3,5	16	0	CMc(85)
25	4,1	745	1383	151	536	78	2,8	14	30,1	2,3	16,4	0	CMc(95)
26	3,1	1012	1447	724	601	86	2,6	12,2	31,4	-0,9	18,9	2,1	CMc(96)
27	0,3	694	858	511	457	57	3,8	13,7	33,4	-0,2	19,6	0,9	CMc(41) FLe(31) CMd(16)
28	1,3	605	1003	271	569	53	3,7	14,6	33,6	1,3	19,5	0,1	CMd(38) LVv(31) CMc(10) FLe(10)
29	2,3	721	1357	249	690	56	3,5	14,5	33,5	1,5	19,5	0,1	CMc(28) LPd(27) LVx(11) PLd(10)
31	0,2	604	782	470	566	44	3,9	15,7	33,7	3,1	18,4	0	CMc(65) PLd(18) LPe(12)
32	1,3	806	1270	517	578	49	3,7	14,2	33,9	0,7	19,6	0,1	CMc(59) LVx(25)
33	3,7	814	1007	392	440	58	3,7	13,8	33,1	0,3	19,6	0,3	CMc(67) LVk(11)

RP	Pres		Altitud (m)			Precipitación (mm)		A (meses)	Temperatura (°C)			Osc	Hs (meses)	Tipo de suelo (FAO)
	(%)		Med	Máx	Mín	Annual	Estival		Med	MaxMC	MínMF			
34	3,6	955	1412	683	61	493	61	3,5	13,2	32,8	-0,3	19,9	0,8	CMc(71) LVk(21)
35	2,4	1185	1771	496	75	572	75	2,8	12,6	30,3	0,4	17,5	0,8	CMc(90)
36	3,8	902	1583	258	55	432	55	3,7	14,1	30,9	2	17,2	0,1	CMc(87) XEc(10)
37	0,3	391	910	47	35	375	35	5,3	16,5	31,6	4,4	16	0	CMc(37) XEc(33) XEy(15) LPc(11)
38	0,5	843	1307	222	40	420	40	4,3	14,7	31,1	2,7	16,4	0	CMc(68) CMe(21)
39	0,5	1148	1755	547	33	540	33	3,9	13,6	30,8	1,3	17,1	0,5	CMc(62) CMe(30)
40	1,4	1033	1712	541	45	656	45	3,7	13,9	31,9	1,3	18,1	0,1	CMc(92)
41	0,6	646	989	114	42	664	42	3,8	15,4	34,8	2,1	18,7	0	CMc(52) CMd(25) LVk(14)
42	0,3	678	1456	191	34	921	34	3,8	15,3	30,6	4,2	15,6	0	CMc(70) CMe(30)
43	0,3	352	1606	5	25	757	25	4,2	16,5	30,2	6,1	13,9	0	CMc(28) ARl(25) CMc(18) VRx(18) LVk(11)
44	0	73	88	57	27	639	27	4,6	18	35,5	5	16,3	0	CMc(50) VRx(50)
45	0,1	401	745	195	34	700	34	4	16,9	34,9	4	17,6	0	CMc(75) CMd(25)
46	0	591	611	571	41	615	41	3,9	15,8	34,6	2,8	18,1	0	CMd(50) LVk(50)
47	1,1	148	421	16	45	487	45	3,9	16,7	28,4	6,2	-	0	CMc(100)
48	0,2	68	186	3	36	477	36	4	17,2	28,8	6,8	-	0	CMc(100)
49	0,8	415	894	3	65	648	65	3,1	14,7	27	4,8	-	0	CMc(100)

semillas se extraen mediante despulpado y posterior separación por cribado y aventado. La separación de las semillas llenas de las vanas por flotación no es muy eficiente, ya que una gran proporción de estas últimas puede sumergirse (Juan *et al.*, 2003). Se puede realizar un fraccionado con mesa densimétrica o empleando soluciones con diferente densidad (solución salina o de ácido sulfúrico), aunque todas ellas requieren su calibrado en cada caso. Una vez reducido su contenido de humedad en torno a un 7%, las semillas se pueden conservar a 4 °C en recipientes herméticos durante varios años.

La calidad de los lotes de semillas del enebro de la miera es muy variable, ya que su manipulación es complicada y resulta muy difícil separar las semillas llenas de las vanas, que suelen representar una proporción relativamente elevada del lote (Tabla 4). Además, la facultad germinativa del enebro de la miera suele ser relativamente baja, acentuando las limitaciones para la regeneración de las poblaciones y reduciendo la calidad de los lotes para la producción de plantas en vivero. Mugnaini *et al.* (2004) estiman un 33% a 93% de semillas no germinables (que incluyen las vanas y las no viables) para poblaciones italianas del taxón típico y de la subsp. *macrocarpa*, variable entre años y poblaciones. En lotes españoles, Pardos y Lázaro (1983) estiman que el porcentaje de semillas vanas y no viables puede superar el 80%.

Tabla 4. Datos característicos de lotes de semillas de *Juniperus oxycedrus*.

Rendimiento semilla/fruto (% en peso)	Pureza (%)	Facultad germinativa (%)	Nº semillas kg ⁻¹	Referencia
			25.528-43.720	García-Fayos (2001)
19	96-100	(60-68) ⁽¹⁾ (63-97) ⁽¹⁾	(11.248-78.390) ⁽²⁾ (114.072) ⁽³⁾	Navarro-Cerrillo y Gálvez (2001)
			11.000	Piotto y Di Noi (2001)
			10.000-20.000	Cervelli (2005)
4,3-24	96-100	56-91 ⁽¹⁾	25.500-43.800	Banc de Llavors Forestals (Anexo II)
9-23	95-100	(67) ⁽¹⁾	24.000-33.000	CNRGF <i>El Serranillo</i> (Anexo III)
8-13	88-100		21.000-32.000	Vivero Central JCyL (Anexo IV)

⁽¹⁾ Ensayos al tetrazolio

⁽²⁾ Datos referidos a *Juniperus oxycedrus* subsp. *oxycedrus*

⁽³⁾ Datos referidos a *Juniperus oxycedrus* subsp. *macrocarpa*

Juniperus oxycedrus, como sus congéneres, tiene una dormición compleja por la presencia de inhibidores y por que los embriones necesitan un cierto tiempo para germinar (embriones inmaduros). Además, los niveles de dormición son muy variables entre lotes y entre semillas de un mismo lote (Piotto y Di Noi, 2001). Se aconseja la estratificación en frío o su combinación con una previa estratificación en caliente. El tiempo aconsejado de aplicación de los tratamientos es variable según autores. Así, Piotto y Di Noi (2001) recomiendan la siembra otoñal, inmediatamente después la obtención de las semillas, o primaveral, con semillas estratificadas en caliente durante 2-3 meses y posteriormente en frío durante 3-4 meses. Estas autoras sugieren que la estratificación en caliente puede

sustituirse por un tratamiento con ácido sulfúrico durante 30 minutos. Alía Miranda *et al.* (2009) recomiendan efectuar una estratificación en frío durante 3-7 meses o una estratificación en caliente de 1 mes más una en frío durante 3 meses. Cantos *et al.* (1998) obtienen un 50% de germinación empleando embriones escindidos de *J. oxycedrus* subsp. *oxycedrus* y *J. oxycedrus* subsp. *macrocarpa*. El elevado coste de esta técnica de germinación *in vitro* solo la hace recomendable para la propagación de poblaciones de interés con planes de recuperación, pero no para su uso masivo en forestaciones.

Juniperus oxycedrus no está incluido en las reglas de la ISTA. Se recomienda que los lotes comerciales de esta especie se caractericen mediante ensayos de tetrazolio.

Las plántulas presentan 2 cotiledones y hojas juveniles inicialmente opuestas, después en verticilos en número de 4, de 20 mm de longitud y más estrechas que las adultas (Farjon, 2005).

2.2.2. Vegetativa

No se suele emplear técnicas de propagación vegetativa para la producción de plantas con fines forestales. Se puede emplear estaquillas, que incluyan una parte leñosa del crecimiento del año anterior, a partir de materiales recolectados en verano u otoño (Cervelli, 2005).

3. Producción de plantas

La información sobre la producción de plantas de *J. oxycedrus* es escasa y se conocen pocos ensayos con esta especie (Tabla 5). A pesar de esto, es frecuentemente cultivada en los viveros forestales y se emplea como especie acompañante de otras especies comúnmente utilizadas en las forestaciones, como la carrasca y los pinos.

Tabla 5. Trabajos documentados que incluyen materiales de *Juniperus oxycedrus* realizados en el marco de técnicas de cultivo de plántulas y ensayos de repoblación forestal.

Referencia	Ensayos en vivero	Ensayos en repoblaciones
Fonseca (1999), Cortina <i>et al.</i> (2004)	X	X
Vilagrosa <i>et al.</i> (2003), Vilagrosa <i>et al.</i> (2006)	X	
Caravaca <i>et al.</i> (2006)	X	
Vilagrosa <i>et al.</i> (2008), Chirino <i>et al.</i> (2009)		X
Padilla <i>et al.</i> (2003)		X
Jiménez <i>et al.</i> (2006)		X

El cultivo en vivero se realiza en envases forestales (Fig. 4). Como ya se ha mencionado, el enebro de la miera es una especie con resultados muy irregulares en su germinación, por la presencia de dormiciones y por el alto porcentaje de semillas vanas que suelen contener los lotes. Por estos motivos, muchas veces se prefiere iniciar su cultivo en



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

bandejas grandes en invernadero o en cámaras de cultivo y a medida que las plantas emergen y adquieren un cierto tamaño se pasan a alvéolos forestales. Esta práctica no siempre es recomendable ya que, en este proceso, se pueden producir reviramientos de las raíces no deseados para lograr una buena estructura del sistema radical.

Una vez que las plántulas han emergido, el crecimiento suele ser lento; por ello, en muchas ocasiones, se recomienda la utilización de plantas de dos savias para las actuaciones de forestación. Las plantas de dos savias presentan la ventaja de no tener un tamaño excesivamente grande y un mayor desarrollo del sistema radical que hace que los plantones presenten un cepellón más compacto y manejable.

Las recomendaciones que se pueden dar para su cultivo son las genéricas de las plantas mediterráneas (Peñuelas y Ocaña, 1996): riego moderado para promover una cierta resistencia a condiciones de estrés hídrico y fertilización moderada y acorde con el desarrollo del cultivo. El sustrato que se emplee para esta especie puede ser un estándar con base de turba rubia (corregida y fertilizada), mezclada con fibra de coco, perlita, vermiculita u otros materiales como corteza compostada. En cuanto al tamaño de los envases, se debe utilizar contenedores similares a los de las otras especies mediterráneas, con volúmenes entre 300 y 400 cm³. Sin embargo, como ha sido una especie tradicionalmente de menor desarrollo, se han usado frecuentemente contenedores de menor volumen, 200-250 cm³.

En la Tabla 6 se muestran las características morfológicas de esta especie en el cultivo en vivero, obtenidas a partir de diversos trabajos. Entre las características fisiológicas cabe destacar que, en condiciones de cultivo en vivero estándar, las plantas de esta especie presentaron unas tasas fotosintéticas entre 3 y 5 $\mu\text{mols m}^{-2} \text{s}^{-1}$, con tasas de transpiración moderadas (Vilagrosa *et al.*, 2003). *Juniperus oxycedrus* muestra una elevada tolerancia a condiciones de estrés debido a que el xilema es muy resistente a la cavitación (Martínez-Vilalta *et al.*, 2002). De hecho, las plantas de *J. oxycedrus*, en condiciones de sequía,

Tabla 6. Valores de atributos morfológicos de plantas de *Juniperus oxycedrus* cultivadas en vivero y comportamiento tras un año o cuatro años en campo.

	Fonseca (1999), Vilagrosa <i>et al.</i> (2003)	Vilagrosa <i>et al.</i> (2008), Chirino <i>et al.</i> (2009)	Caravaca <i>et al.</i> (2006)
Características del cultivo			
Vivero	Alicante	Alicante	Murcia
Año	1998	2003-04	2004
Contenedor	250 cm ³	400 cm ³	600 cm ³
Sustrato	Turba	TR _f + FC ⁽¹⁾	Suelo agrícola
Savias	1	2	1
Atributos en vivero			
Altura (cm)	33,8	38,7	19
Diámetro del cuello de la raíz (mm)	4,4	4,7	2,8
Peso seco aéreo - PA (g)	3,1	3,1	2,6
Peso seco radical - PR (g)	2,1	1,9	1,5
PA/PR	1,48	1,63	1,73
Plantación			
Localidad	Xixona, Mutxamel, Crevillent	Albatera	
Ombroclima	Semiárido	Semiárido	
Termoclima	Termomediterráneo	Termomediterráneo	
Evaluación en campo (años tras plantación)	1	4	
Valores en campo			
Supervivencia (%)	68	75	
Altura (cm)	34,7	38,6	
Diámetro del cuello de la raíz (mm)	3,5	6,9	

⁽¹⁾ TR_f + FC = Mezcla de turba rubia fertilizada y fibra de coco, relación 1:1 v/v.

presentaron un mejor estado hídrico durante más días que las de otras especies mediterráneas (*Quercus coccifera*, *Pistacia lentiscus*) con las que se comparaba (Vilagrosa *et al.*, 2003). Algunos ensayos de endurecimiento hídrico realizados en vivero han mostrado que *J. oxycedrus* presenta una elevada plasticidad, tanto en la morfología de la parte aérea como en la de la subterránea (Fonseca, 1999). En el caso del sistema radical, el efecto de la reducción del riego produjo un mayor desarrollo en espina de pez, lo que sugiere una mayor eficiencia en la captación de recursos como agua o nutrientes (Fonseca, 1999; Cortina *et al.*, 2004). Sin embargo, los plantones endurecidos en condiciones de riego óptimo mostraron un menor crecimiento de las raíces, mientras que en condiciones de campo el desarrollo fue significativamente mayor, lo que indicaría un efecto positivo del

endurecimiento hídrico (Fonseca, 1999). Los plantones de *J. oxycedrus* no mostraron ninguna respuesta fisiológica de aclimatación al endurecimiento hídrico (Vilagrosa *et al.*, 2006), pero sí se observó que tienen un menor consumo global de agua que otras especies mediterráneas como *Pistacia lentiscus* o *Quercus coccifera* (Vilagrosa *et al.*, 2003).

Por otro lado, ensayos realizados, también en vivero, con la inoculación de hongos micorrizógenos (*Glomus intraradices* y una mezcla de *G. intraradices*, *G. deserticola* y *G. mosseae*) (Caravaca *et al.*, 2006) indican un efecto positivo sobre los plantones de *J. oxycedrus*. Este ensayo se realizó en combinación con la aplicación de diferentes tipos de sustratos, como lodos de depuradora compostados y orujo seco. Tanto la aplicación de micorrizas como la mezcla del sustrato convencional con lodos u orujo produjeron un incremento de la biomasa de las plantas y un mejor estado nutricional de los plantones (Caravaca *et al.*, 2006).

4. Uso en repoblaciones y restauraciones

Juniperus oxycedrus se ha utilizado en repoblaciones forestales, en restauraciones paisajísticas, revegetaciones de taludes y también en xerojardinería. A pesar de ser una especie común en garrigas y otras comunidades vegetales del sudeste peninsular, su uso no ha sido muy extenso y, en general, se ha empleado como especie acompañante en las repoblaciones con otras especies (Pemán *et al.*, 2006). La información disponible sobre su utilización se restringe a ensayos en parcelas experimentales (Fonseca, 1999; Padilla *et al.*, 2003; Vilagrosa *et al.*, 2008;) y en zonas de dunas, donde se ha utilizado la subespecie *J. oxycedrus* subsp. *macrocarpa* para incrementar la diversidad del sotobosque en pinares (Abad *et al.*, 1999; Escarré *et al.*, 2004).

Los ensayos de plantaciones realizados por la Fundación CEAM, en áreas degradadas del sur de Alicante (término municipal de Albuera) con clima semiárido, han mostrado que esta especie presentó modestos resultados de supervivencia y crecimiento en años especialmente secos, pero mejores resultados en años hidrológicamente normales con valores de supervivencia alrededor del 70% (Chirino *et al.*, 2009). Estos resultados mejoraron en las vertientes expuestas a umbría y en ambientes mixtos con pinos dispersos. Padilla *et al.* (2004), en un ensayo en parcelas en ambiente semiárido de Almería, observaron que *J. oxycedrus* presentaba unas tasas de supervivencia en torno al 60%, similares a las de otras especies como *Juniperus phoenicea*, *Pinus halepensis*, *Tetraclinis articulata* o *Ceratonia siliqua* y claramente superiores a las de especies como *Chamaerops humilis* y *Quercus coccifera*. Fonseca (1999) no observó ningún efecto del endurecimiento sobre la capacidad de supervivencia en campo. Este resultado puede ser consecuencia de la estrategia de resistencia a condiciones de estrés hídrico que presenta esta especie (Martínez Vilalta *et al.*, 2002; Vilagrosa *et al.*, 2003). Sin embargo, cuando se analizó el desarrollo del sistema radical, durante los primeros meses tras la plantación, se observó que mostraba crecimientos relativos ligeramente superiores a los de otras especies mediterráneas como *P. lentiscus* y *Q. coccifera* (Fonseca, 1999). En relación con los ensayos de *J. oxycedrus macrocarpa* en zonas de dunas, Escarré *et al.* (2004) señalaron que los resultados obtenidos no fueron demasiado buenos, si bien este hecho se atribuyó, parcialmente, a las bajas precipitaciones registradas tras la plantación.

5. Planificación de la repoblación

La técnica de plantación más común ha sido la plantación en hoyo convencional de 40x40x40 cm (Fonseca, 1999). La aplicación de enmiendas orgánicas y utilización de tubos protectores puede favorecer la supervivencia y desarrollo de la especie. Vilagrosa *et al.* (2008) aplicaron compost procedente de lodos de depuradora en dosis aproximada de 4 kg por hoyo de plantación (60x60x60 cm de tamaño). Además, se utilizó una malla antipredación que redujo los posibles efectos negativos de roedores, como conejos, ya que en algunas plantas se observó un cierto grado de depredación de los brotes jóvenes (Fig. 5). La densidad de plantas y la distribución depende de los objetivos generales de la repoblación; como suele ser una especie acompañante de las repoblaciones, la densidad en campo es baja. La Junta de Andalucía, en su programa de desarrollo rural 2007-2013, señala como densidad mínima para esta especie los 400 individuos ha⁻¹ para la solicitud de ayudas y primas compensatorias en la reforestación de zonas agrícolas marginales.

