

Salix spp.

Sauces y mimbres de riberas

María Aránzazu PRADA SÁEZ, Jesús RUEDA FERNÁNDEZ, Fernando MAGDALENO MAS, Roberto MARTÍNEZ ROMERO

1. Descripción y ecología

Las especies de *Salix* son, en su mayoría, taxones propios de ambientes riparios o suelos encharcados; unos pocos tienen su hábitat en bosques frescos y otros en grietas de paredes. Las especies de sauces que pueden tener mayor uso en la actividad restauradora, y sobre las que trata esta descripción, pertenecen al grupo de los taxones de ribera.

1.1. Morfología

Los sauces son árboles, arbustos o matas, con ramas generalmente flexibles. Las yemas invernantes están protegidas por una sola escama. Las hojas, generalmente caducas, presentan un pecíolo corto y tieso y están acompañadas por estípulas desarrolladas o reducidas a glándulas.

Este género presenta dificultades desde el punto de vista taxonómico, ya que en muchas ocasiones resulta difícil establecer límites entre especies y adscribir un ejemplar a uno u otro taxón. Esta problemática se debe a la existencia de variación morfológica intraespecífica, que ha llevado a diferenciar subespecies, como es el caso de *Salix alba*, *S. salviifolia* y *S. purpurea*, y también a la dificultad de observar de manera simultánea y en un mismo pie los rasgos de diagnóstico de flores femeninas, flores masculinas y hojas (Blanco, 1993). Además, se ha constatado la existencia de híbridos interespecíficos espontáneos, como ocurre entre *S. alba* y *S. fragilis* (Triest *et al.*, 2000; De Cock *et al.*, 2003) o entre *S. purpurea* y *S. salviifolia* (Blanco, 1993), entre muchos otros casos.

1.2. Biología reproductiva

Los sauces son especies dioicas, rara vez se pueden observar flores bisexuales o inflorescencias con ambos tipos de flor (Newsholme, 1992). Las flores se agrupan en amentos. Éstos son erectos, sentados o con un pedúnculo provisto de una bráctea foliácea. El periantio se reduce a un disco nectarífero o a una o dos glándulas nectaríferas (Blanco, 1993). El número de estambres varía según la especie. Las flores femeninas consisten en un pistilo sentado o pedicelado, glabro o con indumento, con un estilo y dos estigmas enteros o, generalmente, bifidos. Las flores están provistas de una pequeña bráctea. La floración puede tener lugar antes, durante o después de la foliación, según la especie, normalmente entre los meses de enero y mayo en las especies riparias. La polinización es entomófila y anemófila. La efectividad de la acción del viento como vector parece ser muy variable según la especie, debido posiblemente a diferencias en la morfología de los amentos y de las flores femeninas (Karrenber *et al.*, 2002).



Figura 2. Semillas de *Salix eleagnos*.

Figura 1. Frutos de *Salix atrocineria* (Foto: A. Prada).

El fruto es una cápsula de 2 a 4 mm (Blanco, 1993) que contiene diminutas semillas provistas de un penacho de largos pelos para facilitar su dispersión. Según estimaciones de Karrenberg y Suter (2003), el número de óvulos por fruto puede ser de 2 (*S. eleagnos*), 6 (*S. daphnoides*, *S. purpurea*), 8 (*S. alba*) y 22 (*S. triandra*), cifras que varían según las condiciones climáticas del año (Zasada *et al.*, 2008), pero que sirven de orientación para estimar el número de semillas que pueden obtenerse de un fruto. La apertura de las cápsulas tiene lugar unos dos meses después de la floración, entre marzo y junio, variable en consonancia con la época de floración.

La dispersión de las semillas está favorecida por el viento y por el agua en las avenidas primaverales. Las semillas de *Salix* pierden muy rápidamente su viabilidad en condiciones naturales, con una reducción del 50% en tan sólo una o dos semanas (Karrenberg y Suter, 2003), por lo que la disponibilidad hídrica en esta etapa es fundamental. Estas autoras observan que las especies cuyas semillas pierden más rápidamente su capacidad de germinar (*S. triandra*, *S. purpúrea* y *S. alba*) tienden a producir mayor cantidad de semillas que las que mantienen sus semillas más tiempo viables (*S. daphnoides* y *S. eleagnos*).

Además de la vía sexual, las especies riparias de este género se propagan naturalmente mediante segmentos de plantas, que son desgajados y arrastrados por las corrientes. La multiplicación vegetativa puede verse favorecida respecto del reclutamiento por semillas por la alteración del régimen de caudal natural de los ríos (Barsoum, 2002), con la posible reducción de diversidad genética a que esta situación puede dar lugar.

1.3. Distribución y ecología

El género *Salix* comprende unas 450 especies y se encuentra presente actualmente en gran parte del mundo, ya sea de manera natural, ya porque su carácter colonizador ha facilitado

su naturalización. El mayor número de especies se localiza en Asia templada, en China y la antigua Unión Soviética, aunque también puede encontrarse un buen número de ellas en Estados Unidos, Canadá y Europa (Argus, 1997). Asia Menor, Norte de África, México, América Central, Sudamérica, India e incluso África tropical también albergan unos pocos taxones. En la Tabla 1 se ofrece información sobre la distribución de las especies de sauces tratadas en esta descripción.

Tabla 1. Distribución general y local de las especies de *Salix* autóctonas potencialmente utilizables en ambientes riparios en España peninsular (USDA, ARS, National Genetic Resources Program, 2011; Blanco, 1993; Ruiz de la Torre, 2006; Anthos, 2012).

Especie	Distribución general	Distribución en España
<i>Salix alba</i>	Sudoeste, Sudeste, Centro y Este de Europa, Cáucaso, Oeste y Centro de Asia, Siberia, China, Norte de África.	Dispersa por casi todas las regiones (0-1.300 m) (hasta 1.700 (1.900) m en el sur).
<i>Salix atrocinerea</i>	Sudoeste, Centro y Norte de Europa, Norte de África.	Amplia distribución; muy frecuente en casi todas las regiones; más escasa en la Depresión del Ebro, La Mancha, Depresión del Guadalquivir y Sudeste (0-2.000 m).
<i>Salix cantabrica</i>	Sudoeste de Europa (endémica de España)	Cordillera Cantábrica, Picos de Urbión y Pirineos (700-1.800 m).
<i>Salix daphnoides</i>	Sudoeste, Sudeste, Centro, Este y Norte de Europa.	Pirineos (Huesca y Lérida), donde es escasa (1.170-2.000 m).
<i>Salix eleagnos</i>	Sudoeste, Sudeste, Centro y Este de Europa, Oeste de Asia, Norte de África.	Frecuente en casi todas las regiones; al preferir sustratos de naturaleza caliza escasea en Galicia, oeste de Castilla y León, Madrid y Extremadura; también es escaso en las Depresiones del Guadalquivir (200-2.000 m).
<i>Salix fragilis</i>	Sudoeste, Sudeste, Centro y Este de Europa, Cáucaso, Oeste de Asia.	Presente en todas las regiones; es difícil establecer su área de distribución natural por su cultivo desde antiguo (0-1.900 m).
<i>Salix pedicellata</i>	Sudoeste y Sudeste de Europa, Norte de África.	Sistemas Penibéticos y Sierra Morena andaluza; puntualmente en Murcia, Ciudad Real y Albacete (0-2.400 m).
<i>Salix purpurea</i>	Sudoeste, Sudeste, Centro, Norte y Este de Europa, Cáucaso, Oeste de Asia, Mongolia, Norte de África.	Frecuente en casi todas las regiones; cierta preferencia por sustratos calizos, por lo que es más escasa en Galicia, oeste de Castilla y León, y Extremadura ((50)200-1.500(2.000) m).
<i>Salix salviifolia</i>	Sudoeste de Europa (endémica de la Península Ibérica).	Por su preferencia por suelos silíceos, se encuentra en la mitad occidental, sobre todo en Castilla y León, Madrid, Extremadura y oeste de Castilla-La Mancha (300-1.700 m).
<i>Salix triandra</i>	Sudoeste, Sudeste, Centro, Norte y Este de Europa, Cáucaso, Oeste, Centro y Este de Asia, Siberia, Extremo Oriente ruso, Mongolia, China, Norte de África.	Dispersa en gran parte de las regiones; más escasa en Extremadura, La Mancha, Levante y el Sudeste (50-1.700 m).

Los sauces presentan estrategias de especies pioneras. Por su carácter heliófilo son capaces de colonizar ambientes abiertos. Su biología reproductiva, con la producción de una importante cantidad de semillas que pueden ser dispersadas por el viento a grandes distancias y su facilidad para enraizar a partir de segmentos de plantas, también favorece su carácter colonizador.

Las especies arbustivas de ribera dan lugar a formaciones en la primera línea de vegetación riparia, en contacto con el agua y con fluctuación de su nivel, aunque también pueden aparecer en formaciones arbóreas de ribera poco densas. Estas especies, con sus flexibles ramas y sus largas raíces, juegan un papel fundamental en la reducción de la velocidad de la corriente de agua en las orillas y en su capacidad de erosión. *Salix alba* y *S. fragilis* suelen situarse en las formaciones arbóreas de segunda línea, con frecuencia en mezcla con álamos, chopos, fresnos y alisos. Siguiendo los trabajos de caracterización de la vegetación riparia realizados por Lara *et al.* (2004) y Garilleti *et al.* (2012), las formaciones dominadas por sauces presentes en España peninsular responden, básicamente, a la siguiente tipología:

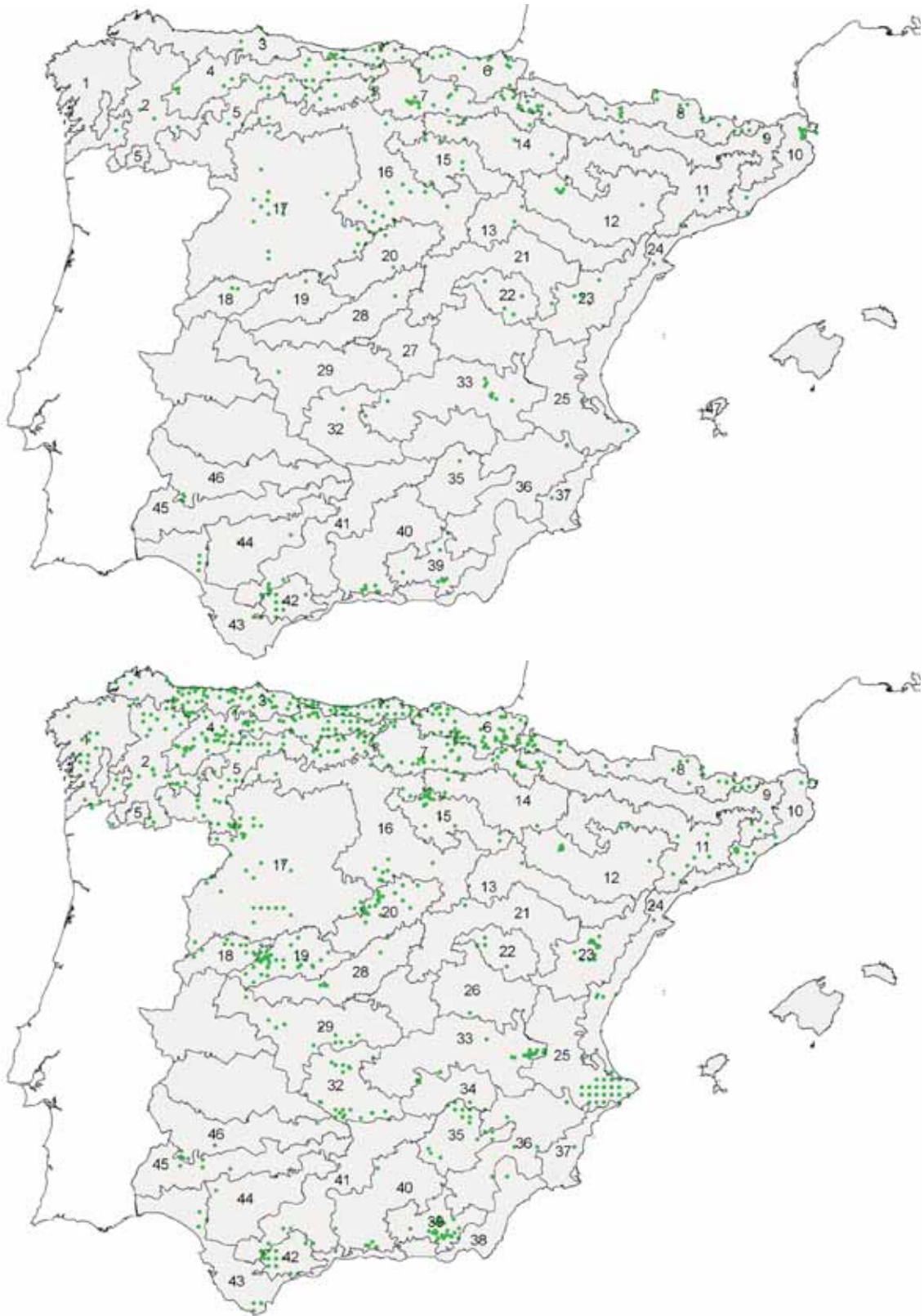
- Saucedas negras (*S. atrocinerea*)
- Saucedas cantábricas (*S. cantabrica* con codominancia de *S. atrocinerea*)
- Saucedas salvifolias (*S. salviifolia*)
- Mimbreras calcófilas (*S. purpurea* o *S. eleagnos*)
- Saucedas mixtas (*S. salviifolia*, *S. purpurea*, *S. eleagnos*, *S. triandra*)
- Saucedas blancas (*S. alba* junto con su híbrido *S. x rubens*)
- Saucedas meridionales (*S. pedicellata*)

2. Materiales forestales de reproducción

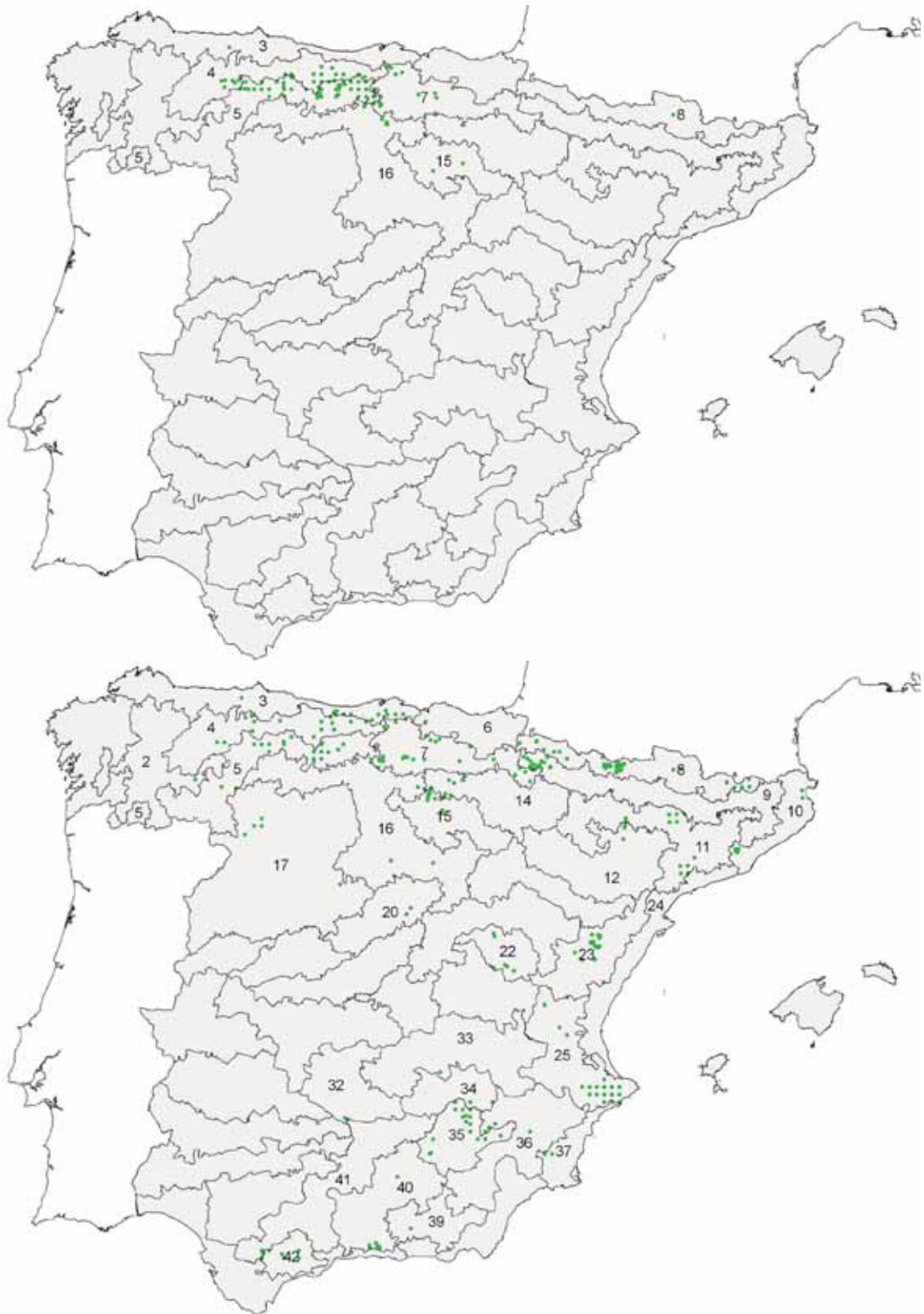
2.1. Marco normativo. Identificación de los materiales de reproducción