Como indicación genérica para la plantación de esta especie y de otras similares en áreas secas y semiáridas, se suele recomendar llevar las plantas a campo a finales de otoño, debido a la bondad del clima en zonas costeras y a la elevada probabilidad de precipitaciones escasas durante la primavera. En zonas del interior se debería tomar las



Figura 5. Ejemplar de *Juniperus oxycedrus* de 5 años en campo, plantado en Albaterra (Alicante) y protegido frente a herbívoros con la malla (Foto: E.Chirino).

precauciones propias de las especies que pueden sufrir heladas. Como se ha comentado anteriormente, es preferible en algunos casos utilizar plantas de dos savias debido al mayor desarrollo del sistema radical, que hace que el cepellón presente un aspecto más compacto.

6. Bibliografía

- ABAD N., CASALS P., VALLEJO V.R., 1999. Rehabilitación de zonas litorales metropolitanas mediante recreación de ecosistemas dunares. En: II Jornadas de gestión y protección de especies vegetales amenazadas. El litoral. Escuela de Ingeniería Técnica Forestal y Ciencias Ambientales. Universidad de Huelva, La Rábida, Palos de la Frontera, Huelva.
- 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. 133-136.
- AMARAL FRANCO J., 1986. *Juniperus* L. En: Flora iberica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares. Vol I. *Lycopodiaceae - Papaveraceae*. (Castroviejo S., Laínz M., López González G., Montserrat P., Muñoz Garmendia F., Paiva J., Villar L., eds.). Real Jardín Botánico, Madrid. pp. 181-188.
- CANTOS M., CUEVA J., ZÁRATE R., TRONCOSO A., 1998. Embryo rescue and development of *Juniperus oxycedrus* subsp. *oxycedrus* and *macrocarpa*. Seed Sci. Technol. 26, 193-198.
- CARAVACA F., AIGUACIL M.D., DÍAZ G., MARÍN P., ROLDÁN A., 2006. Growth and nitrate reductase activity in *Juniperus oxycedrus* subjected to organic amendments and inoculation with arbuscular mycorrhizae. J. Plant Nutr. Soil Sci. 169, 501-505.
- 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. 227-229.
- CERVELLI C., 2005. Le specie arbustive della macchia mediterranea. Un patrimonio da valorizzare. Colla Siciliana Foreste 26. Azienda regionale Foreste Demaniali, Palermo.
- CHIRINO E., VILAGROSA A., CORTINA J., VALDECANTOS A., FUENTES D., TRUBAT, R., LUIS V.C., PUÉRTOLAS J., BAUTISTA S., BAEZA J., PEÑUELAS J.L., VALLEJO. V.R., 2009. Ecological restoration in degraded drylands: The need to improve the seedling quality and site conditions in the field. En: Forest Management (Grossberg S.P., ed.). Nova Publisher, New York. pp. 85-158.
- CIAMPI C., 1958. Il ciclo riproduttivo nei ginepri italiani della sez. *oxycedrus*. Annali dell'Accad. Ital. Di Sc. Forestali VII, 3-40.
- CORTINA J., BELLOT J., VILAGROSA A., CATURLA R.N., MAESTRE F., RUBIO E., ORTÍZ DE URBINA J.J., 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, Generalitat Valenciana - Bancaja, Valencia. pp. 345-406.
- ESCARRÉ A., LLEDÓ M.J., BERNABÉ A., JIMÉNEZ-ORTIZ T., ORTIZ F., ABAD N., ALDEGUER M., COLLADO F., MARTÍ R., QUINTANA A., VIZCAINO A., 2004. La restauración de ecosistemas dunares. En: Avances en el Estudio de la Gestión del Monte Mediterráneo (Vallejo V.R., Alloza, J.A., eds.). Fundación CEAM, Generalitat Valenciana - Bancaja, Valencia. pp. 407-436.
- FARJON A., 2005. A monograph of *Cupressaceae* and *Sciadopitys*. Royal Botanic Gardens, Kew.
- FEDRIANI J.M., DELIBES M., 2009. Dispersión de semillas por mamíferos en Doñana: beneficios del mutualismo y consecuencias para la conservación del Parque Nacional. En: Proyectos de Investigación en Parques Nacionales 2005-2008 (Ramírez L., Asencio B., eds.). Organismo Autónomo de Parques Nacionales, Madrid. pp. 249-262.
- FONSECAD., 1999. Manipulación de las características morfo-estructurales de plantones de especies forestales mediterráneas producidas en vivero. Master's thesis. CIHEAM-IAMZ, Zaragoza, Spain.

- 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. 21.
- JIMÉNEZ M.N., NAVARRO F.B., RIPOLL M.A., GALLEGO E., DE SIMÓN E., 2006. Influencia del tubo invernadero en una forestación con especies del género *Juniperus* L. En: Actas del III Coloquio Internacional sobre los sabinares y enebrales (Género *Juniperus*): Ecología y gestión forestal sostenible. Tomo II. Soria. pp. 195-203.
- JORDÁN DE URRÍES F., 1997. Aproximación a la viabilidad de las semillas de *J. cedrus* Webb & Berthelot de Canarias. Aplicación y comparación con *J. oxycedrus* ssp. *badia* Debaux del centro peninsular. En: Actas del II Congreso Forestal Español, I Congreso Forestal Hispano Luso. Mesa 3. (Puertas F., Rivas M., eds.). Pamplona. pp. 331-336. Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- JUAN R., PASTOR J., FERNÁNDEZ I., DIOSDADO J.C., 2003. Relationships between mature cone traits and seed viability in *Juniperus oxycedrus* L. subsp. *macrocarpa* (Sm.)Ball (*Cupressaceae*). Acta Biol. Cracov. Bot. 45, 69-78.
- LÓPEZ GONZÁLEZ G.A., 2001. Los árboles y arbustos de la Península Ibérica e Islas Baleares. Tomo I. Ed. Mundi-Prensa, Madrid. pp. 265-268.
- MARTINEZ-VILALTA J., PRAT E., OLIVERAS I., PINOL J., 2002. Xylem hydraulic properties of roots and stems of nine Mediterranean woody species. Oecologia 133, 19-29.
- MASSEI G., WATKINS R., HARTLEY S.E., 2006. Sex-related growth and secondary compounds in *Juniperus oxycedrus macrocarpa*. Acta Oecol. 29, 135-140.
- MUGNAINI S., NEPI M., PACINI E., SAPIA L., PIOTTO B., 2004. I ginepri come specie forestali pioniere: efficienza riproduttiva e vulnerabilità. APAT, Roma.
- 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. 190-192.
- ORTIZ P.L., ARISTA M., TALAVERA S., 1998. Low reproductive success in two subspecies of *Juniperus oxycedrus* L. Int. J. Plant Sci. 159, 843-847.
- PADILLA F.M., PUGNAIRE F.I., MARÍN R., HERVÁS M., ORTEGA R., 2003. El uso de especies arbustivas para la restauración de la cubierta vegetal en ambientes semiáridos. Ponencia CEMACAM, Murcia.
- PARDOS J.A., LÁZARO G., 1983. Aspectos de la germinación del *Juniperus oxycedrus* L. An. Inst. Nac. Invest. Agr. 7, 155-163.
- PEMÁN J., NAVARRO-CERRILLO R.M., SERRADA R., 2006. Elección de especies en las repoblaciones forestales. Contribuciones del profesor Ruiz de la Torre. Invest. Agr.: Sist. Recur. For. Fuera de serie, 87-102.
- PEÑUELAS J.L., OCAÑA L., 1996. Cultivo de plantas forestales en contenedor. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación - Ed. Mundi-Prensa, Madrid.
- PIOTTO B., DI NOI A. (eds.), 2001. Propagazione per seme di alberi e arbusti della flora mediterranea. ANPA, Roma.
- ROQUES A., RAIMBAULT J.R., GOUSSARD F., 1984. La colonisation des cones et galbules des genevriers méditerranéens par les insectes et acariens et son influence sur les possibilites de regeneration naturelle de ces essences. Ecol. Mediterranea 10, 147-169.
- VILAGROSA A., CORTINA J., GIL-PELEGRÍN E., BELLOT J., 2003. Suitability of drought preconditioning techniques in Mediterranean land restoration. Restor. Ecol. 11, 208-216.
- VILAGROSA A., VILLAR-SALVADOR P., PUÉRTOLAS J., 2006. Endurecimiento en vivero de especies mediterráneas. En: Calidad de planta forestal para la restauración en ambientes Mediterráneos. Estado actual de conocimientos (Cortina J., Peñuelas J.L., Puértolas J., Vilagrosa A., Savé R., coords.). Organismo Autónomo Parques Nacionales, Ministerio de Medio Ambiente, Madrid. pp. 119-140.

VILAGROSA A., CHIRINO E., BAUTISTA S., URGEGHE A.A., ALLOZA J.A., VALLEJO V.R., 2008. Proyecto de lucha contra La desertificación: Regeneración y Plan de Manejo de Zonas Semiáridas Degradadas, en el T.M. de Albaterra (Alicante). Cuad. Soc. Esp. Cienc. For. 28, 317-322.

Juniperus phoenicea L.

Sabina mora, sabina negral, sabina negra, sabina suave, sabina pudia, cedro de España; *cat*: savina; *eusk*: miter, feniziarra, savina feniziarra

Luis Fernando BENITO MATÍAS

1. Descripción

1.1. Morfología

Es un arbusto o pequeño árbol perennifolio de 3-5(8) m, de tronco recto de corteza cenicienta o pardo rojiza característicamente fibrosa y con grietas longitudinales que se desprenden en tiras estrechas, copa cónica o redondeada, muy densa y ramosa, generalmente ramificada desde la base, sin yemas diferenciadas. Sistema radical desarrollado y profundo. Las hojas juveniles son aciculares y agudas, de 5-14 × 0,5-1 mm, mientras que las adultas son aovado-romboidales, escamosas, densamente imbricadas en 4-6 hileras obtusas o agudas, de 0,7-1 mm y con una glándula resinosa en el dorso (López Nieto, 1996; Ruiz de la Torre, 2006).

Se reconocen dos subespecies, *J. phoenicea* subsp. *turbinata* y *J. phoenicea* subsp. *phoenicea*. Se diferencian por la forma de la copa, más abierta en *J. phoenicea* subsp. *turbinata*, y en el aspecto de las ramillas, con el ápice muy prolongado que excede ampliamente las ramillas laterales inmediatas en la subespecie *turbinata*, mientras que en la subespecie *phoenicea* el ápice de las ramas no excede mucho de las ramillas laterales inmediatas (Amaral Franco, 1986).

1.2. Biología reproductiva

En general, las especies europeas de *Juniperus* son dioicas. Sin embargo, la sabina negra presenta rasgos que la diferencian del resto desde un punto de vista reproductivo, ya que es monoica, lo que se considera un rasgo primitivo. En años extraordinariamente buenos y en determinadas ocasiones, se pueden producir fenómenos de dioecia en el mismo pie, llegando incluso a madurar los conos femeninos sobre pies masculinos. Es una peculiaridad que aún no está bien entendida, pero parece ser que la autopolinización se ve penada en esta especie, con gran cantidad de abortos en los gábulos y semillas desarrolladas en pies masculinos, que en ocasiones no llegan ni a superar el primer verano tras la polinización (Jordano, 1991).

Las flores masculinas son terminales en el extremo de ramillos alargados y pequeños, mientras que los conos femeninos son pequeños, subglobosos, sentados o con un pequeño pedúnculo, con pocas escamas que soldadas guardan en su interior dos óvulos. El gábulos es de 8-14 mm y un peso seco de 350-440 mg, con escamas soldadas y opuestas en aspa, globoso u ovoideo, madurando a los dos años desde la floración, desde el color amarillo a finalmente rojo oscuro, sin pruina, con una pulpa fibrosa y con resinas de color amarillo (Fig. 1). La dispersión del polen es anemógama. En *J. phoenicea* subsp.

turbinata, los conos masculinos se empiezan a formar a finales de agosto y los femeninos durante octubre-noviembre, ocurriendo la floración y polinización en apenas 10 días. En la subsp. *phoenicea*, la formación de los conos masculinos transcurre desde octubre a febrero, que es cuando liberan el polen, mientras que las flores femeninas se forman justo antes de florecer, en febrero-marzo (Arista *et al.*, 1997). La producción de flores y el éxito reproductivo es muy variable entre años, dependiendo enormemente de las condiciones ambientales. La maduración de los frutos transcurre durante dos años. La dispersión de los gálbulos se produce entre octubre y diciembre. Son fácilmente atacables por insectos, variando los porcentajes de frutos dañados entre el 13-30 % (Traveset y Sans, 1994). Son normalmente dispersados por aves y roedores (Jordano, 1993). Las semillas, en número de 3-9 por gálbulo, son pequeñas, resinosas, y de cubierta resistente de color marrón claro (López Nieto, 1996; Ruiz de la Torre, 2006).



Figura 1. Frutos de *Juniperus phoenicea*
(Foto: J.I. García Viñas).



Figura 2. Semillas de *Juniperus phoenicea*.

1.3. Distribución y ecología

Aparece circunscrita a la región mediterránea, desde Portugal a Israel, pasando por el Norte de África y de la región Macaronésica. La subespecie *phoenicea* se encuentra en la mitad oriental peninsular, en la parte alta del valle del Ebro, Pirineos, Cataluña, Levante, Sistema Ibérico, Murcia, llegando a Andalucía, donde aparece en las sierras Béticas y alcanza el litoral atlántico (Fig. 3). También aparece en Baleares. La subespecie *turbinata* se distribuye por las costas atlánticas del sur y oeste de la Península, en Huelva y Cádiz dentro del litoral hispano. En áreas mediterráneas se encuentra en algunos enclaves de Tarragona, Valencia, Murcia, Almería y Málaga, además de Baleares.

Especie presente en lugares venteados, indiferente a la naturaleza edáfica del sustrato, desde arcillosos, arenosos, margosos, volcánicos, pasando por yesos y suelos ligeramente salinos (Álvarez-Roge, 2007; Armas *et al.*, 2010), a rocas calizas, dolomíticas y conglomerados, siempre suelos de escaso desarrollo. La ecología y distribución permite diferenciar correctamente a las dos subespecies: la subespecie *phoenicea* aparece en matorrales xerofíticos, crestones y grietas de rocas, y la subespecie *turbinata* es típica de arenas y dunas litorales. Soporta bien tanto veranos duros como inviernos fríos, distribuyéndose en localidades con rangos de temperatura media anual de 10,3-14,3 °C, temperatura media de las mínimas del mes más frío de -2,9-1,1 °C y una precipitación

anual media de 370-710 mm (Anexo I) Aparece típicamente en matorrales soleados y pinares o encinares aclarados en lugares secos y rocosos, más en regiones calcáreas. Se instala en suelos poco desarrollados (crestones, taludes, laderas, acantilados, dunas, arenales costeros) dónde constituye la vegetación permanente o etapa madura de estas biocenosis. Su distribución altitudinal es amplia, encontrándose desde el nivel del mar hasta media montaña mediterránea (0-1.800 m).

2. Materiales forestales de reproducción

2.1. Marco normativo. Identificación de los materiales de reproducción

La sabina mora está incluida en la normativa estatal relativa a la producción y comercialización de materiales forestales de reproducción (RD. 289/2003). Tal situación legislativa se traduce en una serie de condicionantes en cuanto a la identificación y características del material de reproducción y a la sujeción a un sistema de control oficial. Se encuentra distribuida en 41 procedencias (Fig. 3), establecidas de forma divisiva buscando la homogeneidad climática como punto de partida (García del Barrio *et al.*, 2001) y cuyas características abióticas se describen en la Tabla 1.

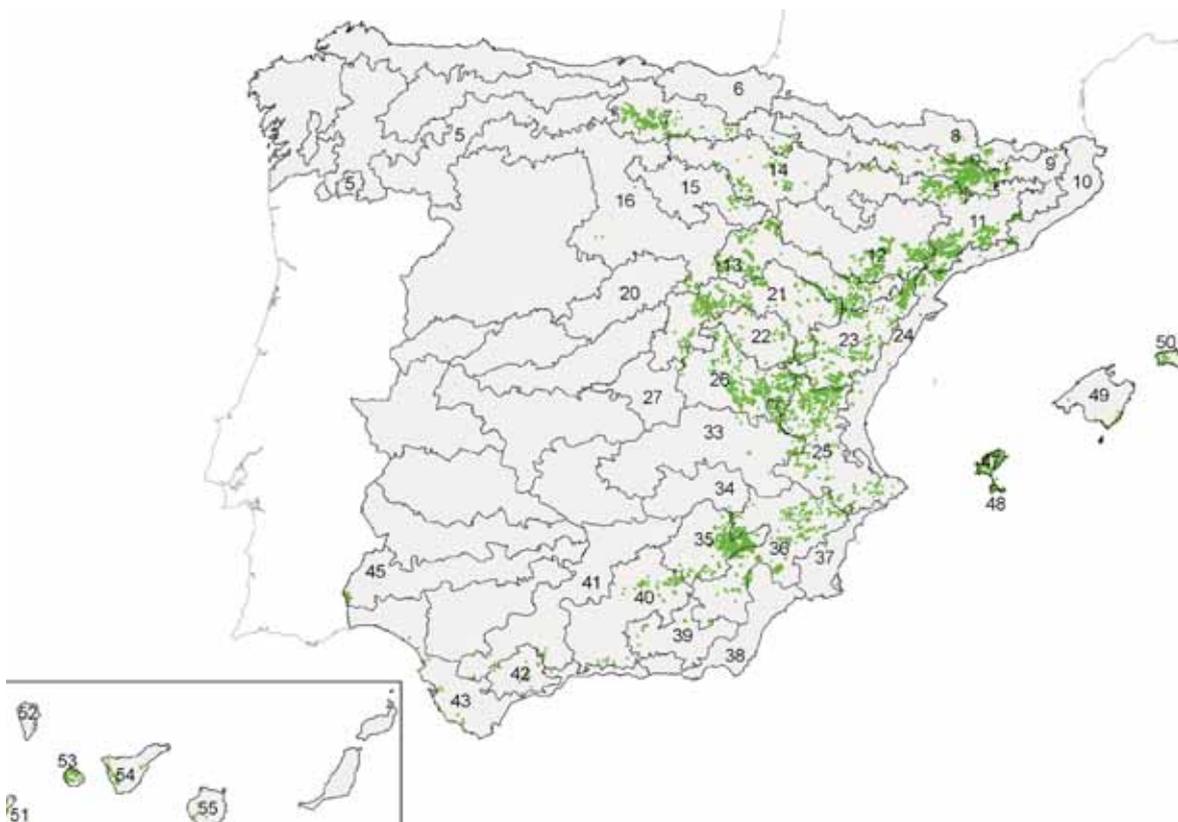


Figura 3. Distribución de *Juniperus phoenicea* y Regiones de Procedencia de sus materiales de reproducción (Alía *et al.*, 2009).