Los materiales forestales de reproducción de los sauces no están regulados por la normativa estatal de comercialización con fines selvícolas, pero sí por la normativa de la Comunidad Valenciana (D. 15/2006), en la que se incluyen los sauces autóctonos en dicha región.

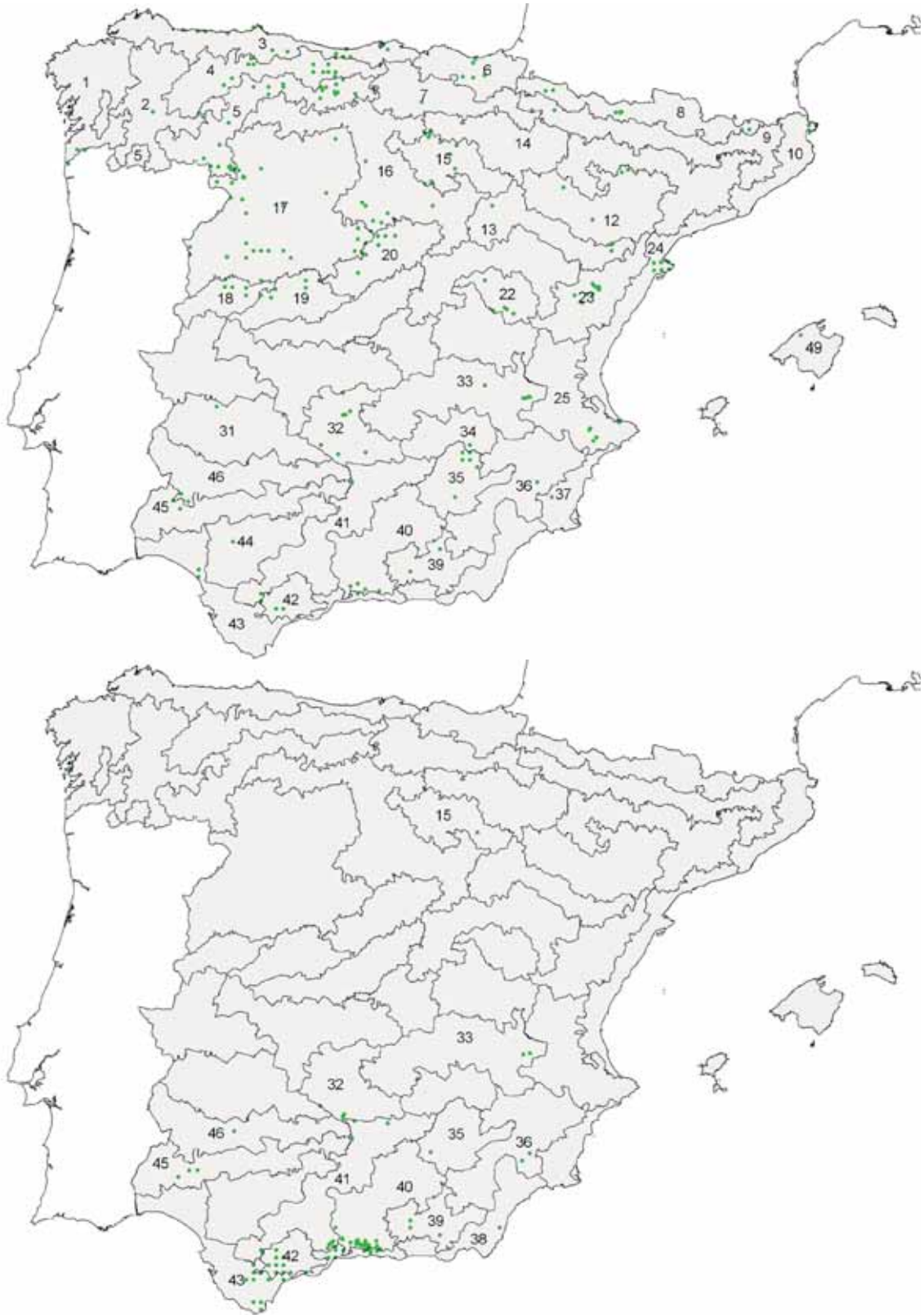
Aunque no exista una obligación legal para la trazabilidad de los materiales forestales de reproducción de este género en la mayor parte del territorio español, se recomienda tener en cuenta el origen de los mismos a la hora de proyectar la revegetación de una ribera. Si bien en las especies zonales cabría considerar las regiones de identificación y uso (Fig. 3), en estas especies debe primarse una subdivisión del territorio en cuencas y subcuencas, acorde con su biología reproductiva y la dinámica de sus poblaciones. La elección de materiales forestales también debe tener en cuenta el piso altitudinal en el que se encuentran las masas, debido al amplio rango de cota en el que pueden presentarse muchas de las especies, como por ejemplo *S. atrocinerea* (0-2.000 metros), y no efectuar traslados de materiales entre altitudes muy extremas, evitando particularmente el uso de materiales de zonas bajas en cotas superiores.



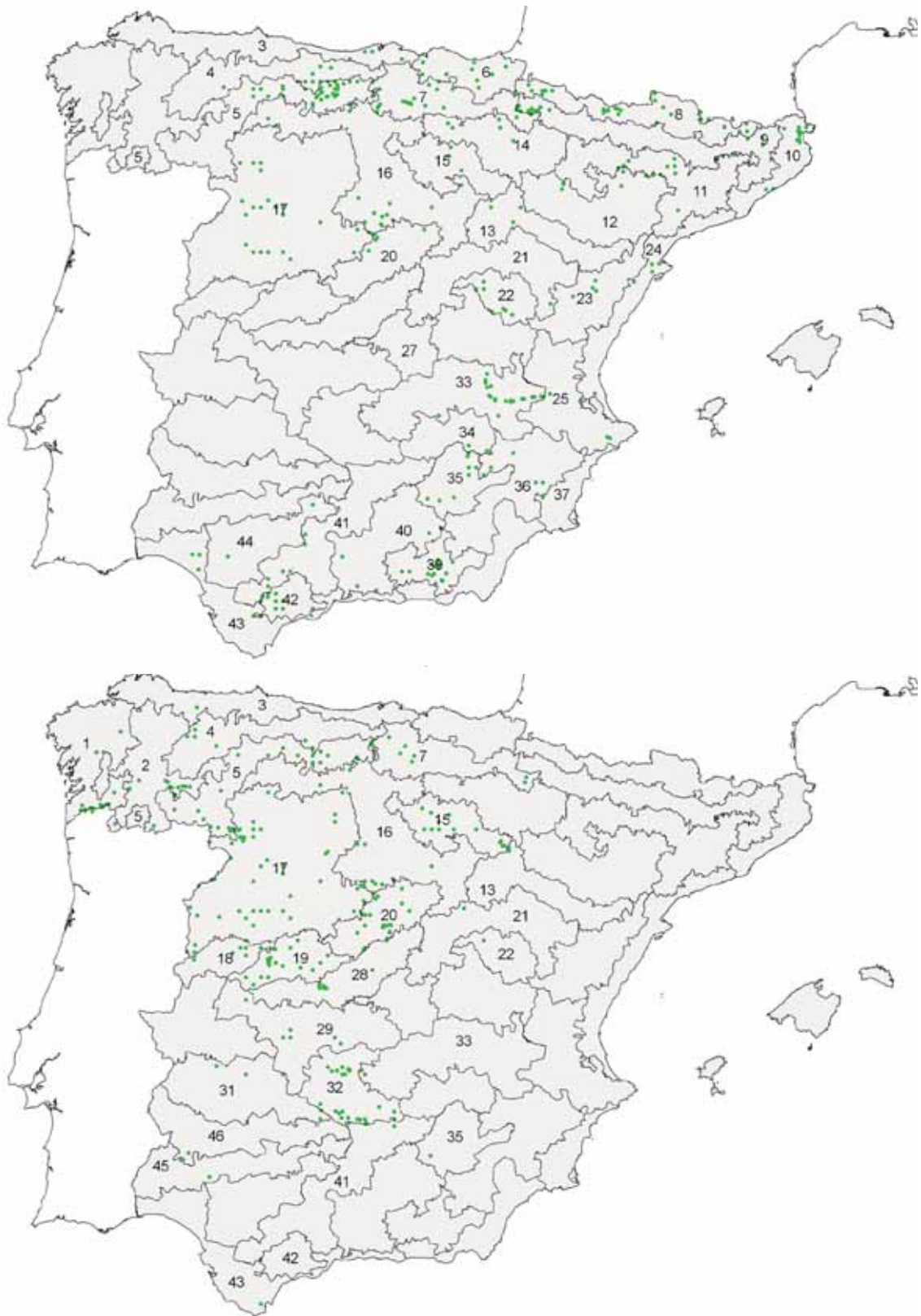
Figuras 3 a y b. Distribución de *Salix alba* (superior) y *S. atrocinerea* (inferior) y Regiones de Identificación de sus materiales (Fuente: Anthos).