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

RP	Pres (%)	Altitud (m)			Precipitación (mm)		A (meses)	Temperatura (°C)			Osc (°C)	Hs (meses)	Tipo de suelo (FAO)
		Med	Max	Min	Anual	Estival		Med	MaxMC	MinMF			
5	0	944	944	944	890	115	1,5	9,9	27,1	-2,9	16,6	4	FLe(100)
6	0	615	615	615	1048	160	0	11,5	26,3	1,5	14,7	0	CMc(100)
7	4,9	758	1211	404	771	128	1	10,8	26,4	0	15,3	0,6	CMc(71) CMtu(23)
8	1,9	1219	1871	597	876	236	0	9,1	26,2	-4,3	17,6	4,9	CMtu(56) CMc(34) RK(10)
9	8,1	894	2254	365	803	201	0,2	10,7	28,2	-3	18,8	3,7	CMc(93)
10	0,3	500	775	287	730	141	1,1	13,4	28,2	1,6	16,7	0	CMc(73) CMe(20)
11	10,3	672	1526	68	640	119	1,6	12,7	29,3	0,1	18,2	0,9	CMc(85) CMe(11)
12	5,9	299	849	39	379	71	3,9	14,8	32,4	1,4	19,3	0	XEc(45) CMc(29) XEy(12) FLe(11)
13	6,6	881	1418	381	473	100	2,4	12	29,8	-0,5	17,7	1,5	CMc(57) CMg(13) XEc(13)
14	2	625	1118	320	491	97	2,7	12,3	28,9	0,6	17,1	0,3	CMc(65) CMg(24)
15	0,6	1017	1293	820	555	116	1,7	10,9	27,9	-0,9	16,9	1,9	CMc(77) CMtu(13)
16	0,6	1020	1164	888	581	91	2,3	11,3	30,8	-1,3	18	2,8	CMc(89)
20	0,1	1172	1350	937	730	96	2	10,6	28,7	-1,2	16,8	3	CMtu(75) CMc(25)

RP	Pres (%)	Altitud (m)			Precipitación (mm)		A (meses)	Temperatura (°C)			Osc (°C)	Hs (meses)	Tipo de suelo (FAO) (%)
		Med	Max	Min	Anual	Estival		Med	MaxMC	MinMF			
21	7,2	1068	1465	598	574	106	2	11	29,8	-1,7	17,7	3,1	CMc(86)
22	1,4	1261	1501	984	663	116	1,7	10,2	28,4	-2,5	17,6	3,9	CMc(92)
23	7,7	935	1620	190	637	119	1,5	12,3	27,8	0,6	16,3	0,8	CMc(94)
24	2,5	398	879	40	600	91	2,3	14,8	29,2	3,3	16,3	0	CMc(94)
25	7,6	781	1280	86	548	81	2,7	13,8	30	1,9	16,4	0,1	CMc(97)
26	7,2	1012	1350	694	596	88	2,5	12,2	31,4	-0,8	18,8	2	CMc(97)
27	0,1	853	952	800	545	70	3	12,3	32,3	-1,4	19,2	2,6	CMc(100)
33	1,5	746	1006	392	440	70	3,4	13,9	32,6	0,9	18,5	0,3	CMc(97)
34	0	1270	1437	1102	695	80	2,8	12,5	29,9	0,6	18,4	0	CMc(100)
35	5,8	1232	1806	617	566	77	2,8	12,4	30,4	0,2	17,7	0,7	CMc(91)
36	6,7	886	1991	209	436	58	3,6	14,1	31	1,7	17,2	0,1	CMc(87)
37	0,1	373	548	220	412	47	5,8	16,6	30,7	5,4	15,3	0	CMc(34) FLe(33) XEe(33)
38	0,6	834	1307	5	406	42	4,3	14,5	31,1	2,4	16,5	0	CMc(86) PLe(10)
39	0,2	1551	2195	829	711	49	3,1	11,3	29,2	-1,2	17,6	2	CMc(67) LPc(33)
40	1,4	1146	2013	562	713	48	3,6	13,4	31,4	1,2	17,8	0,3	CMc(94)
41	0,3	490	828	120	726	31	4,1	16,2	32,4	4,4	16,3	0	CMc(79) LVk(21)
42	0,5	786	1769	93	965	38	3,7	14,6	30,1	3,6	15,6	0	CMc(73) CMe(27)
43	0,5	138	1606	4	670	22	4,5	17,4	31,1	6,6	13,5	0	ARJ(38) VRx(26) LVk(15)
45	0,6	114	322	20	532	18	4,9	18,1	34,6	6,1	16,1	0	CMe(100)
47	2,4	128	421	3	483	44	4	16,8	28,6	6,3	-	0	CMc(100)

RP	Pres (%)	Altitud (m)			Precipitación (mm)		A (meses)	Temperatura (°C)			Osc (°C)	Hs (meses)	Tipo de suelo (FAO)
		Med	Max	Min	Anual	Estival		Med	MaxMC	MinMF			
48	0,7	56	186	2	472	36	4	17,3	28,8	6,8	-	0	CMc(100)
49	0,7	46	280	3	586	43	3,8	16,7	28,6	6,8	-	0	CMc(100)
50	0,8	54	117	5	622	48	3,7	16,7	28,3	7,2	-	0	CMc(100)
51	0,9	554	1247	40	318	3	7,4	17,4	26,1	10,8	-	0	-
52	0,1	379	579	138	364	4	7	18,9	27,2	12,5	-	0	-
53	0,6	584	964	281	386	5	6,5	17,4	26,3	10,7	-	0	-
54	0,6	773	1685	178	444	8	5,8	16,4	25,5	9,5	-	0	-
55	0,1	473	922	230	243	3	8,9	18,4	27	11,8	-	0	-

En el actual Catálogo Nacional de Materiales de Base hay recogidas 104 fuentes semilleras, que hacen una cobertura incompleta y dispar de las regiones de procedencia. Se trata de un material correspondiente a la categoría identificada, no ligado a ningún tipo de selección, y que pretende facilitar la disponibilidad de material acorde al lugar de destino final. En la página electrónica del Ministerio competente puede consultarse un resumen de datos referenciales de los materiales de base aprobados hasta la fecha por las diferentes CC.AA.

En lo que respecta a su grado de protección, en la Región de Murcia, *J. phoenicea* subsp. *phoenicea* está catalogado como “De interés especial” y *J. phoenicea* subsp. *turbinata* como “En peligro de extinción”, y en Cataluña, las poblaciones de *Juniperus phoenicea* subsp. *lycia* situadas en el Espacio de interés natural de Tamarit-Punta de la Mora están definidas como “Estrictamente protegidas”.

Las especies del género *Juniperus* no necesitan pasaporte fitosanitario. Cabe mencionar que, según la Directiva 2000/29/CE, está prohibida la introducción en la Unión Europea de vegetales (excepto frutos y semillas) de *Juniperus* spp. procedentes de terceros países.

2.2. Técnicas de manejo y propagación

2.2.1. Semillas

Los gálbulos se recolectan cuando adquieren color rojo-pardo, siempre de apariencia frescos, por ordeño manual. Antes de la recolección es mejor realizar una cata de frutos en campo observando el estado de la semilla; el embrión debe estar bien desarrollado, llenar completamente la cavidad embrionaria y tener un color blanquecino. El procedimiento de limpieza y extracción es común al de otros *Juniperus* y se describe en el capítulo de *Juniperus thurifera*. Como otras especies del género *Juniperus*, las semillas de sabelina negra se pueden almacenar con contenidos de humedad del 6-8%, en contenedores herméticos, a temperaturas de 3-5 °C, en oscuridad.

La especie germina bien simplemente prehidratando las semillas durante 1-3 días o practicando una escarificación con agua oxigenada, de no más de 10 minutos (ensayos CNRGE *El Serranillo*). García-Fayos (2001) propone someter las semillas a temperaturas alternantes de 10/20 °C sin tratamiento previo. Un método pregerminativo complejo, pero con buenos resultados (70% de germinación final) plantea la necesidad de lavar con alcohol antes de mantener las semillas durante 3 días en agua con ceniza al 20%. Posteriormente, se mantienen otros 3 días en una disolución con ácido cítrico de concentración 10.000 ppm, tras la cuál se sumergen las semillas durante 4 horas en agua oxigenada, lavandolas previamente a la siembra durante 5 días con agua corriente (Gezer *et al.*, 2006). Piotto *et al.* (2001) sugieren que la temperatura ideal de germinación es alrededor de 15 °C.

La calidad de las semillas varía mucho entre lotes y entre cosechas, probablemente debido a la dureza de los hábitats donde vegeta esta especie (Fig. 3). A su vez, la germinación presenta cifras variables en función del porcentaje de semillas vanas o abortadas, muy elevado en esta especie (los resultados de análisis de semillas dan 20 a 60% de semillas vanas).

La especie *J. phoenicea* no está contemplada en las reglas de la ISTA. Se recomienda que la evaluación de su viabilidad se realice mediante ensayos con tetrazolio, a partir de los protocolos que la ISTA contempla para *Juniperus* spp. Así, se propone la prehidratación de la semilla a temperatura ambiente durante una o dos horas, lo que es suficiente para eliminar la cubierta dura que protege el endospermo. Tras este proceso, se realiza un corte en el tercio distal del endospermo, perpendicular al embrión, pasando en ese momento a la sal de tetrazolio para proceder con la tinción, que durará entre 18 y 24 horas, dependiendo de las condiciones ambientales. Para considerar el embrión como viable, éste debe estar completamente teñido y no presentar áreas necrosadas (AOSA, 2000; ISTA, 2007).

Plántula entre 5 y 8 cm, con cinco o seis cotiledones, acicular-lanceolados de 5 a 7 mm de longitud, luego con hojas juveniles aciculares, verticiladas por tres (Ruiz de la Torre, 1996).

Tabla 2. Datos característicos de lotes de semillas de *Juniperus phoenicea*.

Rendimiento semilla/fruto (% en peso)	Pureza (%)	Facultad germinativa (%)	Nº semillas kg ⁻¹	Referencia
			119.689-164.069	García-Fayos (2001)
1,9-15,4	92-100	57-95	115.800-175.000	Banc de Llavors Forestals (Anexo II)
3-15	90-98		113.000-145.000	CNRGF <i>El Serranillo</i> (Anexo III)

2.2.2. Vegetativa

Se han testado métodos de reproducción clonal basados en la micropropagación de explantos, obtenidos partir de yemas axilares de estaquillas provenientes de árboles adultos, con un 40% de enraizamiento (Loureiro *et al.*, 2007).

3. Producción de plantas

La sabina mora no ha sido una especie demasiado atractiva en los programas de reforestación, con lo que no existen ensayos sobre su producción en vivero. Dado su lentitud en crecer, no es una especie apta para su cultivo a raíz desnuda, recomendándose su cultivo en contenedor. Los datos con los que trabajamos indican que se pueden producir plantas de una savia de calidad adecuada (Benito *et al.*, 2006; Alrababah *et al.*, 2008), aunque se puede alargar el cultivo, con fertilizaciones bajas, para producir plantas de dos savias (Fig. 4). Se han producido brinzales en contenedores de 200-300 cm³, con densidades aproximadas de unas 295 plantas m⁻².

Recomendamos realizar semilleros en invernadero y trasplantar a contenedor forestal después de la emergencia de las plántulas. El trasplante es delicado y puede suponer una importante merma. Para ello es preferible elegir los momentos del día en los que la temperatura no sea demasiado elevada y asegurarse de que la radícula de la plántula trasplantada al contenedor queda perfectamente ligada al sustrato sin bolsas de aire entre ambas superficies. La mejor época para realizarlos son los meses de febrero-abril, cuando

las temperaturas se sitúen entre los 10-20 °C, con riegos distanciados en el tiempo y breves, que permitan que el sustrato de cultivo permanezca húmedo, pero no encharcado.

Al igual que otras especies del género *Juniperus*, la semilla almacena pocas reservas en los cotiledones. Por ello, la fertilización se convierte en una herramienta útil a la hora de producir plantas de calidad y, concretamente, la sabina negra reacciona bastante bien al aporte de nutrientes. Se recomienda fertirrigar las plantas desde etapas tempranas,



Figura 4. Brinzal de tres savias de *Juniperus phoenicea* cultivado en alvéolos de 300 cm³. (Foto: CNRGF El Serranillo).

después del trasplante, cuando se usan sustratos no fertilizados. Una buena alternativa es usar turba fertilizada. Si se aportan fertilizantes de liberación controlada, las dosis adecuadas están rondando las cantidades de 2-3,5 g l⁻¹, en formulaciones NPK de 16-10-20 ó 18-10-11. Con una dosis al final del cultivo de 100-150 mg N planta⁻¹, 30-40 mg P planta⁻¹ y 75-140 mg K planta⁻¹ se consiguen plantas de excelente calidad. Hay que recordar que es necesario añadir micronutrientes (Fe, Cu, S, etc.) a las plantas si no aparecen en la composición original del fertilizante. Se ha intentado prolongar el crecimiento de los plantones en invernadero. La aplicación de luz para la rotura del fotoperíodo, desde mayo hasta agosto, no influye en un mayor desarrollo al final del cultivo. Esto puede ser debido a que la técnica no es eficaz en especies típicamente mediterráneas o bien que el momento de aplicación no fue el adecuado, posiblemente porque la biología de la especie no determine ningún tipo de letargo durante esta época del año (Benito-Matías *et al.*, 2006).

Juniperus phoenicea demuestra ser una especie muy resistente a ataques en el vivero. Para prevenir la aparición de plántulas atacadas por los hongos responsables de *damping off*, conviene tratar con fungicidas de acción sistémica utilizados para en preemergencia y emergencia de plántulas. Soportan altas y bajas temperaturas atmosféricas sin aparentes daños, con lo que no se requiere especiales instalaciones para su almacenamiento, creciendo adecuadamente sin mallas de sombreo. Forma micorrizas del tipo arbuscular con especies del grupo *Glomus* spp., que permiten una mejor asimilación de nutrientes y agua, siendo una herramienta que en vivero podría facilitar el cultivo de esta especie. Los atributos de calidad morfológica se presentan en la Tabla 3.

4. Uso en plantaciones y reforestaciones

Se ha empleado muy poco *J. phoenicea* en repoblación forestal (Fig. 5) a pesar de ser una especie que presenta buena tolerancia a la sequía y a las heladas, si bien no resiste el frío como *J. thurifera*. Ello convierte a la sabina mora en una especie muy útil para las reforestaciones en ambientes mediterráneos semiáridos formando parte de la cohorte de

otras especies más estructurales como *Pinus halepensis* y *Quercus ilex*. Requiere cierto drenaje edáfico y no prospera en terrenos salinos. Es una especie heliófila, que habita en laderas soleadas, venteadas, con escaso suelo. Se asocia a otras especies de *J. oxycedrus* subsp. *macrocarpa*, *J. thurifera*, *Pistacia lentiscus*, *Rosmarinus officinalis*, *Rhamnus lyciodes* (Costa *et al.*, 1998). Está indicada para la recuperación de áreas degradadas sobre yesos y margas yesíferas, calizas duras y dolomías, taludes y cárcavas limosas o limo-arcillosas (Ruiz de la Torre, 1996).

Tabla 3. Valores de atributos morfológicos de brinzales de *Juniperus phoenicea* de una savia (media \pm desviación típica) (adaptado de Benito-Matías *et al.*, 2006 y Jorba *et al.*, 2008).

Atributo	Valores de referencia
Altura (cm)	19,45 \pm 3,95
Diámetro del cuello de la raíz (mm)	3,01 \pm 1,60
Peso seco aéreo (g)	2,73 \pm 0,58
Peso seco radical (g)	1,26 \pm 0,28



Figura 5. Ejemplar de *Juniperus phoenicea* de 8 años en una plantación mixta con *Quercus ilex* y *Pinus halepensis* en Monreal del Campo (Foto: J. Sánchez).

5. Planificación de la repoblación

El procedimiento de preparación del suelo que recomendamos son el subsolado a 60 cm de profundidad, que en zonas de escasa pendiente puede ser cruzado, antes de las lluvias de otoño-invierno. Como alternativa al anterior se puede realizar el ahoyado con retroexcavadora o el ahoyado con ahoyadora mecánica.

Con esta especie caben varias posibilidades en cuanto a su papel en la repoblación (Fig. 5): i) que complemente a otras especies que serán plantadas como especies principales, como pinos o encinas, en cuyo caso será preciso adaptarse a los marcos diseñados para éstas especies, ii) que se utilice como especie principal, para lo que se plantará a densidades bajas, de 300-350 pies ha⁻¹.

Es importante controlar la hierba alrededor de los plantones cuando esta sea muy abundante, recomendándose el uso de herbicidas o la escarda durante los dos primeros años después de la plantación. El riego con altos contenidos en N han ayudado a que las plantas crezcan mejor y sobrevivan más (Albarabah, 2008). Aunque *J. phoenicea* es muy resistente a la sequía estival y, en general, a las condiciones de sequía extrema (Martínez-Ferri, 2000; Castillo *et al.*, 2002), los riegos de establecimiento durante los meses más secos, y en zonas áridas, mejoran notablemente su supervivencia y el crecimiento de la parte aérea (Alrababah, 2008).

No hay datos sobre la influencia de los tubos protectores cerrados en esta especie. Nuestra experiencia es que no parece ser vulnerable a los herbívoros (menos del 1% de planta en las parcelas aparece dañada). Este aspecto, junto con el carácter heliófilo de *J. phoenicea* y el elevado coste de los tubos protectores, nos lleva a desaconsejar su uso.

En ensayos realizados en el CNRGF *El Serranillo*, en plantaciones sin riego estival ni tubos protectores y en zonas de ambientes más fríos y húmedos, los niveles de supervivencia después del primer año han sido superiores al 90%. No es una especie que requiera cuidados especiales ni poda. Respecto a la reposición de marras, lo recomendado es sustituir las bajas tras el primer verano, que además no suelen ser excesivas.

6. Bibliografía

ALÍA R., GARCÍA DEL BARRIO J.M., IGLESIAS S., MANCHA J.A., DE MIGUEL J., NICOLÁS J.L., PÉREZ MARTÍN F., SÁNCHEZ RON D., 2009. Regiones de procedencia de especies forestales en España. Organismo Autónomo Parques Nacionales, Madrid. pp. 137-140.

ALRABABAH M.A., BANI-HANI M.G., ALHAMADI M.N., BATAINEH M.M., 2008. Boosting seedling survival and growth under semi-arid Mediterranean conditions: Selecting appropriate species under rainfed and wastewater irrigation. *J. Arid Environ.* 72, 1606-1612.