Figuras 3 c y d. Distribución de *Salix cantabrica* (superior) y *S. elaeagnos* (inferior) y Regiones de Identificación de sus materiales (Fuente: Anthos).



Figuras 3 e y f. Distribución de *Salix fragilis* (superior) y *S. pedicellata* (inferior) y Regiones de Identificación de sus materiales (Fuente: Anthos).



Figuras 3 g y h. Distribución de *Salix purpurea* (superior) y *S. salviifolia* (inferior) y Regiones de Identificación de sus materiales (Fuente: Anthos).



Figuras 3 i. Distribución de *Salix triandra* y Regiones de Identificación de sus materiales (Fuente: Anthos).

Resulta conveniente que los materiales procedan de poblaciones bien estructuradas, próximas a la zona en la que se va a efectuar la restauración, pero manteniendo cierta diversidad genética.

Ciertas especies riparias de *Salix* están incluidas en normativas autonómicas de protección de flora y su uso en estas regiones debe contemplar las disposiciones y limitaciones establecidas. Este es el caso de la Región de Murcia, cuyos sauces autóctonos son considerados “De interés especial”, con una protección particular para *S. pedicellata*, catalogada como especie “Vulnerable” (D. 50/2003). *S. salviifolia* está regulada por el Principado de Asturias como “De interés especial” (D. 65/1995). En el País Vasco, *S. cantabrica* está definida como “Rara” en la Orden de 10 de enero de 2011. *Salix eleagnos* está incluida en la lista de especies “En régimen especial” en Andalucía (D. 23/2012).

Cabe mencionar que la Directiva 92/43/CEE de Hábitats establece la necesidad de designar zonas de especial conservación para la protección de *S. salviifolia* subsp. *australis*, taxón con distribución andaluza.

Las especies del género *Salix* están sometidas a la normativa de sanidad vegetal. Así, las plantas y partes de plantas de *Salix* spp. originarias de zonas demarcadas y de terceros países deben ir acompañadas por pasaporte fitosanitario para evitar la proliferación de *Anoplophora chinensis*. Si proceden de EE.UU. deben ir acompañadas por un documento oficial que certifique que están libres de *Phytophthora ramorum*.

2.2. Técnicas de manejo y propagación

2.2.1. Semillas

Las semillas se recogen cuando las cápsulas están maduras y comienzan a abrirse, momento en el que los penachos de las semillas empiezan a asomar. Los frutos recolectados se dejan secar a temperatura ambiente durante un par de días, tiempo en el que se producirá su apertura total. No es necesario eliminar los penachos de las semillas para su almacenamiento o siembra. Éstos pueden separarse por cribado en malla fina, aplicando aire comprimido (Dreesen, 2003) o por aspiración (Dawes, 2003).

Las semillas de *Salix* pueden perder rápidamente la viabilidad si se las mantiene mucho tiempo a temperatura ambiente, por lo que el proceso de limpieza no debe prolongarse demasiado. Para su conservación a corto plazo, se recomienda reducir su contenido de humedad y disponerlas en recipientes herméticos a 4 °C; para un período de varios años, se pueden mantener en cámara a -18 °C. Las semillas germinan sin dificultad, obteniéndose prácticamente un 100% de tasa de germinación. En ambiente controlado, se suelen hacer germinar entre 20 y 25 °C.

Las condiciones establecidas por las normas ISTA (2011) para la evaluación de la germinación de lotes de semillas del género *Salix* es una alternancia térmica de 20-30 °C, según un ciclo de 16-8 horas, durante al menos 14 días. La germinación es epigea, apareciendo inicialmente en el hipocótilo unos pequeños pelos que fijan la plántula al sustrato, desarrollándose posteriormente la radícula (Zasada *et al.*, 2008).

Tabla 2. Datos característicos de lotes de semillas de *Salix* spp.

Pureza (%)	Facultad germinativa (%)	Nº semillas kg ⁻¹	Referencia
60-70	90-95	5.000.000	Catalán (1991) ⁽¹⁾
		7.000.000	Young y Young (1992) ⁽²⁾
		1.100.000-25.400.000	Piotto y Di Noi (2001)
		7.040.000	Zasada <i>et al.</i> (2008) ⁽²⁾

⁽¹⁾ *S. alba*

⁽²⁾ *S. fragilis*

2.2.2. Vegetativa

Las especies riparias de *Salix* se propagan fácilmente empleando partes de plantas, sin necesidad de aplicar hormonas de enraizamiento. Normalmente se utilizan tallos (ramas o plantones) o segmentos de los mismos (estaquillas o estacas, de longitud menor o mayor de 30 cm, respectivamente), de tamaño variable según la técnica que se vaya a usar en su implantación en el terreno y las características del sitio de plantación. Así, los materiales de mayor longitud y calibre son los más adecuados para lugares con nivel freático más profundo o en los que la corriente de agua puede descalzar materiales de menor tamaño. El uso de estructuras vivas propias de la bioingeniería requiere un tipo de material y unos tamaños específicos según la técnica empleada. En cualquier caso, los materiales

recolectados para su enraizamiento en el sitio definitivo deben tener un diámetro superior a los 2 cm y una longitud condicionada por la profundidad de la capa freática en el período de estiaje en la zona de plantación. Las estaquillas destinadas a la producción de plantas en vivero pueden variar de longitud, desde miniestaquillas de 5-10 cm (Dumroese *et al.*, 2003; Landis *et al.*, 2003) hasta estacas de 30-50 cm. En vivero, se puede contemplar la producción de plantas a raíz desnuda a partir de estaquillas, pero en España se prefiere su cultivo en contenedores, que permiten prolongar el período de plantación.