ÁLVAREZ-ROGEL J., CARRASCO L., MARÍN C.M., MARTÍNEZ-SÁNCHEZ J.J., 2007. Soils of a dune coastal salt marsh system in relation to groundwater level, micro-topography and vegetation under a semiarid Mediterranean climate in SE Spain. *Catena* 69, 111-121.

AMARAL FRANCO J., 1986. *Juniperus* L. En: Flora iberica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares. Vol I. *Lycopodiaceae - Papaveraceae*. (Castroviejo S., Laínz M., López González G., Montserrat P., Muñoz Garmendia F., Paiva J., Villar L., eds.). Real Jardín Botánico, Madrid. pp. 181-188.

AOSA (Association Official Seed Analysts), 2000. Tetrazolium Testing Handbook.

- ARISTA M., ORTIZ P.L., TALAVERA S., 1997. Reproductive isolation of two sympatric subspecies of *Juniperus phoenicea* (*Cupressaceae*) in southern Spain. *Plant Syst. Evol.* 208, 225-237
- ARMAS C., PADILLA F.M., PUGNAIRE F.I., JACKSON R.B., 2010. Hydraulic lift and tolerance to salinity of semiarid species: consequences for species interactions. *Oecologia* 162, 11-21.
- BADÍA D., VALERO R., GRACIA A., MARTÍ C., MOLINA F., 2007. Ten-year growth of woody species planted in reclaimed mined banks with different slopes. *Arid Land Restor. Manage.* 21, 67-79.
- BENITO-MATÍAS L.F., PEÑUELAS RUBIRA J.L., VILLAR-SALVADOR P., HERRERO N., PUÉRTOLAS J., NICOLÁS J.L., 2006. Utilidad de las luces de alargamiento del fotoperíodo y el cultivo en invernadero sobre el desarrollo en campo de brinzales de *Juniperus phoenicea*. Coloquio Internacional sobre sabinares y enebrales (Género *Juniperus*): Ecología y Gestión Forestal. Soria
- BLANCO E., CASADO M.A., COSTA M., ESCRIBANO R., GARCÍA-ANTÓN M., GÉNOVA M., GÓMEZ-MANZANEQUE A., GÓMEZ-MANZANEQUE F., MORENO J.C., MORLA C., REGATO P., SAINZ-OLLERO H., 1997. Los bosques ibéricos. Una interpretación geobotánica. Ed. Planeta, Barcelona. pp. 309-344.
- CASTILLO J.M., RUBIO CASAL A.E., LUQUE C.J., LUQUE T., FIGUEROA M.E., Comparative field summer stress of three tree species co-occurring in Mediterranean coastal dunes. *Photosynthetica* 40, 49-56.
- GARCÍA DEL BARRIO J.M., DE MIGUEL J., ALÍA R., IGLESIAS S., 2001. Regiones de identificación y utilización del material forestal de reproducción. Serie cartográfica, Ministerio de Medio Ambiente.
- 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. 21.
- GEZER A., YÜCEDAĞ C., CARUS S., 2006. Rehabilitation the juniper forest ecosystems in terms of their present silvicultural situation in Turkey. In Proceedings of the IUFRO Division 2 Joint Conference: Low Input Breeding and Conservation of Forest Genetic Resources: Antalya, Turkey, 9-13 October 2006
- ISTA (International Seed Testing Association), 2007. International rules for seed testing. Edition 2007. ISTA, Bassersdorf, Switzerland.
- JORBA M., VALLEJO R., 2008. La restauración ecológica de canteras: un caso con aplicación de enmiendas orgánicas y riegos. *Ecosistemas* 17, 119-132.
- JORDANO P., 1991. Gender variation and expression of monoecy in *Juniperus phoenicea* (L.) (*Cupressaceae*). *Bot. Gaz.* 152, 476-485.
- JORDANO P., 1993. Geographical ecology and variation of plant-seed dispersed interactions: southern Spanish Junipers and frugivorous thrushes. *Vegetatio* 107-108, 85-104.
- LÓPEZ GONZÁLEZ G., 1982. La guía INCAFO de los árboles y arbustos de la Península Ibérica. Ed. INCAFO, Madrid.
- LOUREIRO J., CAPELO L., BRITO G., RODRÍGUEZ E., SILVA S., PINTO G., SANTOS C., 2007. Micropropagation of *Juniperus phoenicea* from adult plant explants and analysis of ploidy stability using flow cytometry. *Biol. Plantarum* 51, 7-14.
- MARTÍNEZ-FERRI E., BALAQUER L., VALLADARES F., CHICO J.M., MANRIQUE E., 2000. Energy dissipation in drought-avoiding and drought-tolerant tree species at midday during the Mediterranean summer. *Tree Physiol.* 20, 131-138.
- PIOTTO B., DI NOI A. (eds), 2001. Propagazione per seme di alberi e arbusto della flora mediterranea. ANPA.
- RIETWELD W.S. 1989. Variable seed dormancy in Rocky Mountain Juniper. US Department of Agriculture Forest Service, General Technical Report RM: 184.
- 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. 77.82.

TRAVESET A., SANS A., 1994. Insect frugivory in *Juniperus phoenicea* in Cabrera. Boll. Soc. Historia Nat. Balears 37, 143-149.

VAN HOVERBEKE D., OMER C.W., 1985. Effects of treatment and seed service on germination of Eastern Redcedar seed, USDA Forest Technical Report RM.293, Fort Collins.

Juniperus sabina L.

Sabina rastrera, sabina terrera, sabina chaparra, sabina ratiza, sabina real; *cat.*: savina de muntanya; *eusk.*: miter arrunta, sabina arrunta

Luis Fernando BENITO MATÍAS, Pedro VILLAR SALVADOR, Juan Ignacio GARCÍA VIÑAS, Aitor GASTÓN, María Aránzazu PRADA SÁEZ

1. Descripción

1.1. Morfología

Juniperus sabina es generalmente un arbusto decumbente y estolonífero, de 0,3 a 1 m de altura. Las hojas adultas, de 1-1,25 mm de longitud, son escamiformes e imbricadas, con ápice obtuso o subagudo, de margen no escarioso y con una glándula ovalada resinosa en el dorso, que desprende un olor penetrante y desagradable al machacarlas (Amaral Franco, 1986; López González, 2001). Con frecuencia se observan hojas aciculares, de carácter juvenil, en ejemplares hasta de 10 años o más (Farjon, 2005).

1.2. Biología reproductiva

La sabina rastrera es dioica, aunque ocasionalmente puede encontrarse ejemplares con estructuras reproductivas de ambos sexos. Éstas se insertan de manera terminal en los tallos laterales.

Los gálbulos son globoso-comprimidos (Fig. 1). Tardan en madurar uno a dos años, según el clima, y alcanzan un tamaño de 4 a 6 mm, adquiriendo un color azulado, pruinoso. Cada gábullo contiene 1 a 6 semillas (generalmente 2), de color pardo amarillento, de 3 a 5 mm de longitud (Farjon, 2005) (Fig. 2). La floración tiene lugar desde septiembre hasta la primavera, siendo la polinización anemófila. La maduración tiene lugar durante el otoño o la primavera siguiente.



Figura 1. Gálbulos de *Juniperus sabina* (Foto: C. Cardo).



Figura 2. Semillas de *Juniperus sabina*.

La dispersión de las semillas está favorecida por aves frugívoras (Jordano, 1993; Verdú y García-Fayos, 2003) y mamíferos pequeños y de talla media. En esta especie, como en otros congéneres, se ha detectado un alto porcentaje de semillas depredadas o vanas. Wesche *et al.* (2005) estiman una proporción de sólo el 2,5% de semillas viables en poblaciones asiáticas. Tylkowski (2010) obtiene un promedio de una semilla viable por gábulos y sugiere que estos resultados pueden ser debidos a limitaciones en la fase de polinización, impuestas por condiciones climáticas adversas. De hecho, *J. sabina* muestra una estrategia de propagación vegetativa (Wesche *et al.*, 2005) que, unida a su longevidad, permiten su permanencia en ambientes climáticos extremos.

Juniperus sabina muestra un papel relevante como especie nodriza en la biología reproductiva de otras especies leñosas. Verdú y García-Fayos (2003) observan que las matas de sabina rastrera, particularmente las de sexo femenino, por su atractivo para las aves dispersantes, albergan plantas de *J. communis*. Esta asociación parece reducir la eficiencia en el uso del agua de los pies nodriza femeninos, pero sin efectos negativos aparentes sobre su crecimiento o reproducción (Verdú *et al.*, 2004). Este mismo efecto protector se puede observar también sobre *Abies pinsapo* (Pinsapar de Ronda) y *Quercus faginea* (Quejigar de Tolox), entre otras especies arbóreas.

1.3. Distribución y ecología

El área de distribución de esta sabina es muy extensa, desde las montañas del centro y sur de Europa hasta el sudeste de Rusia, en el norte de África y desde Asia occidental hasta Siberia y China. Su presencia en un territorio tan amplio, el aislamiento genético y las distintas presiones de selección han dado lugar a diferencias genéticas y morfológicas; en ellas se basan algunos autores para establecer subdivisiones dentro del taxón (Farjon, 2001; Adams, 2004; Adams y Schwabach, 2006; Adams *et al.*, 2007). Las poblaciones españolas se asignan al taxón típico. En España, se encuentra en el Sistema Ibérico, la Cordillera Cantábrica, el Sistema Bético y, más escaso, en los Pirineos (Fig. 3).

Es una especie orófila, con un intervalo altitudinal amplio, entre los (900)1.400-2.750 m. Coloniza diversas posiciones fisiográficas, como parameras, crestas, laderas de muy distintas pendientes, etc. Es heliófila y muy tolerante a las bajas temperaturas invernales y con innivación invernal y resistente a las altas temperaturas estivales (-6,5 y 32 °C de temperatura media de las mínimas del mes más frío y de las máximas del mes más cálido, respectivamente). Necesita elevadas precipitaciones medias anuales (entre 500 y 2.500 mm), aunque llega a tolerar un corto y poco intenso periodo de aridez edáfica.

Habita con más frecuencia en los suelos calizos que en los silíceos (Sierra Nevada, Filabres), con un amplio espectro de texturas y con pH neutro o básico. Ocupa tanto los niveles altitudinales sylvicos como los suprasylvicos. En los primeros entra en el cortejo de formaciones arboladas en zonas altitudinales superiores, como pinares de *Pinus nigra* subsp. *salzmannii*, sabinares de *Juniperus thurifera*, quejigares (*Q. faginea*) y, más rara vez, pinares de *Pinus sylvestris* y *Pinus uncinata*, así como pinsapares (Pico Torrecilla, en el límite meridional de la ibérica). En la alta montaña forma extensos sabinares rastreros que, en general, se van espesando progresivamente.

2. Materiales forestales de reproducción

2.1. Marco normativo. Identificación de los materiales de reproducción

La sabina rastrera no está incluida en la normativa estatal referida a la comercialización de los materiales forestales de reproducción, aunque sí en la de la Comunidad Valenciana (D. 15/2006). 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.

El relativo aislamiento genético de las poblaciones, teniendo en cuenta la distribución disjunta de la sabina rastrera, hace pensar en la existencia de diferenciaciones genéticas. Por ello, se recomienda el empleo de materiales recolectados en las procedencias locales o próximas a la zona que se va a forestar. De esta manera, se contribuye a la conservación de los recursos genéticos de la especie. En la Comunidad Valenciana, dentro del marco de la Directiva de Hábitats, se consideran “Hábitats protegidos” los bosques mediterráneos endémicos con presencia de *J. sabina*.

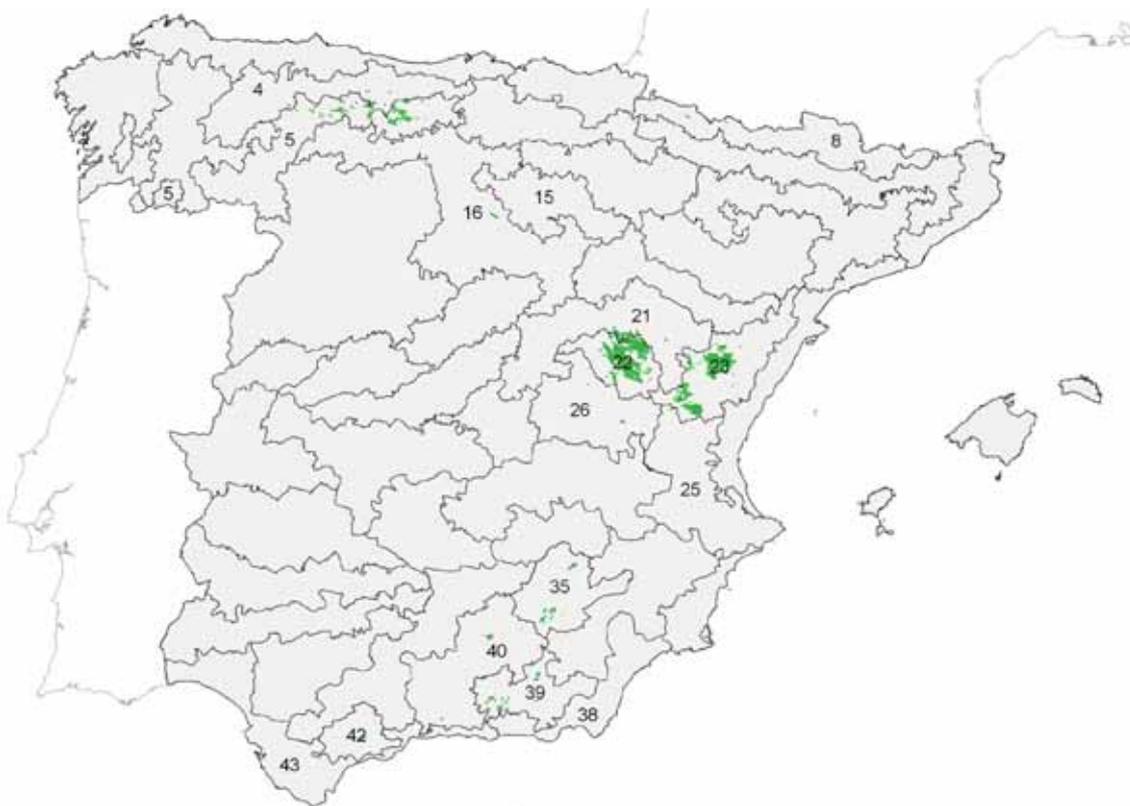


Figura 3. Distribución de *Juniperus sabina* y Regiones de Identificación de sus materiales de reproducción (Fuente: Mapa Forestal de España, 1:200.000).

Los materiales del género *Juniperus* no necesitan ir acompañados por el pasaporte fitosanitario. Cabe señalar que la Directiva 2000/29/CE prohíbe la introducción en la Unión Europea de vegetales del género (excepto frutos y semillas) procedente de terceros países.

2.2. Técnicas de manejo y propagación

2.2.1. Semillas

Los gábulos de la sabina rastrera se recolectan en otoño e inicios del invierno y se dejan en maceración en agua con lejía al 1% para ablandar la cubierta carnosa y eliminar parte de la resina. Las semillas limpias se obtienen mediante despulpado seguido de secado y separación por tamaño y densidad, mediante cribado y aventado. Las semillas, con un reducido contenido de humedad (entorno al 6-8%) pueden conservarse, dado su carácter ortodoxo, durante varios años en recipientes herméticos mantenidos a 4 °C. Para ello, deben secarse al aire en ambiente seco durante unos días.

Como en otras especies del género, la sabina rastrera produce un gran porcentaje de semillas vanas y su eliminación en la fase de limpieza de los lotes es difícil. García-Fayos (2001) sugiere la separación por flotación empleando una disolución de ácido sulfúrico, aunque advierte sobre la necesidad de ajustar su densidad para cada caso. También puede emplearse una solución salina con menor riesgo para la integridad de las semillas. Las semillas de esta especie muestran letargo y es necesario efectuar tratamientos para estimular su germinación. Los tratamientos recomendados para la sabina rastrera, son los que se indican para otras especies del género, como la escarificación química o mecánica de las cubiertas o la estratificación en frío o en caliente, o una combinación de ellos.

Las experiencias realizadas con semillas de *J. sabina* llegan, en el mejor de los casos, a valores próximos al 50% de germinación, si bien los test de tetrazolio suelen indicar una facultad germinativa superior (Tabla 1). García-Fayos (2001) propone, para esta especie, la estratificación a temperaturas alternas con oscilación diaria entre 10 y 20 °C durante 2 a 3 meses y germinación con oscilación térmica entre 4 y 10 °C, mientras que Tylkowsky (2010) sugiere la aplicación de diferentes tratamientos consecutivos: una estratificación en caliente (a 20 °C) durante 14 semanas, interrumpida en la séptima semana por un mantenimiento (deseccación) de las semillas a temperatura ambiente durante 3 días, una posterior estratificación en frío (4 °C) durante 17 semanas y una oscilación térmica diaria de 3-15 °C (16 horas/8 horas) en la fase de germinación.

Tabla 1. Datos característicos de lotes de semillas de *Juniperus sabina*.

Rendimiento semilla/fruto (% en peso)	Pureza (%)	Facultad germinativa (%)	Nº semillas kg ⁻¹	Referencia
			41.600-70.300	García-Fayos (2001)
10	95	(72) ⁽¹⁾	(41.528)	Navarro-Cerrillo y Gálvez (2001)
7,5-19,5	98-100	58-93 ⁽¹⁾	41.600-68.200	Banc de Llavors Forestals (Anexo II)
9-20	90-98		(55.500-99.300)	CNRGF <i>El Serranillo</i> (Anexo III)

⁽¹⁾ Ensayos al tetrazolio

La especie *J. sabina* no está contemplada en las reglas de la ISTA. Para la obtención de una estimación rápida de la viabilidad de los lotes, se aconseja utilizar ensayos de tetrazolio siguiendo la metodología establecida por ISTA (2011) para *J. communis*.

Las plántulas presentan dos cotiledones opuestos y hojas juveniles de aciculares a subuladas (Fig. 4), de ápice punzante, con dos bandas estomáticas que se insertan verticiladas en número de 3 (Farjon, 2005).

2.2.2. Vegetativa

Las técnicas de propagación asexual de *J. sabina* se emplean en el campo de la producción ornamental. Las variedades se multiplican mediante el estaquillado en ambiente controlado, aplicando hormonas de enraizamiento. La sabina rastrera también se puede acodar con facilidad. La época de recolección de los materiales varía según autores; normalmente, si se trabaja en ambiente controlado, los materiales se recolectan en diciembre o enero, cuando las plantas madre han estado expuestas a las bajas temperaturas (Gil Albert y Boix, 1978; Major y Grossnickle, 1990). También se pueden propagar materiales recolectados entre el verano y el otoño (Hartmann y Kester, 1987) y a finales de la primavera, sin estar aún lignificados (Torchik, 2005).

La formación de raíces se debe estimular en dispositivos que aporten calor de fondo (camas calientes), con una adecuada temperatura atmosférica y humedad relativa constante. Se utilizan sustratos variados, aunque los mejores resultados se obtienen con las mezclas de arena y turba, en proporción 1:1 en volumen. También se ha empleado corteza de pino con mezclas de compost procedente de diversas fuentes. En ocasiones se utiliza como *mulch* perlita o lodos procedentes de depuradora (Jarvis *et al.*, 1996; Burger *et al.*, 1997; Calkins *et al.*, 1997). Como suele ser habitual, el éxito de esta práctica está condicionado, en gran medida, por el genotipo y la edad de la planta madre. Una vez logrado el enraizamiento, las estaquillas se trasplantan a contenedores de muy variada capacidad, desde 0,2 l hasta 6 l (Chong, 1981; Torchik, 2005).

La inoculación de micorrizas, con posterioridad a la formación de raíces, puede ser una práctica interesante para mejorar la calidad de las plantas. Existen en el mercado cultivares de sabina rastrera, que nunca deben emplearse en forestaciones.

3. Producción de plantas

La sabina rastrera no suele producirse en los viveros forestales, ya que su uso en la actividad forestadora es anecdótico. Por ello, la información sobre la producción de esta especie a partir de semillas es muy escasa.

Debido a las bajas tasas de germinación de los lotes de semillas, se recomienda que la siembra se haga en bandejas semilleras y se transfieran las plántulas a los envases forestales definitivos a medida que vayan emergiendo. El mejor momento para esta operación es a final de invierno y principio de primavera, cuando las temperaturas aún no son excesivamente frías ni calurosas. Al igual que en otras especies del género, esta fase de trasplante es la más delicada del proceso de producción.

Para el cultivo de brinzales (Fig. 4) se puede recomendar el empleo de contenedores de 200-300 cm³, con densidades inferiores a 400 plantas por m²; en este caso, es necesario prolongar los cultivos hasta dos savias, por lo que se recomienda el uso de sustratos fertilizados. Los sustratos de cultivo que se pueden emplear son turba rubia, vermiculita y fibra de coco, con proporciones, en caso de mezcla, de 80-20 (turba y vermiculita, respectivamente) ó 40-40-20 (turba, fibra de coco y vermiculita, respectivamente). Para las plantas producidas a partir de semillas, conviene tratar con fungicidas de acción sistémica, utilizados en preemergencia y emergencia de las plántulas, con el fin de prevenir los ataques de los hongos causantes del *damping off*. En plantas producidas a partir de estaquillas se realiza un tratamiento fungicida paralelamente al tratamiento hormonal de inducción de formación de raíces.

Respecto de la fertilización, una buena referencia de la cantidad total de N, P y K que debe recibir una planta al año la constituyen los resultados de trabajos realizados para el cultivo de *J. thurifera*, en los que se recomiendan 100-150 mg N, 30-40 mg P y 75-140 mg K. En caso de optar por un fertilizante de liberación lenta, se sugiere 6 g l⁻¹ de una formulación NPK 17-5-12, que favorece la producción de plantas en contenedores de gran volumen. Si se emplea fertirrigación, se aconsejan concentraciones de 110 mg l⁻¹ de N, 28 mg l⁻¹ de P y 120 mg l⁻¹ de K. Parece ser que, en las estaquillas, niveles altos de fertilización dan lugar a plantas de extraordinaria calidad. También se observa que fertilizantes basados en nitrato potásico a elevada concentración (400 mg l⁻¹) producen mayor toxicidad que los fertilizantes amónicos a la misma concentración. El sulfato amónico mejora, además, la resistencia de las plantas al frío. La utilización de nitrato amónico permite romper más tarde el letargo fisiológico, lo que resulta una herramienta interesante si las plantas van a utilizarse en estaciones frías (Klett, 1977; Jarvis *et al.*, 1996; Gils *et al.*, 2004).

Los brinzales de *J. sabina* soportan bien la insolación directa, creciendo sin problemas en ausencia de mallas de sombreado. Respecto al frío, son también capaces de sobrevivir bajo condiciones de temperaturas excepcionalmente bajas. Al igual que el resto de especies de este género, la sabina rastrera forma endomicorrizas del tipo vesicular-arbuscular. Sin duda alguna, es una herramienta que en viveros podría mejorar su cultivo.

4. Uso en repoblaciones y restauraciones

La capacidad de *J. sabina* para soportar las temperaturas extremas de montaña y los suelos someros y la posibilidad de crecer formando grandes manchas hace que sea una especie con una función protectora frente a la erosión y resulte apropiada para restauraciones en las cotas superiores de la montaña mediterránea. Proporciona, además, alimento a numerosas aves en invierno y facilita el establecimiento de otras especies zoócoras, como se ha señalado en el apartado de biología reproductiva. En las zonas adecuadas, puede enriquecer las plantaciones efectuadas con *P. sylvestris* o *P. nigra* y las restauraciones de alta montaña en las que se incluya *J. communis* y gramíneas.

En el Sistema Ibérico aragonés, esta especie se ha empleado en restauraciones paisajísticas en zonas de montaña, mediante el estaquillado directo de materiales recolectados en poblaciones próximas a la zona de trabajo.



Figuras 4 a y b. Plantas de una savia (izquierda) y dos savias (derecha) de *Juniperus sabina* cultivadas en alveolo de 200 y 300 cm³, respectivamente (Fotos: CNRGF El Serranillo).

5. Planificación de la repoblación

Conviene hacer las plantaciones a principios de primavera, entre marzo y primeros de abril, período del reposo vegetativo en el que las plantas son menos sensibles al frío. Debido a su hábito rastrero, por el que cada planta puede adquirir cierta extensión, se aconseja plantar esta especie en densidades inferiores a 150 pies ha⁻¹. No existen datos sobre la influencia de los tubos protectores en la supervivencia de esta especie en forestaciones. Sin embargo, como otros *Juniperus*, dado su carácter heliófilo y su baja vulnerabilidad a los ataques de los herbívoros, se desaconseja su uso. En cuanto a los riegos, siempre que los recursos lo permitan, cabe contemplar la aportación de agua durante el primer verano en zonas climáticamente muy desfavorables; puede ser suficiente aplicar una dosis de 10-20 l por planta, tres veces a lo largo del primer verano tras la plantación.

6. Bibliografía

- ADAMS R.P., 2004. Junipers of the World. The genus *Juniperus*. Trafford Publishing Co., Vancouver.
- ADAMS R.P., SCHWARZBACH A.E., 2006. A new variety of *Juniperus sabina* from Mongolia: *J. sabina* var. *mongoliensis*. Phytologia 88, 179-185.
- ADAMS R.P., SCHWARZBACH A.E., NGUYEN S., MORRIS J.A., LIU J-Q., 2007. Geographic variation in *Juniperus sabina* L., *J. sabina* var. *arenaria* (E.H.Wilson) Farjon, *J. sabina* var. *davurica* (Pall.) Farjon and *J. sabina* var. *mongoliensis* R.P. Adams. Phytologia 89, 153-166.

- AMARAL FRANCO J., 1986. *Juniperus* L. En: Flora iberica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares. Vol I. *Lycopodiaceae* - *Papaveraceae*. (Castroviejo S., Laínz M., López González G., Montserrat P., Muñoz Garmendia F., Paiva J., Villar L., eds.). Real Jardín Botánico, Madrid. pp. 181-188.
- BURGER D.W., HARTZ T.K., FORISTER G.W., 1997. Composted green waste as a container medium amendment for the production of ornamental plants. *Hort. Sci.* 32, 57-60.
- CALKINS J.B., JARVIS R., SWANSON B.T., 1997. Compost and rubber tire chips as peat substitutes in nursery container media: growth effects. *J. Environ. Hort.* 15, 88-94.
- CHONG C., 1981. Simultaneous grafting and rooting of juniper. *Hort. Sci.* 16, 561-2.
- FARJON A., 2005. A monograph of *Cupressaceae* and *Sciadopitys*. Royal Botanic Gardens, Kew.
- 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.
- 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. 21.
- GIL ALBERT F., BOIX E., 1978. Effect of treatment with IBA on rooting of ornamental conifers. *Acta Hort.* 79, 63-77.
- GILS J., CHONG C., LUMIS G., 2004. Container nursery stock response to recirculated nutrients. *Acta Hort.* 630, 219-224.
- HARTMANN H.T., KESTER D.E., 1987. Propagación de plantas. Principios y prácticas. Compañía Editorial Continental, México.
- ISTA (International Seed Testing Association), 2011. International rules for seed testing. Edition 2011. ISTA, Bassersdorf, Switzerland.
- JARVIS R., CALKINS J.B., SWANSON B.T., 1996. Compost and rubber tire chips as peat substitutes in nursery container media: effects on chemical and physical media properties. *J. Environ. Hort.* 14, 122-129.
- JORDANO P., 1993. Geographical ecology and variation of plant-seed disperser interactions: southern Spanish junipers and frugivorous thrushes. *Vegetatio* 108, 85-104.
- KLETT J.E., 1977. Nitrogen nutrition of junipers. *Combined Proceedings of the International Plant Propagators Society* 27, 377-381.
- LÓPEZ GONZÁLEZ G.A., 2001. Los árboles y arbustos de la Península Ibérica e Islas Baleares. Tomo I. Ed. Mundi-Prensa, Madrid. pp. 273-275.
- MAJOR J.E., GROSSNICKLE S.C., 1990. Chilling units used to determine rooting of stem cuttings of Junipers. *J. Environ. Hort.* 8, 32-35
- NAVARRO CERRILLO R.M., GÁLVEZ C., 2001. Manual para la identificación y reproducción de semillas de especies vegetales autóctonas de Andalucía. Tomo II. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, Córdoba. pp. 203-205.
- SÁNCHEZ-PALOMARES O., SÁNCHEZ-SERRANO F., CARRETERO M.P., 1999. Modelos y cartografía de estimaciones climáticas termoplumiométricas para la España peninsular. INIA, Madrid.
- TORCHIK V., 2005. Effect of donor plant phenological phase on root formation of stem cuttings of ornamental *Juniperus* L. cultivars. *Propag. Orn. Plants* 5, 51-55.
- TYLKOWSKY T., 2010. Dormancy breaking in savin juniper (*Juniperus sabina* L.) seeds. *Acta Soc. Bot. Pol.* 79, 27-29.

VERDÚ M., GARCÍA-FAYOS P., 2003. Frugivorous birds mediate sex-biased facilitation in a dioecious nurse plant. *J. Veg. Sci.* 14, 35-42.

VERDÚ M., VILLAR-SALVADOR P., GARCÍA-FAYOS P., 2004. Gender effects on the post-facilitation performance of two dioecious *Juniperus* species. *Funct. Ecol.* 18, 87-93.

WESCH K., RONNENBERG K., HENSEN I., 2005. Lack of sexual reproduction within mountain steppe populations of the clonal shrub *Juniperus sabina* L. in semi-arid Southern Mongolia. *J. Arid Environ.* 63, 390-405.

Juniperus thurifera L.

Sabina, sabina albar, enebro; *cat.*: travina; *eusk.*: intzentsu miterra, intzentsu sabina.

Juan Luis NICOLÁS PERAGÓN, Luis Fernando BENITO MATÍAS, Dolores GARCÍA GONZÁLEZ

1. Descripción

1.1. Morfología

La sabina albar es un árbol perennifolio de 5-12 m de altura, aunque puede llegar a los 20 m. El sistema radical es muy potente, desarrollado tanto horizontal como verticalmente. Su tronco es grueso, con una corteza de poco grosor, parduzca o cenicienta, agrietada longitudinalmente y que se desprende a tiras delgadas. La copa, de color verde oscuro o glauco, es muy ramificada y densa. En los individuos jóvenes suele ser cónica, redondeándose con la edad y adoptando un porte aovado; es piramidal en espesura y aplanada e irregular en los individuos desmochados. Las ramas principales son patentes y gruesas y las ramillas son erectas, estando dispuestos los ramillos en planos.

Las hojas en los individuos jóvenes son aciculares y decurrentes; las de los adultos son cupresoideas, decusadas, muy pequeñas, romboidales, agudas, con el ápice libre y levantado y provistas de una glándula resinífera oblonga en el dorso (Blanco *et al.*, 1997; López González, 2001; Ruiz de la Torre, 2006; Alía *et al.*, 2009).

Su crecimiento es muy lento. Si bien los estudios dendrocronológicos no han establecido aún edades precisas, se estima que puede alcanzar los 500 años de edad. En los sabinares actuales no suelen encontrarse pies de más de 300 años.

1.2. Biología reproductiva

Juniperus thurifera es una especie dioica, aunque en algunos casos extraordinarios se encuentran individuos que, pese a ser predominantemente de un sexo, muestran un pequeño número de flores del sexo contrario, habitualmente localizadas en una o pocas ramas que pueden presentar flores de ambos tipos.

Los conos masculinos son oblongos, terminales y consisten en una serie de escamas modificadas entre las cuales madura el polen. Pasan de un color verdoso a blanquecino y se tornan amarillas antes de la polinización. Los conos femeninos se presentan solitarios sobre ramillos pequeños y globosos. Son escamosas, muy pequeñas y habitualmente escasas, por lo que son difíciles de encontrar cuando se desconoce su morfología. Las flores femeninas son fácilmente confundibles con brotes vegetativos en los primeros estadios, pero cambian a un color marrón-rosáceo poco antes de la madurez. Además una curvatura en la ramilla que las sostiene las aleja perpendicularmente de la rama principal, quizá como un mecanismo que facilite la polinización anemófila. En el momento de máxima

receptividad las flores femeninas presentan una pequeña gota en el extremo de la flor que, presumiblemente, facilita la polinización (Montesinos, observaciones personales).

El fruto es una arcéstida o gábullo carnoso indehiscente a modo de falsa baya, de 7 a 10 cm de diámetro, con las escamas opuestas y dispuestas en aspa (Fig. 1). De color verde claro o glauco antes de madurar y pardo-azulado, negruzco o rojizo, más o menos pruinoso, cuando madura. Contiene una gran cantidad de vesículas resinosas en su interior, por lo que al romperlas emiten un olor característico. Estas resinas no impiden que las larvas de algunos insectos consigan alimentarse de su pulpa (Roques *et al.*, 1984). Las vesículas no se encuentran insertadas en canalizaciones de la testa de las semillas como ocurre en otras especies de *Juniperus*, lo que constituye una buena manera de distinguir entre distintos tipos de semillas en ausencia del fruto.

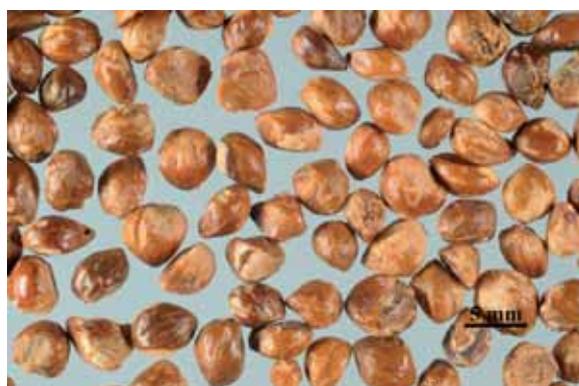


Figura 2. Semillas de *Juniperus thurifera*.



Figuras 1 a y b. Frutos maduros de *Juniperus thurifera* (superior) (Foto: J.I. García Viñas); corte transversal de arcéstidas con semillas vanas por partenocarpia (inferior) (Foto: D. Montesinos).

Cada fruto contiene por lo general 2-5 semillas, anguloso-subtrígonas, anaranjado-rojizas, con una testa endurecida lisa y brillante y un visible hilo de color castaño claro (Fig. 2). Cuando el embrión es viable aparece carnoso y ocupando completamente la testa, por lo que bajo la lupa y una vez abierta la semilla, es fácilmente diferenciable de otras morfologías. Si la semilla ha sido abortada, el embrión no llena la testa y presenta un aspecto seco y arrugado. Cuando la semilla se desarrolla pese a no haber habido fecundación presenta una morfología partenocárpica característica, carente de embrión. Además, las semillas pueden ser depredadas por una gran variedad de insectos, siendo sus principales depredadores el calcídido *Megastigmus bipunctatus* y el ácaro *Trisetacus quadrisetus*. *M. bipunctatus* oviposita en semillas inmaduras durante el primer verano tras la polinización y sus larvas se desarrollan y crecen durante un año antes de emerger de la semilla a través de un orificio de salida característico (Roques *et al.*, 1984). La oviposición de *T. quadrisetus* ocurre mucho antes, a menudo se anticipa a la polinización.

Estos ácaros viven en colonias y utilizan las semillas como cámara de crecimiento, lo que suele conllevar la destrucción de la totalidad de semillas del gábulos. Las semillas afectadas por la actividad de colonias de *T. quadrisetus* presentan una morfología típica “fibrosa” y marrón (Roques *et al.*, 1984). En cualquier caso una vez dispersadas, las semillas son abundantemente depredadas por distintos animales, principalmente roedores.

Tanto los pies masculinos como los femeninos preforman sus conos reproductivos desde el verano y florecen al final del periodo invernal, cuando se produce la polinización anemófila (enero-febrero). Tras ésta, los pies femeninos producen conos reproductivos carnosos (gábulos) que crecen y maduran durante un periodo de 18 meses, hasta que la dispersión de semillas se produce en el segundo otoño tras la floración (Amaral-Franco, 1986). Por ello, los pies femeninos suelen ser portadores de dos cohortes de gábulos: los inmaduros, que han estado creciendo hasta 12 meses y proceden de la floración del año anterior, presentando una coloración verdosa; y los maduros, que provienen de la floración de dos años antes y que han estado creciendo y madurando durante al menos 18 meses, presentando una coloración azulada oscura y conteniendo entre una y siete semillas (media=3,5) (Montesinos *et al.*, 2010).

Juniperus thurifera es una especie vecera (Montesinos, 2007 a y b). Su producción de gábulos varía fuertemente entre años, presentando un alto grado de variabilidad, sincronía poblacional y periodicidad temporal. El esfuerzo reproductivo medio realizado por los pies femeninos es más de dos veces mayor al de los masculinos, lo que provoca que los pies femeninos presenten un menor crecimiento de anillos en el largo plazo (Montesinos *et al.*, 2006) y controlen la frecuencia con la que se dan eventos de fructificación masiva (los llamados años veceros). Es interesante resaltar que pese a que la floración de los pies de ambos sexos es sincrónica, con un patrón de variación en el que habitualmente se alternan años con alta y baja producción de flores, los picos de floración no siempre se traducen en grandes fructificaciones, generando un desacoplamiento reproductivo entre floración y fructificación. Estudios aún en curso sugieren que los pies femeninos podrían ser extremadamente sensibles a la escasez de recursos, lo que provocaría abortos masivos de flores o conos inmaduros. Esto explicaría porqué los eventos de fructificación masiva (vecería) se pueden demorar más de siete años pese a que en el mismo periodo habitualmente se da más de un suceso de floración masiva (Montesinos, 2007 a y b).