Los sauces enraízan con mucha facilidad, lo que permite recolectar tallos de más de un año. Hoag (2007) indica que se puede emplear materiales hasta de 7 años, de corteza lisa, aunque también es posible, incluso, utilizar ramas de mayor edad. La recolección puede efectuarse a lo largo de todo el invierno, en período de reposo vegetativo, preferiblemente al final del mismo para reducir el tiempo de almacenamiento. La recolección se efectúa cortando tallos de las plantas con tijeras de podar. Si el objetivo es la producción de estacas o plantones se eliminan las ramas laterales. Las estacas y las estaquillas se obtienen cortando los plantones en segmentos del tamaño deseado, manteniendo identificada su polaridad. Para ello, se suele efectuar un corte transversal en el extremo superior y un corte en bisel en la base. En cualquier caso, los cortes deben ser netos y efectuados con herramientas limpias para prevenir la proliferación de patógenos.



Figuras 4 a y b. Estaquillas de *Salix alba* (superior) y *S. atrocinerea* (inferior) (Fotos: X. Goñi).

Los materiales de *Salix* que se emplean en restauraciones de riberas se obtienen normalmente a partir de partes de plantas recolectadas en poblaciones naturales, muchas veces próximas a la zona que se va a restaurar. Sin embargo, algunos productores especializados abordan la tarea de instalar campos de cepas madre para la provisión fácil y continuada de materiales de calidad en las cantidades necesarias para grandes o

múltiples obras. Así, además de reducir los costes de producción, se puede efectuar una mezcla controlada de pies de ambos sexos. En este caso, es conveniente mantener las cepas perfectamente identificadas y no abusar en su multiplicación, renovándolas cada cierto tiempo con nuevos genotipos recolectados en campo. Se recomienda consultar García Caballero *et al.* (2008) para una descripción detallada de la gestión de un campo de cepas madre.

En el caso de efectuar recolecciones masivas en poblaciones de ribera (y no en campos de cepas madre), debe tenerse la precaución de no expoliar las plantas madre, extrayendo las ramas situadas en la parte interior de las copas y procurando dejar más de 2/3 de las mismas (Hoag, 2007). Se debe recolectar buscando una proporción equilibrada de pies de ambos sexos y procurando diversificar los pies donantes, situados en diferentes puntos a lo largo de la población. Una vez recolectados, los materiales pueden conservarse a 2-4 °C y 85% de humedad relativa para evitar su deshidratación durante 2-4 meses o a -4 °C si se desea conservar el material durante un año. Como es habitual, el genotipo de la planta madre y la calidad de la cepa son factores condicionantes de la capacidad de enraizamiento. Previo a su uso, los materiales deben sumergirse totalmente en agua durante 24-72 horas, para su hidratación; con ello se aumenta el porcentaje de enraizamiento y se estimula el crecimiento vigoroso. Según Schaff *et al.* (2002), el mantenimiento, previo a su plantación, de plantones de *S. nigra* en agua corriente durante 10 días, en un proceso que intenta imitar la acción del río sobre los segmentos de las plantas, aumenta la biomasa radical y el porcentaje de enraizamiento en diferentes condiciones de humedad del sustrato. La aplicación de técnicas *in vitro* sólo tiene sentido en el caso de individuos de taxones con cierto grado de amenaza, como *S. tarraconensis*, especie rupícola endémica de la zona levantina (Amo-Marco y Lledo, 1996), o que presenten dificultades para su propagación mediante métodos menos costosos (Edson *et al.*, 1995).

3. Producción de plantas

Los sauces no se suelen producir por semillas debido a la facilidad con que se propagan por métodos vegetativos. La producción de plantas a partir de semillas tiene las desventajas de su difícil manipulación, consecuencia de su pequeño tamaño, y de requerir algo más de tiempo para la obtención de plantas de ciertas dimensiones.

En la actualidad, la práctica más extendida en España para la producción de plantas de sauces en viveros es el empleo de estaquillas y su enraizamiento en envases. El tipo de contenedor puede ser muy variable, según el tamaño de la estaquilla y la altura de la planta que se desea obtener, desde alvéolos forestales de 300 a 1.200 cm³ hasta contenedores de 3 l, para obtener plantas de 30-40 cm, 60-80 cm, hasta de 1 m de altura, respectivamente, o incluso más, dependiendo de la especie. El sustrato más empleado para la fase de emisión de raíces es una mezcla de turba y perlita o vermiculita en una proporción de 1:1, con el fin de aumentar la porosidad y la capacidad de retención de agua.

Se debe aplicar fertilizantes desde el momento de aparición de las hojas. Dumroese *et al.* (2003) recomiendan la aplicación de una fertilización líquida con concentraciones variables de NPK y con el agregado de otros nutrientes, ajustada a los requerimientos de las plantas en las distintas fases de desarrollo. Dreesen (2003) emplea un fertilizante

de liberación lenta del tipo 15-9-11 y de 5-6 meses de longevidad en dosis de 3,5 kg por m³ de sustrato en el caso de los envases más pequeños. En los envases de 3 l, se deposita sobre el sustrato 15 g del mismo producto.