Los frutos de sabina son consumidos y diseminados por aves y, en menor medida, por mamíferos, si bien, al menos el 55% de los gábulos de sabina albar son dispersados por zorzales de talla media del género *Turdus* (Santos y Tellería, 1994; Santos *et al.*, 1999). Tales aves, cuando invernan en bosques de sabina albar, se alimentan casi exclusivamente de sus gábulos, incrementándose su abundancia y actividad de forma paralela al tamaño de la cosecha de las sabinas (Zamora, 1990; Jordano, 1993; Santos *et al.*, 1999; García y Ortiz-Pulido, 2004). Habitualmente sus semillas germinan tras ser ingeridas por zorzales, aunque también pueden hacerlo directamente desde gábulos no dispersados por animales (García-Fayos, comunicación personal). Los zorzales tienden a pasar más tiempo posados sobre pies femeninos que sobre pies masculinos, ya que en los primeros, además de un lugar donde reposar, encuentran alimento, por lo que también dispersan más semillas bajo su copa. Casualmente es bajo la copa de éstas donde se dan las mejores condiciones para la regeneración de sabinas, dado que, además de la sombra aliviadora

del estrés hídrico estival, el terreno posee más nutrientes y materia orgánica debido a la deposición de heces de aves y a la caída de frutos no dispersados (hasta el 45% de la cosecha) que se descomponen. Debido a todo esto, en algunos sabinares se ha descrito un patrón de regeneración en el que la mayoría de los brinzales y juveniles de sabina se encuentran facilitados bajo la copa de adultos de la misma especie, principalmente bajo pies femeninos (Montesinos *et al.*, 2007). La tasa de viabilidad de las semillas de *J. thurifera* en la Península Ibérica es extraordinariamente baja, inferior al 10% de las semillas producidas. Esto es debido a altas tasas de partenocarpia (58%), aborto (19%) y depredación predispersiva de semillas (13%). Las pocas simientes viables son, además, extraordinariamente difíciles de germinar (Melero y García-Fayos, 2001; García-Fayos *et al.*, 2001; Ruiz de la Torre, 2006; Montesinos *et al.*, 2010). La sabina albar tiene gran facilidad para brotar de tallo, pero en cambio no lo hace de cepa.

1.3. Distribución y ecología

Especie relictica del Terciario, propia de la cuenca occidental del Mediterráneo. Además de en España, se encuentra en algunas localizaciones de la vertiente septentrional de los Pirineos (Haute-Garonne y Ariège), Alpes franceses (Saint Crépin y Mercantour) e italianos (valles de Gesso y Stura), Córcega (Monte Cinto), Argelia (Aurès) y en amplias zonas de Marruecos (Gran Atlas y Medio Atlas), donde constituye el último piso forestal. El rango altitudinal es muy amplio, desde los 140 m de Monegrillo (Zaragoza) hasta los 3.450 m del Toubkal en Marruecos. Las poblaciones norteafricanas se encuentran seriamente degradadas como consecuencia de una intensiva explotación y una débil regeneración, pudiendo calificarse su presencia como amenazada.

En la Península Ibérica los sabinares ocupan altiplanos y parameras de las zonas semiáridas del interior, describiendo su distribución un amplio arco discontinuo que se extiende por las estribaciones meridionales de la Cordillera Cantábrica (León y Palencia), Sistema Ibérico (donde se encuentran los amplios sabinares de Soria, Guadalajara, Cuenca y Teruel), Campo de Montiel, Sierra de Alcaraz y norte de las provincias de Granada y Almería. Buenos sabinares se pueden encontrar también en el valle del Ebro, Segovia y sur de Burgos y retazos de ellos en Zamora, Valladolid, Palencia, Madrid y Castellón. En España habita, fundamentalmente, entre los 850 y los 1.400 m de altitud (Blanco *et al.*, 1997; López González, 2001; Ruiz de la Torre, 2006; Alía *et al.*, 2009).

Algunos autores (Adams, 2004; Romo y Boratynski, 2007) consideran la existencia de dos subespecies, justificada principalmente en base al diámetro y peso de los frutos y al número de semillas por fruto. Así, cabría distinguir *J. thurifera* subsp. *africana*, que se correspondería con las poblaciones norteafricanas, y *J. thurifera* subsp. *thurifera*, que lo haría con las europeas. Es una especie propia de zonas con clima marcadamente continental, con oscilaciones térmicas anuales muy acusadas, sujetas a intensos fríos invernales, con períodos de helada segura de hasta cinco meses y sequía estival que, en nuestro país, salvo ciertas localizaciones, no supera los tres meses. Así, los rangos óptimos climáticos de los hábitats donde es más frecuente la sabina albar presentan una temperatura media de las mínimas del mes más frío de entre $-4,2$ y $-0,5$ °C y de las máximas del mes más cálido en el intervalo $25,9$ y $31,3$ °C, con una precipitación anual estival de 70-130 mm, respectivamente (Anexo I). Indiferente a la naturaleza edáfica, vive mayoritariamente

sobre sustratos de carácter básico (calcáreos), aunque también aparece sobre materiales silíceos y descarbonatados (Blanco *et al.*, 1997; Alonso y Sánchez, 2006), con frecuencia en suelos superficiales y pedregosos. Se asienta sobre terrenos que pueden llegar a ser muy impermeables (Alonso *et al.*, 2010), presentando una gran plasticidad en lo que se refiere a la capacidad de retención de agua y al porcentaje de materia orgánica y nitrógeno (Alonso y Sánchez, 2006). Aparece en todas las exposiciones, con marcada preferencia por los terrenos poco abruptos y expuestos. De temperamento muy rústico y vital, suele estar asociada a medios difíciles e incluso extremos. Es de destacar su gran resistencia a las mutilaciones, así como al fuego y al pastoreo, si bien, cuando éste es excesivo, puede comprometer la regeneración del sabinar.

De carácter heliófilo, suele formar masas claras de baja densidad, tipo dehesa. Es frecuente su coexistencia en masas mixtas con coníferas de montaña, principalmente *Pinus nigra* o quercíneas esclerófilas (*Quercus ilex* y *Q. faginea*) (Blanco *et al.*, 1997). En lugares especialmente propicios, casi siempre en suelos someros donde no pueden sobrevivir bien otras especies, puede formar masas puras, por lo general muy abiertas y, muchas veces, asociada a un matorral espinoso almohadillado. Actualmente, además de la colonización por parte de la sabina de antiguos terrenos de cultivo de baja productividad, se ha constatado un proceso de transformación de los sabinares, con un aumento de su densidad y de la diversidad arbórea, principalmente por la entrada de pinos y quercíneas, a la vez que una incorporación de la sabina a otros tipos de bosques, presumiblemente debido al abandono o modificación de las prácticas tradicionales en el monte (Olano *et al.*, 2009). La interacción positiva entre sabinas, pinos y quercíneas no se mantiene constante, y así, estas dos especies, al presentar una mayor tasa de crecimiento pueden llegar a desplazar a la sabina, relegándola a un papel secundario (Baraza *et al.*, 2006), circunstancia que puede verse favorecida si se atenúan las condiciones climáticas.

2. Materiales forestales de reproducción

2.1. Marco normativo. Identificación de los materiales de reproducción

Juniperus thurifera está sujeta a la normativa nacional sobre producción y comercialización de materiales forestales de reproducción (RD. 289/2003), al ser una de las especies que nuestro país ha incorporado de forma voluntaria al sistema de certificación de la UE (Directiva 1999/107/CE). La legislación citada contempla una serie de condicionantes en cuanto a la identidad y características genéticas y de calidad exterior de los materiales forestales de reproducción y establece un sistema de control para los mismos que trata de asegurar su trazabilidad e idoneidad. La sabina albar tiene establecidas sus regiones de procedencia por el método divisivo, es decir, carece de regiones específicas (García del Barrio *et al.*, 2001; Alía *et al.*, 2009). Las áreas con presencia de sabina albar se corresponden con 24 regiones de procedencia (Fig. 3), si bien en la mitad de ellas su aparición representa sobre el total ocupado por la especie un porcentaje inferior al 2%. Por el contrario, cabe señalar la existencia de cinco regiones (16, 21, 22, 23 y 26) con porcentajes superiores al 8%, donde se agrupa casi el 70% de su presencia y que se corresponde, en su mayor parte, con su distribución sobre el Sistema Ibérico. Además, buena parte de la presencia en otras regiones se sitúa en zonas aledañas a las anteriormente reseñadas. Se trata, pues, de una especie que, por su importancia y grado de conocimiento

que se tiene, se presta a una revisión de las regiones de procedencia más acorde a su realidad. Ello se traduciría en el establecimiento de regiones de procedencia específicas, siguiendo el método aglomerativo, en orden a un agrupamiento de las masas en unas cuantas amplias regiones y a la delimitación de procedencias de área restringida para aquellas poblaciones separadas de los grandes núcleos de distribución de la especie y que presentan un carácter más relíctico. En la Tabla 1 se recogen las características

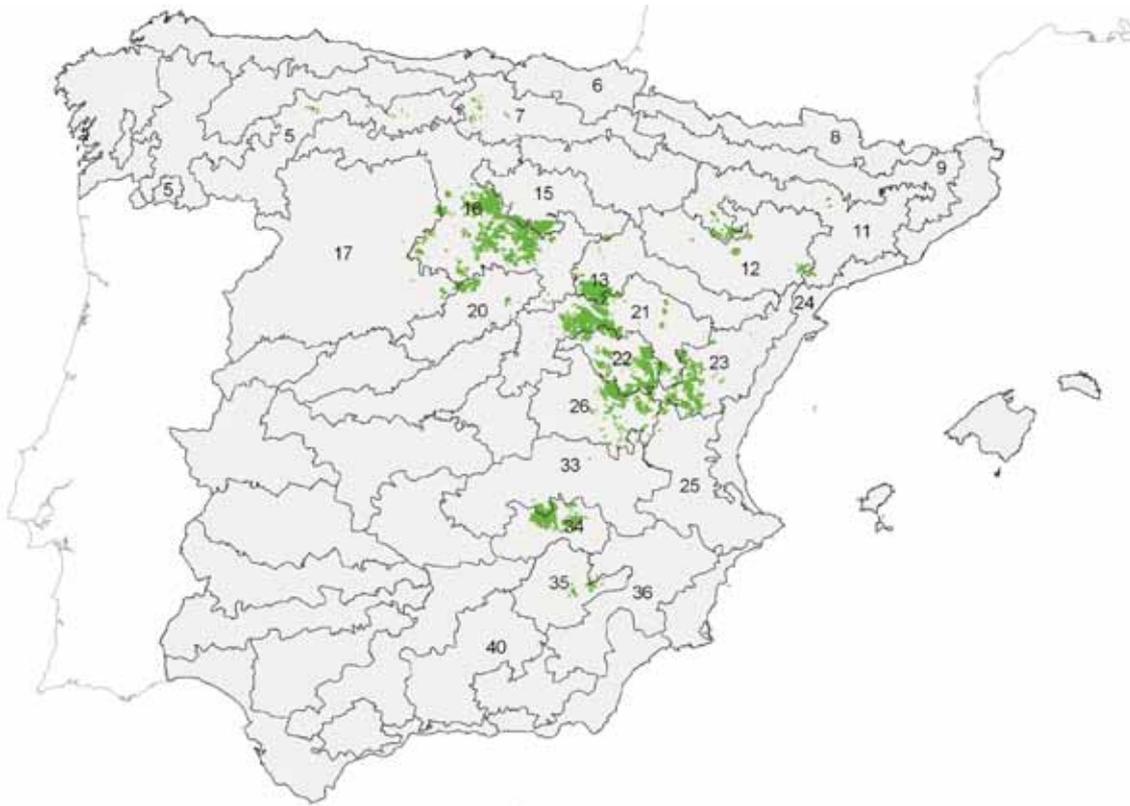


Figura 3. Distribución de *Juniperus thurifera* y Regiones de Procedencia de sus materiales de reproducción (Alía *et al.*, 2009).

ambientales abióticas de las regiones con presencia de *J. thurifera*.

En la actualidad, todos los materiales de base declarados son fuentes semilleras, las cuales se corresponden con las regiones de procedencia con presencia significativa de la especie. Cabe considerar que, dada la distribución en número y extensión de las fuentes semilleras según regiones, existe una cobertura adecuada para la consecución del material forestal de reproducción, todo él correspondiente a la categoría identificada que es la usualmente demandada. En todo caso, sería oportuno la declaración de fuentes semilleras en las regiones 7 y 12. Dado el carácter especializado que para ciertos viveros tiene el cultivo de las sabinas, no es infrecuente la obtención de semilla por parte de los propios viveristas, justificada por un mayor control de la recogida en orden a la obtención de

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

RP	Pres (%)	Altitud (m)			Precipitación (mm)		A (meses)	Temperatura (°C)			Osc (°C)	Hs (meses)	Tipo de suelo (FAO)
		Med	Max	Min	Anual	Estival		Med	MaxMC	MinMF			
4	0	1530	1530	1530	1365	146	0	7,4	22,9	-3,8	16	5,1	CMtu(100)
5	0,9	1372	1942	997	1143	132	0,5	7,7	24,5	-3,9	15,8	5,2	RK(43) CMtu(39) CMc(14)
6	0	437	629	127	1541	219	0	12	23,7	2,7	12,2	0	CMtu(50) CMc(33) LVx(17)
7	1,5	841	1136	464	809	126	0,9	10,4	26,2	-0,4	15,1	1,3	CMc(75) CMtu(20)
8	0,1	1233	2010	950	782	207	0	9	26,6	-4,4	17,1	5,1	CMtu(100)
9	0	1241	1360	1119	844	205	0	9,2	26,2	-4,7	18,8	5	CMtu(100)
11	2,6	478	1105	153	446	90	2,9	14	32	0,8	19,2	0,2	XEc(46) XEy(27) CMc(23)
12	2	320	552	41	386	73	3,7	14,7	32,7	1,2	19,6	0	XEy(46) CMc(34)
13	4,9	1124	1360	538	542	101	2,1	10,4	29,3	-2,4	17,7	3,8	CMc(84)
15	3,9	1120	1416	900	643	111	1,9	9,8	28,5	-2,6	17,7	4,1	CMtu(51) CMc(29) LVk(17)
16	25,7	983	1412	742	550	92	2,4	10,7	29,2	-1,6	17,5	3,1	CMc(52) CMg(25) FLe(12)
17	1,5	919	1114	696	500	79	2,8	11,4	29,9	-1	17,6	2,5	CMc(58) LVv(19) CMd(14)
20	2,3	1090	1703	676	685	93	2,3	11,1	29,3	-1,2	17,5	2,4	CMc(33) CMc(17) LVv(15) CMtu(11) FLe(11)
21	13,5	1144	1550	718	615	110	1,8	10,3	29,3	-2,6	17,6	4	CMc(80) CMc(14)

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			
22	12,5	1349	1795	913	731	122	1,5	9,6	27,9	-3	17,5	4,3	CMc(96)
23	9,4	1244	1869	551	567	128	1,2	10,9	27,9	-1,2	16,7	2,3	CMc(98)
24	0,1	525	835	45	587	89	2,4	14,7	28,6	3,3	15,3	0	CMc(100)
25	1,3	992	1449	432	548	105	2,4	13	30,6	0,5	17,7	0,3	CMc(99)
26	8,4	1145	1557	711	660	95	2,3	11,5	30	-1,3	18,5	2,5	CMc(92)
33	1,7	879	1008	432	482	60	3,5	13,6	33,4	0	19,9	0,3	LVk(45) CMc(44) FLe(11)
34	6,3	972	1108	817	508	58	3,6	13,3	33	-0,1	19,9	0,5	LVk(66) CMc(28)
35	1,2	1324	1951	922	585	85	2,6	11,9	30,1	-0,4	17,8	1,1	CMc(92)
36	0,3	1195	1445	990	541	81	2,7	12,5	30,4	0,3	17,8	0,2	CMc(100)
40	0,1	846	846	846	350	37	5,2	14,7	33,2	1,2	18,2	0	CMc(100)

semilla viable. En lo que respecta a las estaquillas para la obtención de planta con destino a repoblaciones y a las plantas mismas, se trataría, aún proviniendo de fuentes semilleras o rodales catalogados, de un material cuya comercialización no tendría cobertura legal, en tanto que la normativa actual no admite en la práctica la recogida de material para reproducción vegetativa en poblaciones naturales. Sólo cabría tal opción en el marco de actuaciones para la conservación de los recursos genéticos. Es una situación similar a la de la recogida de estaquillas de chopo de especies autóctonas en riberas y que, al igual que ésta, requiere el establecimiento de una normativa específica que salve la situación y que permita ofrecer un material con el máximo de garantías.

Se trata de una especie que en algunas Comunidades Autónomas tiene asignada alguna figura de protección. Así, en Aragón (D. 49/1995), las poblaciones de la Depresión del Ebro están consideradas como “De interés especial”. Igual catalogación tiene en Castilla-La Mancha (D. 200/2001), salvo las poblaciones de la provincia de Cuenca situadas al oeste del río Cabriel y las de la provincia de Guadalajara ubicadas al sur y al este de la autovía A-II, donde la especie está considerada como “De aprovechamiento regulado”. En las comunidades de Madrid (D. 18/1992) y Murcia (D. 50/2003) se la clasifica respectivamente como “Sensible a la alteración de su hábitat” y “Vulnerable”. Por último, la Comunidad Valenciana (D. 70/2009) considera “Hábitats protegidos” los bosques mediterráneos endémicos con presencia de *J. thurifera*. Respecto a la legislación sobre sanidad vegetal, es de hacer constar que los materiales de reproducción de *J. thurifera* no están afectados por la obligación de ir acompañados de un pasaporte fitosanitario en su tránsito y comercialización. Cabe mencionar que, según la Directiva 2000/29/CE, está prohibida la introducción en la Unión Europea de vegetales (excepto frutos y semillas) de *Juniperus* spp. procedentes de terceros países.

2.2. Técnicas de manejo y propagación

2.2.1. Semillas

La recolección de los gálbulos se hace en otoño, entre septiembre y noviembre, pudiendo, en caso de necesidad, prolongarse durante buena parte del invierno, dada la permanencia e indehiscencia de los frutos. No obstante, algunos autores (Llorente, 2001) recomiendan que la recogida se haga en la primera quincena de agosto, a efectos de minimizar los efectos producidos por los agentes bióticos que dañan a los frutos y semillas. En todo caso se deberá tener la precaución de no recolectar los frutos de un año de edad, de color verde claro a verde oscuro, en contraste con el color pardo-azulado o pardo rojizo de las arcéstidas maduras. Asimismo, antes de acometer la recolección es recomendable hacer una prueba de corte previa a fin de conocer la incidencia de daños debidos a plagas o enfermedades y determinar el porcentaje de frutos vacíos y de semillas vanas, pues es frecuente que haya grandes diferencias al respecto entre los distintos pies. La recolección de los frutos debe hacerse a mano, con la ayuda de banquetas o escaleras para acceder a las ramas. Debe proibirse el vareo por la pérdida de frutos de un año que conlleva. Tras la recogida se eliminan mediante aventado y cribado las hojas, restos de ramas y frutos de desarrollo incompleto o abortado. Es importante evitar que los frutos sufran un recalentamiento durante su almacenaje transitorio previo a la extracción, debiendo abordarse ésta lo antes posible.

La extracción de la semilla se realiza mediante despulpado por maceración con una batidora. Dada la gran dureza de la cubierta seminal no es de temer que se produzcan roturas de las semillas. Al objeto de facilitar esta operación y dado el carácter resinoso de los frutos resulta oportuno dejar éstos previamente en remojo durante 2-3 días en agua con lejía diluida al 1% (García-Fayos, 2008). Esta operación se hace especialmente necesaria en caso de que los frutos se encuentren muy secos. Tras la trituración, la pulpa y parte de las semillas vanas y abortadas que constituyen la fracción flotante se pueden retirar por decantación, completándose la separación previa con la ayuda de una criba adecuada y agua a presión. La selección de las semillas llenas se puede realizar mediante flotación en una solución de 250-290 g NaCl l⁻¹ de agua (Prada *et al.*, 2006) o de ácido sulfúrico diluido al 20-25% (en volumen) (Serrano y Calderón, 2009). Dada la variabilidad en densidad de las semillas según lotes, se hace necesario ajustar la concentración de la solución en cada caso. En tal sentido, el ácido sulfúrico presenta la ventaja de permitir un ajuste más fino que otras sustancias, si bien la peligrosidad de su uso supone un factor en contra a considerar. Posteriormente se procede al secado. En caso de que hubieran quedado adheridos a la semilla restos de pulpa, se procedería a provocar su desprendimiento por frotación y a su eliminación por cribado o aventado. Resulta evidente la necesidad de realizar ensayos al corte durante el proceso de acondicionamiento al objeto de conocer el nivel de calidad alcanzado y determinar la oportunidad de nuevas operaciones de acondicionamiento. Se trata de semillas ortodoxas en cuanto a su posibilidad de conservación. De procederse al almacenaje de la semilla, su contenido de humedad deberá ser del 6-8%. La conservación se hará en recipientes herméticos, a una temperatura entre 3 y 4 °C. De esta manera cabe mantener su capacidad germinativa al menos cuatro o cinco años.

La germinación de la sabina albar resulta especialmente problemática. Sus semillas presentan un letargo externo debido a la impermeabilidad y dureza de la cubierta y otro interno de tipo fisiológico, por lo que es necesario la aplicación de tratamientos pregerminativos, siendo numerosos los propuestos (Navarro Cerrillo y Gálvez, 2001), aunque su efectividad es incierta. El letargo debido a la cubierta de la semilla puede ser eliminado mediante un tratamiento de escarificación, que cabe realizarlo de dos maneras:

- Escarificación con ácido sulfúrico concentrado (95-97%) durante 30-60 minutos a temperatura ambiente, con un sistema de agitación continuo y posterior eliminación de los tejidos necrosados mediante agua corriente, lo cual puede resultar problemático. Además de la peligrosidad que conlleva el manejo del ácido, se pueden dañar muchas semillas (García-Fayos, 2008; García *et al.*, 2009).
- Escarificación mecánica mediante algún sistema abrasivo. Presenta el problema de la homogeneidad en su aplicación.

Dada la variación en el tamaño de las semillas, puede resultar conveniente hacer una separación previa en sublotos según tamaño y regular en función de éste la duración/intensidad de los tratamientos citados.

La ruptura del letargo interno cabe hacerla mediante una doble estratificación (Herrero, 1959; Catalán, 1991), esto es, con una estratificación caliente a una temperatura en torno a 20 °C durante 2-6 meses seguida de una estratificación fría a 3-5 °C durante 2-4 meses. El tratamiento con calor húmedo contribuirá, asimismo, a superar el letargo mecánico debido a la resistencia que ofrece la cubierta a la expansión del embrión, al favorecer

la apertura de la testa. Algunos autores proponen como alternativa a la estratificación caliente la aplicación de ciclos de humectado/secado (García Fayos *et al.*, 2006). Para ello, las semillas se disponen en una bandeja no muy profunda entre dos capas de arena de sílice de pequeña granulometría, humedecida a saturación y se dejan descubiertas para su secado a una temperatura entre 10 y 20 °C, sin sobrepasar nunca los 22-25 °C. Una vez las bandejas están bien secas se vuelven a humectar a saturación y después se someten a otro ciclo de secado. El número de ciclos propuestos varía entre 4 y 6. No se tiene constancia de descripción de tratamientos sin medio o con inoculación microbiana. En cuanto a las condiciones de germinación, Melero y García Fayos (2001) proponen una alternancia térmica de 5-15 °C, según un ciclo de fotoperiodo de 12-12 h (oscuridad-luz). La especie *J. thurifera* no está contemplada en las reglas de la ISTA. Dado la irregularidad cualitativa de los lotes de semilla (Tabla 2) y la larga duración de los tratamientos aplicables, resulta oportuna la realización de ensayos colorimétricos que ofrezcan una estimación rápida de la viabilidad de las semillas. En el caso del ensayo colorimétrico al tetrazolio se ha comprobado que el corte más eficaz, de los propuestos por la ISTA (2011), para favorecer la tinción de la semilla es el que se ejecuta transversalmente a ambos extremos de la semilla abriendo la cavidad embrional (Serrano y Calderón, 2009). Asimismo, para la

Tabla 2. Datos característicos de lotes de semillas de *Juniperus thurifera*.

Rendimiento semilla/fruto (% en peso)	Pureza (%)	Facultad germinativa (%)	Nº semillas kg ⁻¹	Referencia
			29.682-36.215	García-Fayos (2001)
9	99-100	20-68 ⁽¹⁾		Navarro y Gálvez (2001)
2,7-9,3	97-100	59-80 ⁽¹⁾	24.000-36.500	Banc de Llavors Forestals (Anexo II)
9-15	95-100	10-50	25.000-32.000-40.000	CNRGF <i>El Serranillo</i> (Anexo III)
12-19	89-100		30.000-48.000	Vivero Central JCyL (Anexo IV)

⁽¹⁾ Ensayos al tetrazolio

concentración de 1% de la sal de tetrazolio, resulta recomendable aumentar el tiempo de tinción (hasta 48 horas) o hacer el ensayo a alta temperatura de reacción (≥ 30 °C).

En algunos viveros se opta por siembras otoñales con semilla recolectada tempranamente, que se mantienen hasta la germinación, que ocurrirá de forma mayoritaria en la segunda y tercera primavera, de acuerdo con su patrón natural. La germinación es epigea. La plántula mide 3-4 cm con cuatro-seis cotiledones aciculares y con hojas juveniles verticiladas por tres (Navarro Cerrillo y Gálvez, 2001).

2.2.2. Vegetativa

La sabina albar se puede propagar vegetativamente, aunque con cierta dificultad, mediante estaquillado, injerto (sobre especies afines, como *Juniperus virginiana*) y acodo. Según los estudios realizados (Ruiz del Castillo *et al.*, 1999; Llorente, 2001; Llorente y Alonso, 2006) el procedimiento de enraizado recomendado es mediante calor basal y usando

estaquilla con hojas de tipo acicular (característica de individuos jóvenes), de entre 10 y 15 cm de longitud, en las que se eliminan las dos terceras partes de las hojas y se practica, de acuerdo con el método de lesionado descrito por Edwards y Thomas (1979), una eliminación parcial del estrato de esclerenquima, tratándose con ácido indolbutírico (AIB) a una concentración 10.000 ppm, si bien los resultados al respecto no han sido del todo definitivos. El material a utilizar se recolecta durante la parada vegetativa del árbol (diciembre-enero). La presencia de madera del año anterior o sólo del último año en la estaquilla y el sexo de la planta madre no parece que tengan influencia en la capacidad de emisión de raíces, si bien, este resultado puede estar enmascarado por el comprobado descenso ligado a la edad de la planta donante (Llorente, 2001; Llorente y Alonso, 2006).

También se ha observado que la capacidad de enraizamiento tiene un gran componente genético (Llorente y Alonso, 2006), por lo que la selección de individuos con el objetivo de establecer un eventual campo de plantas madre debería tener en cuenta de forma inexcusable tal circunstancia.

3. Producción de plantas

Se trata de una especie cuyo cultivo sólo se ha abordado desde época reciente, por lo que los conocimientos que se tienen al respecto, a pesar del creciente interés, no son muy extensos.

Aunque, dadas sus características, cabría su cultivo a raíz desnuda (Brieva, 1998), la producción actual de planta de esta especie se realiza en contenedor, no siendo preciso fijar muchas limitaciones en cuanto a la ubicación geográfica del vivero. Dada la problemática de su germinación y la posible incertidumbre en cuanto a su nascencia, se recomienda que la siembra se haga en bandejas semilleros de donde se trasplantarán las plantitas al cabo de una semana de nacer al alveolo de cultivo definitivo. Tal operación supone un coste adicional, pero permite un mejor manejo del cultivo y un mejor aprovechamiento del espacio en el vivero. La operación de repicado no ofrece ninguna dificultad, siempre y cuando se haga antes de que la raíz emitida supere los 8-10 cm de longitud.

Aunque es una realidad la producción en envase de sabinas de una savia (Poblador-Soler, 2000), la experiencia recogida en los últimos años muestra que con tal duración de cultivo no existe la garantía de obtener un cepellón consolidado y resistente al manejo ni de alcanzar un tamaño de planta adecuado (Gil *et al.*, 2006), ni siquiera cuando se utilizan envases de 200 cm³ y regímenes de fertilización elevados (Villar-Salvador *et al.*, 2005; Martínez, 2006). Sin embargo, algunos resultados preliminares con otros *Juniperus* (Benito-Matías, 2006) apuntan la posibilidad de producir planta viable de una savia mediante una anticipación y ampliación del cultivo, asegurando la nascencia durante el otoño y el crecimiento invernal mediante el control de las condiciones ambientales (cultivo en invernadero). Ello requeriría un dominio en el tratamiento de las semillas a fin de asegurar que estén listas para germinar en la época señalada, además de disponer de instalaciones adecuadas.

La recomendación inicial es producir la planta en alvéolos de 200-300 cm³ de capacidad y 15-17 cm de profundidad, a densidades inferiores a 500 plantas m⁻². En ensayos realizados

se ha comprobado que, al término del cultivo de dos años en vivero, el volumen del contenedor (200 *versus* 300 cm³) no supuso una influencia relevante en la morfología de la planta producida, salvo quizá en el diámetro, y no tuvo significación en la emisión de nuevas raíces ni en la supervivencia y crecimiento en campo (Martínez, 2006) (Fig.



Figuras 4 a y b. Planta de *Juniperus thurifera* de dos savias (izquierda) producida en alveolo de 300 cm³ y de tres savias (derecha) cultivada durante los dos primeros años en el mismo tipo de alveolo y trasplantada a envase de 1 litro para su tercer año de cultivo (Fotos: CNRGF *El Serranillo*).

4). Tal tendencia se mantuvo en el segundo año. Por ello, aún siendo algo ventajoso el envase de 300 cm³ (menos marras, mayor crecimiento), puede resultar lógico plantearse su empleo respecto al de 200 cm³ por el sobrecoste que conlleva.

Como medio de cultivo se vienen empleando sustratos formulados mayoritariamente con turba, vermiculita y fibra de coco, con proporciones, en caso de mezcla, del tipo 80-20 (turba y vermiculita) y 40-40-20 (turba, fibra de coco y vermiculita).

La sabina albar es una especie de crecimiento relativamente lento en su estado juvenil y que resulta dependiente del aporte exterior de nutrientes durante su desarrollo en vivero, por lo que es necesaria una fertilización adecuada a lo largo de su cultivo. Se ha comprobado que la fertilización aumenta significativamente el tamaño de las plantas cultivadas, al promover su crecimiento en diámetro, altura y masa aérea, generando una mayor asignación de masa a la parte aérea con respecto a la radical, a la vez que incrementa la concentración de nutrientes en los tejidos. Ello propicia mayor tasa fotosintética y

favorece el crecimiento radical, posibilitando sistemas radicales más desarrollados.

También se ha observado, en ensayos de campo, que las plantas con niveles de fertilización medio-alto presentan mejores estados hídricos y que el crecimiento de los brinzales es mayor cuanto más fertilizados están (mayor talla inicial), si bien, no se detectó ningún efecto de la fertilización sobre la supervivencia, siempre superior al 80% en los casos estudiados (Villar-Salvador *et al.*, 2005; Martínez, 2006). Asimismo se ha observado que ni el volumen del contenedor ni la fertilización influyen en la resistencia al frío de los brinzales de sabina ni en su eficiencia de uso del agua (Villar-Salvador *et al.*, 2005; Martínez, 2006). Cabe concluir que, dado el efecto beneficioso de la fertilización sobre el tamaño y crecimiento de la planta y la ausencia de efectos negativos sobre su resistencia a la sequía o la helada, resulta oportuno aplicar dosis de fertilización de medias a altas. Así, se puede establecer que el aporte de N al final del cultivo debería ser 100-150 mg planta⁻¹, el de P rondaría los 30-40 mg planta⁻¹ y el de K 75-140 mg planta⁻¹. Dada la necesidad de mantener el aporte de nutrientes a lo largo del cultivo, se recomienda el uso de sistemas de fertirrigación en combinación o no con el aporte inicial de abono de liberación lenta. En el caso de que se opte por fertilizantes de liberación controlada, se recomiendan dosis, según el tamaño de contenedor elegido, de 2-3,5 g l⁻¹, en formulaciones NPK de 16-10-20 ó 18-10-11. De no emplearse, es recomendable la utilización de sustratos fertilizados de origen. Es importante resaltar que en todo programa de fertirrigación se deben tener en cuenta las necesidades en micronutrientes (Fe, Cu, S, etc.) de las plantas y aportarlos si no están incluidos en la composición original del fertilizante.

En resumen y de acuerdo con la información disponible, el cultivo en vivero que minimiza gastos y maximiza supervivencia y crecimiento es el realizado en contenedores de 200 cm³ con un aporte de 70-100 mg de N al año por planta. Por su parte, el programa de reforestación de tierras agrarias de Castilla y León establece como condición para la concesión de subvención que la planta de *J. thurifera* sea de dos o tres savias y esté cultivada en un envase de al menos 300 cm³ de capacidad.

Dada la duración del cultivo deberá tenerse en cuenta la degradación del material de fabricación de los contenedores y utilizarse sustratos de materiales orgánicos de muy baja descomposición inicial (escala de Von Post entre 1 y 3). También resulta especialmente importante, dada la lentitud de su crecimiento, el mantener a los brinzales libres de competencia herbácea durante las primeras fases del cultivo, pues de lo contrario se comprometería seriamente el desarrollo de la planta. Dado su carácter heliófilo no se considera necesario el establecimiento de dispositivos de sombreado. Son especialmente resistentes al frío, por lo que no presentan ningún inconveniente en cuanto a su almacenamiento. Las plantas de sabina no parecen ser muy susceptibles a ataques de patógenos y de plagas. Forma endomicorizas, principalmente con especies de *Glomus* spp. No hay datos sobre su influencia durante su cultivo en vivero, aunque es de suponer que favorecen la asimilación de los nutrientes aplicados en los programas de fertilización.

La normativa estatal relativa a comercialización de materiales forestales de reproducción (RD. 289/03) no establece para la planta de sabina limitaciones en cuanto a edad y dimensiones, siéndole sólo de aplicación, por tratarse de una especie a emplear en regiones mediterráneas, la tabla de defectos que la inhabilitarían como de calidad cabal

y comercial (AnexoVII, Parte E, 1). El crecimiento de las sabinas en campo se asocia positivamente con la talla inicial de los brinzales y con la capacidad de formación de nuevas raíces (Martínez, 2006). Otras variables de vivero como la concentración de N y de P o la masa radical también se relacionan directamente con el desarrollo en campo. Una variable que merece una atención especial en esta especie es la relación entre la masa aérea y la radical, que claramente indica que el desarrollo excesivo del sistema radical en vivero con respecto a la parte aérea puede ir en detrimento del crecimiento posterior en campo. En la Tabla 3 se recogen las características morfológicas y la concentración de nutrientes habituales y recomendadas para plantones de dos savias de *J. thurifera*. Los valores e índices morfológicos de la planta de dos savias dispuesta en ensayos de campo en los que los porcentajes de supervivencia y niveles de crecimiento han sido aceptables (Jiménez *et al.*, 2005; Martínez, 2006), son bastante similares y siempre mayores que los fijados en la bibliografía para brinzales de una savia de *Olea europaea* y

Tabla 3. Valores de atributos morfológicos y de concentración de nutrientes (media \pm desviación típica, en su caso) en brinzales de *Juniperus thurifera* (Villar-Salvador, com. pers.; Martínez, 2006).

Atributo	Valores de referencia	Valores recomendados	Valores mínimos recomendados
Atributos morfológicos			
Altura (cm)	14 \pm 4,7	18	11
Diámetro del cuello de la raíz (mm)	3,3 \pm 0,58	3,8	3,3
Peso seco aéreo - PA (g)	2,8 \pm 1,2	4,1	2,5
Peso seco radical - PR (g)	1,9 \pm 0,6	2,4	1,9
Peso seco total (g)	4,7 \pm 1,8	6,5	4,4
PA/PR	1,5 \pm 0,25	1,8	1,4
Esbeltez (cm mm ⁻¹)	4,2 \pm 10	4,7	3,4
Atributos fisiológicos			
N parte aérea (%)	1,1 \pm 0,16	1,3	1,0
P parte aérea (%)	0,12 \pm 0,02	0,14	0,12
K parte aérea (%)	0,71 \pm 0,07	0,75	0,6
N raíz (%)	1,0 \pm 0,21	1,2	1,0
P raíz (%)	0,095 \pm 0,02	0,11	0,09
K raíz (%)	0,15 \pm 0,02	0,16	0,13

Pinus halepensis. También cabe señalar que no se encontró correlación significativa entre la biomasa radical y otros parámetros morfológicos, dado que numerosas plantas tienen similar diámetro del cuello de la raíz, altura, etc., aún siendo muy variable su sistema radical en cuanto a biomasa.

4. Uso en repoblaciones y restauraciones

La sabina albar ha tenido un uso muy limitado en la reforestación debido, por una parte, a la reducida oferta viverística a causa de la dificultad de su producción y de la duración de su cultivo y, por otra parte, al desconocimiento de su comportamiento en campo. Ello ha hecho que, a pesar de estar subvencionada, haya quedado relegada frente a otras especies, como la encina y el pino carrasco, mucho más asequibles y familiares al repoblador. No obstante, su potencialidad ha hecho que se suscite un creciente interés por su uso, lo que se ha traducido en la aparición de trabajos de investigación relativos a su germinación, cultivo y empleo en repoblaciones, prácticamente inéditos hasta fecha reciente.

Se trata de una especie con una gran potencial, en particular en la forestación de cultivos situados en zonas de escasa productividad por condiciones climáticas adversas o limitantes o por la pobreza y escasez del suelo y que están abocados al abandono. También puede utilizarse en la recuperación y densificación de sabinares con escasa regeneración natural o en zonas de suelos muy degradados que habitualmente se revegetan con otras especies arbóreas. Además, puede vivir en suelos muy variados. En las experiencias realizadas en diferentes zonas de su área de distribución se ha comprobado que es una alternativa a los pinos y a las quercíneas, a los que de forma general supera en supervivencia (por lo general superior al 70%), en menor incidencia de plagas y en mayores crecimientos en biomasa aérea (Orozco y del Pozo, 1994; Jiménez *et al.*, 2005; García Morote *et al.*, 2006; Gil *et al.*, 2006; Ripoll *et al.*, 2006). Su empleo, bien como especie principal o en mezcla, tendría un carácter protector al procurar una cobertura aceptable, sin olvidar otros, como su carácter benefactor en la generación de pastos, hongos comestibles y alimento para el ganado y la fauna.

Aún así, no son muchas las repoblaciones realizadas con sabina albar como especie principal (García Morote *et al.*, 2006), aún cuando en algunas Comunidades Autónomas está incluida en sus catálogos de especies o hábitats protegidos.

5. Planificación de la repoblación

Como se ha comentado, de forma general se utiliza planta de dos o tres savias cultivada en contenedor de 200-300 cm³ de capacidad, cuyo cepellón esté adecuadamente cohesionado. En cuanto a la época de plantación se recomienda finales de febrero y marzo.

Los métodos de laboreo contemplados en el programa de forestación de tierras agrarias de Castilla y León son el subsolado lineal, las fajas subsoladas (pendiente < 10%), el doble subsolado (pendiente 10-30%) y el ahoyado mecanizado (pendientes > 30%), recomendándose su ejecución antes de las lluvias otoño-invernales. En el caso de terrenos agrícolas abandonados puede ser recomendable la aplicación de algún herbicida sistémico, como el glifosato, para prevenir la invasión de herbáceas una vez realizada la plantación.

En principio, los diseños de plantación presentan marcos regulares con densidades de instalación de 1.100 pies ha⁻¹, que cabría reducir con relativa seguridad a 800 pies ha⁻¹. (Gil *et al.*, 2006) (Fig. 5). El objetivo último sería obtener densidades finales de 120-250 pies ha⁻¹. Sin embargo, dado que las estaciones recomendadas para esta especie van a

coincidir con terrenos rocosos, duros y difíciles de trabajar, resulta frecuente la renuncia a la regularidad de la plantación.



Figura 5. Planta de *Juniperus thurifera* a los siete años de su plantación en un terreno agrícola abandonado, en Guadalajara (Foto: P. Villar).

Respecto a la protección de los brinzales frente a la depredación por herbívoros, aunque se ha apuntado que el ramoneo puede diezmar los pies juveniles de sabina, lo que se ha constatado es que la acción del ganado tiene un efecto insignificante sobre la supervivencia de las plántulas. Quizá este efecto pueda ser mayor en individuos de mayor edad, con hojas no punzantes, o en años de extrema sequía.

Por otra parte, en un ensayo sobre la evaluación de la respuesta en campo, en condiciones mediterráneas semiáridas, de brinzales de sabina albar protegidos por tubos invernadero se concluyó que su empleo no supone ninguna ventaja adicional e incluso puede tener efectos negativos (Jiménez *et al.*, 2005). En tales condiciones ambientales adversas, con grandes fluctuaciones térmicas e hídricas, tanto diarias como estacionales, la supervivencia (>75%) no se vio afectada por la presencia o ausencia de protectores y se constató una desproporción en la biomasa aérea de las plantas en ellas instalados (menor diámetro

y mayor altura, aunque similar superficie foliar), lo que podría acarrear problemas de estabilidad. Por todo ello, no se recomiendan medidas especiales para la protección de las plántulas.

Si bien las repoblaciones de sabina con planta de dos savias suelen presentar bajos porcentajes de marras (inferiores al 30%), se tiene el conocimiento de algunas actuaciones que presentan bajas tasas de supervivencia, donde la causa principal de mortalidad fue el estrés hídrico. Así, en una experiencia desarrollada por el Centro de Investigaciones sobre Desertificación se ha comprobado que, en el primer año, el riego estival reduce la mortalidad de los brinzales de forma significativa, siendo moderado el efecto de su aplicación en el segundo. Por ello, y siempre que los recursos lo permitan, cabría contemplar la aplicación de riegos durante el primer verano en zonas climáticamente muy desfavorables.

Aunque las zonas susceptibles de empleo de la sabina no son propicias a la aparición de abundante vegetación competidora, en tierras agrarias abandonadas puede ser recomendable eliminar la competencia de las especies herbáceas durante los primeros años de instalación, mediante, por ejemplo, el uso de herbicidas, que se aplicarían en un círculo de 1 m de radio alrededor de los plantones. En tal sentido, una aplicación con oxifluorfen 24% p/v al final del invierno, durante los primeros dos años, puede ser suficiente para el correcto desarrollo de las plantas. Dada la frecuente pedregosidad de los terrenos a repoblar no suelen aplicarse laboreos tras la plantación. Se recomienda sustituir las marras ocurridas en el primer verano, que en general no suelen ser excesivas. Por último, señalar que se trata de una especie en la que se ha constatado una escasa incidencia de plagas en sus etapas juveniles.

6. Bibliografía

- ADAMS R.P., 2004. *Junipers of the World: The genus Juniperus*. Trafford Publishing Co., Vancouver, Canada.
- 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. 141-144.
- ALONSO PONCE R., SANCHEZ PALOMARES O., 2006. Los suelos de los enebrales de *Juniperus thurifera*, L. En: Actas del III Coloquio Internacional sobre sabinas y enebrales (género *Juniperus*). Tomo I. pp. 35-44.
- ALONSO PONCE R., SÁNCHEZ PALOMARES O., ROIG GÓMEZ S., LÓPEZ SENESPLEDA E., GANDULLO GUTIÉRREZ J.M., 2010. Las estaciones ecológicas actuales y potenciales de los sabinas albares españoles. INIA, Madrid.
- AMARAL FRANCO J., 1986. *Juniperus* L. En: Flora iberica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares. Vol I. *Lycopodiaceae - Papaveraceae*. (Castroviejo S., Laínz M., López González G., Montserrat P., Muñoz Garmendia F., Paiva J., Villar L., eds.). Real Jardín Botánico, Madrid. pp. 181-188.
- BARAZA E., ZAMORA R., HODAR J.A., 2006. Conditional outcomes in plant-herbivore interactions: neighbours matter. *Oikos* 113, 148-156.
- BENITO-MATÍAS L.F., PEÑUELAS RUBIRA J.L., VILLAR P., HERRERO N., PUÉRTOLAS J., NICOLÁS J.L., 2006. Utilidad de las luces de alargamiento del fotoperiodo y el cultivo en invernadero sobre el desarrollo en campo de brinzales de *Juniperus phoenicea*. En: Actas del III Coloquio Internacional sobre sabinas y enebrales (género *Juniperus*). Tomo II. pp. 259-264.

- BLANCO E., CASADO M.A., COSTA M., ESCRIBANO R., GARCÍA-ANTÓN M., GÉNOVA M., GÓMEZ-MANZANEQUE A., GÓMEZ-MANZANEQUE F., MORENO J.C., MORLA C., REGATO P., SAINZ-OLLERO H., 1997. Los bosques ibéricos. Una interpretación geobotánica. Ed. Planeta, Barcelona. pp. 309-344.
- BRIEVA A., 1998. Estudio de la viabilidad de las distintas especies y métodos utilizados para la forestación de zonas áridas en la provincia de Soria. Proyecto fin de carrera. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. Universidad Politécnica de Madrid.
- CATALÁN G., 1991. Semillas de árboles y arbustos forestales. Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid. pp. 227-229.
- EDWARDS R.A., THOMAS M.B., 1979. Observations on physical barriers to root formation in cuttings. *The Plant Propagator* 25, 6-8.
- GARCÍA D., ORTIZ-PULIDO R., 2004. Patterns of resource tracking by avian frugivores at multiple spatial scales: two case studies on discordance among scales. *Ecography* 27, 187-196.
- GARCÍA M.D., DE PEDRO M.A., VERDE N., 2009 Estudio de viabilidad y tratamientos de germinación de semillas de *Juniperus thurifera* L. en tres localidades de la provincia de Soria. En: Actas del 5 Congreso Forestal Español. [cd-rom]. (Sociedad Española de Ciencias Forestales, Junta de Castilla y León, eds.). Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- GARCÍA DEL BARRIO J.M., DE MIGUEL J., ALÍA R., IGLESIAS S., 2001. Regiones de identificación y utilización del material forestal de reproducción. Serie cartográfica, Ministerio de Medio Ambiente.
- 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. 21.
- GARCIA-FAYOS P., SAINZ P., MELERO J., 2008 Germinación de *Juniperus thurifera*. Centro de Investigación sobre desertificación (CIDE). Inédito.
- GARCÍA MOROTE F.A., LÓPEZ SERRANO F.R., DEL CERRO A., ANDRÉS M., LUCAS BORJA M., 2006. Ensayos de regeneración artificial de *Juniperus thurifera* L. en tres sitios de Castilla-La Mancha. En: Actas del III Coloquio Internacional sobre sabinares y enebrales (género *Juniperus*). Tomo II. pp. 47-55.
- GIL A., BARRIO J.M., PEÑA M., BARREÑADA E., CISNEROS O., LLORENTE R., VAQUERO E., 2006. Resultados de la plantación de *Juniperus thurifera* L. en terrenos agrarios de Soria (España). En: Actas del III Coloquio Internacional sobre sabinares y enebrales (género *Juniperus*). Tomo II. pp. 57-63.
- HERRERO J., 1959. Ensayos sobre propagación de *Juniperus thurifera* L. Anales Estación Exp. *Aula Dei* (Zaragoza) 6, 94-105.
- ISTA (International Seed Testing Association), 2011. International rules for seed testing. Edition 2011. ISTA, Bassersdorf, Switzerland.
- JIMÉNEZ M.N., NAVARRO F.B., RIPOLL M.A., BOCIO I., DE SIMÓN E., 2005. Effect of shelter tubes on establishment and growth of *Juniperus thurifera* L. (*Cupressaceae*) seedlings in Mediterranean semi-arid environment. *Ann. For. Sci.* 62, 717-724.
- JORDANO P., 1993. Geographical ecology and variation of plant-seed disperser interactions: southern Spanish junipers and frugivorous thrushes. *Vegetatio* 107-108, 87-104.
- LÓPEZ GONZÁLEZ G.A., 2001. Los árboles y arbustos de la Península Ibérica e Islas Baleares. Tomo I. Ed. Mundi-Prensa, Madrid. pp. 270-272.
- LLORENTE CARNICERO R., 2001. Mejora de la reproducción artificial de *Juniperus thurifera* L., variación anual de la calidad de la semilla y primera elección de óptimos productores de estaquilla en la provincia de Soria. Proyecto fin de carrera. Escuela Universitaria de Ingenierías Agrarias de Soria. Universidad de Valladolid.
- LLORENTE CARNICERO R., ALONSO PONCE R., 2006. Primera elección de óptimos productores de estaquilla de *Juniperus thurifera* L. en la provincia de Soria (España). En: Actas del III Coloquio Internacional sobre sabinares y enebrales (género *Juniperus*). Tomo II. pp. 249-257.

- MARTÍNEZ SANZ A., 2006. Estudio del efecto del volumen del contenedor y la fertilización en vivero sobre la calidad de planta y el establecimiento de los brinzales de *Juniperus thurifera* L. Proyecto fin de carrera. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Forestal. Universidad Politécnica de Madrid.
- MELERO J.P., GARCÍA-FAYOS P., 2001. Protocolos de germinación de semillas de sabina albar (*Juniperus thurifera*) y sabina rastrera (*J. sabina*). En: Actas del III Congreso Forestal Español (Sociedad Española de Ciencias Forestales, Junta de Andalucía, eds.). Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- MONTESINOS D., 2007 a. *Juniperus thurifera* es una especie dioica, vecera y relicta. Ecosistemas 169-182.
- MONTESINOS D., 2007 b. *Resource availability and reproductive efficacy of the dioecious tree Juniperus thurifera. (Dissertation Thesis)*. Universitat de València, Valencia.
- MONTESINOS D., DE LUÍS M., VERDÚ M., RAVENTÓS J., GARCÍA-FAYOS P., 2006. When, how and how much: gender-specific resource use strategies in the dioecious tree *Juniperus thurifera*. Ann. Bot. 98, 885-889.
- MONTESINOS D., VERDÚ M., GARCÍA-FAYOS P., 2007. Moms are better nurses than dads: sex biased self-facilitation in a dioecious juniper tree. J. Veg. Sci. 18, 271-280.
- MONTESINOS D., GARCÍA-FAYOS P., VERDÚ M., 2010. Relictual distribution reaches the top: elevation constrains fertility and leaf longevity in *Juniperus thurifera*. Acta Oecol. 36, 120-125.
- NAVARRO CERRILLO R.M., GÁLVEZ C., 2001. Manual para la identificación y reproducción de semillas de especies vegetales autóctonas de Andalucía. Consejería de Medio Ambiente. Sevilla. Tomo I. pp. 206-208.
- OLANO J.M., ROZAS V., ZAVALA M.A., SANZ A., YAGÜE L., RUIZ P., PINILLOS F., 2009. El abandono del manejo tradicional aumenta la diversidad arbórea en los sabinars albares. En: Actas del 5 Congreso Forestal Español. [cd-rom]. (Sociedad Española de Ciencias Forestales, Junta de Castilla y León, eds.). Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- OROZCO BAYO E., DEL POZO GARNICA E., 1994. Obtención de planta de sabina albar (*Juniperus thurifera* L.) en vivero. Montes 35, 41-42.
- POBLADOR-SOLER A., 2000. La multiplication de la sabina albar (*Juniperus thurifera* L.) en pépinière et sa plantation en montagne. ONF-Les dossiers forestiers 6, 140-143.
- PRADA SÁEZ M.A., CAMPOS FUSTER E., CERDÁN MARTÍNEZ V., GARCÍA MARTÍ X., PICHER MORELLÓ M.C., FERRER GALLEGÓ P., 2006. Conservación y producción de semillas de *Juniperus* L. en el Banco de Semillas Forestales de la Generalitat Valenciana. En: Actas del III Coloquio Internacional sobre sabinars y enebrales (género *Juniperus*). Tomo I. pp. 475-481.
- RIPOLL M.A., NAVARRO F.B., JIMÉNEZ M.N., DE SIMÓN E., GALLEGÓ E., 2006. Evaluación de la supervivencia, crecimiento aéreo, biomasa aérea y radical de *Quercus ilex* L subsp. *ballota* (Desf.) Samp., *Pinus halepensis* Mill. y *Juniperus thurifera* L. en condiciones mediterráneas limitantes: aplicación a la forestación de tierras agrarias. En: Actas del III Coloquio Internacional sobre sabinars y enebrales (género *Juniperus*). Tomo II. pp. 37-46.
- ROMO A., BORATIYNSKI A., 2007. Nomenclatural note on *Juniperus thurifera* subsp. *africana* (*Cupressaceae*). Ann. Bot. Fennica 44, 72-75.
- ROQUES A., RAIMBAULT J.P., GOUSSARD F., 1984. La colonisation des cônes et galbules des genévriers méditerranéens par les insectes et acariens et son influence sur les possibilités de régénération naturelle de ces essences. Ecol. Mediterranea 10, 147-169.
- RUIZ DEL CASTILLO J., FERNANDEZ-GALIANO E., GARCÍA MARTÍN J.L., DE ARANA C., GARCIA-VALDECANTOS J.L., MAURI P.V., 1999. Productores óptimos de estaquilla de *Juniperus thurifera* para la reproducción agámica. Ensayos preliminares. En: Actes du colloque «Genévrier thurifère». Marignac (Haute-Garonne). ONF-Les Dossiers Forestiers 6, 148-155.
- RUIZ DE LA TORRE J., 2006. Flora Mayor. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Dirección General para la Biodiversidad, Madrid. pp. 83-90.

SANTOS T., TELLERÍA J.L., 1994. Influence of forest fragmentation on seed consumption and dispersal of Spanish Juniper (*Juniperus thurifera*). *Biol. Conserv.* 70, 129-134.

SANTOS T., TELLERÍA J.L., VIRGÓS E., 1999. Dispersal of Spanish juniper *Juniperus thurifera* by birds and mammals in a fragmented landscape. *Ecography* 22, 193-204.

SERRANO ANTOLÍN A., CALDERÓN GUERRERO C., 2009. Ensayos de germinación por flotación y colorimetría al tetrazolio de *Juniperus thurifera* L. y *Juniperus oxycedrus* L. En: Actas del 5 Congreso Forestal Español. [cd-rom]. (Sociedad Española de Ciencias Forestales, Junta de Castilla y León, eds.). Disponible en: <http://congresoforestal.es>

VILLAR-SALVADOR P., PUÉRTOLAS J., PLANELLES R., PEÑUELAS RUBIRA J.L., 2005. Effect of nitrogen fertilization in the nursery on the drought and frost resistance of Mediterranean forest species. *Invest. Agr.: Sist. Recur. For.* 14, 408-418.

ZAMORA R., 1990. The fruit diet of ring-ouzel (*Turdus torquatus*) wintering in the Sierra Nevada (South-East Spain.). *Alauda* 58, 67-70.