Por otra parte, Mathers (2003) propone el cultivo de plantas a raíz desnuda a partir de estaquillas para la producción masiva de plantas de ciertas especies americanas, alegando los bajos costes de este proceso. Este método se ha utilizado también en España, aunque en contadas ocasiones, y podría utilizarse cuando se requiera producir plantas en grandes cantidades; frente al uso de contenedores ofrece la ventaja mencionada de sus costes mucho más bajos; frente a la plantación directa de materiales recolectados en el campo, su ventaja es la posibilidad de obtener producciones elevadas de plantas a partir de procedencias locales sin reducir o esquilmar las poblaciones naturales, permitiendo además un control más estricto de los genotipos que se manejan.

En relación con la producción de plantas a partir de semillas, Dreesen (2003) sugiere iniciar el cultivo en bandejas semillero de alvéolos pequeños (por ejemplo, de 19 cm³ de capacidad), que pueden mantenerse en invernadero con riego automatizado durante las primeras semanas, sin requerir grandes espacios, ya que en esta primera fase es indispensable mantener el sustrato constantemente húmedo. Posteriormente, cuando las pequeñas plantitas son capaces de mantener un cepellón consistente, se trasplantan a contenedores de 150-200 cm³, donde se cultivan hasta finales del verano del primer año (o la primavera del segundo si el crecimiento es muy lento), momento en el que se trasplantan a envases definitivos, de aproximadamente 3 l. La siembra manual no resulta sencilla debido al pequeño tamaño de las semillas. También por sus pequeñas dimensiones, no se debe cubrir las semillas. Es normal que germinen varias plántulas por envase y esto hace necesario eliminar las sobrantes, tarea que puede efectuarse en el momento de los trasplantes. El sustrato que se emplea para el cultivo a partir de semillas de sauces puede ser una mezcla de turba y vermiculita en proporciones de 1:1 o bien sólo fibra de coco.

Como en el caso del enraizamiento de estaquillas en contenedor, el cultivo de los sauces a partir de semillas requiere la aplicación de fertilizantes desde su inicio. Dreesen (2003) propone aplicar inicialmente una solución de 200 mg l⁻¹ de un abono complejo NPK 20-10-20 una o dos veces por semana y, posteriormente, en el momento de cada trasplante, la aplicación de un fertilizante de liberación lenta de 5-6 semanas de longevidad, según el protocolo ofrecido anteriormente para el cultivo de estaquillas. Con independencia del tipo de producción que se aborde, debe controlarse la proliferación de malas hierbas, particularmente al



Figura 5. Planta de *Salix fragilis* de una savia cultivada en contenedor (Foto: CNRGF El Serranillo).

inicio del cultivo. Se debe efectuar controles frecuentes para detectar posibles ataques de plagas y enfermedades y, en su caso, aplicar los productos químicos adecuados.

4. Uso en repoblaciones y restauraciones

La amplitud de la distribución territorial de las especies del género *Salix*, su carácter pionero, su versatilidad funcional y su facilidad de propagación las convierten en elementos muy frecuentes en los proyectos de restauración fluvial, sobre todo en las zonas de mayor contacto entre la vegetación riparia y el agua. Generalmente se diseñan plantaciones por bosquetes, en grupos constituidos por varias especies del género, seleccionadas éstas según la composición de las formaciones naturales de la zona que se pretende recuperar. Dentro de estos bosquetes se incluye alguna otra especie del cortejo ripario habitual según las condiciones concretas del tramo de actuación. Normalmente, los materiales empleados son estructuras vegetativas que enraízan en la zona de actuación (plantones, estacas o estaquillas) o que se cultivan previamente en contenedores.

Cabe destacar el papel fundamental que juegan las especies arbustivas de *Salix*, por su fácil enraizamiento a partir de estructuras vegetativas, en la aplicación de técnicas de bioingeniería para el control de la erosión y de estabilización de orillas de ríos y la diversificación morfológica de las riberas con el consiguiente aumento de la biodiversidad y de la conectividad de la infraestructura verde. Se trata normalmente del uso de ramas, varetas o estacas que se disponen en el terreno de diferentes maneras y que, al emitir raíces, forman una estructura trabada capaz de sujetar el suelo (estaquillas, lechos de ramajes, trenzados, fajinas, etc.). En ciertas circunstancias, se emplean técnicas mixtas, que combinan los materiales vegetales con materiales inertes como madera, piedra, hormigón, acero galvanizado u otros materiales, que ejercen la función de estabilización en una primera fase, hasta que los elementos vivos son capaces de desarrollar esa función (gaviones o escolleras revegetadas, entramados de madera, etc.). Para una descripción de estas técnicas, puede acudir a las ilustrativas obras realizadas por Zeh (2007) y Adam *et al.* (2008).

También se debe mencionar el incremento de las plantaciones de sauces con fines energéticos en algunos países septentrionales. La promoción del uso de las plantas de combustión de biomasa como alternativa a la de combustibles fósiles, principalmente desde finales de los años noventa, ha dado lugar a un gran número de experiencias encaminadas a la gestión de plantaciones de producción intensiva de corta rotación y a la selección de genotipos de alto rendimiento en biomasa, particularmente en países escandinavos y del norte de América (Zsuffa, 1990; Lindegaard y Barker, 1996; Larsson, 1998; Smart *et al.*, 2005). Los sauces también se usan para fitorremediación, en combinación o no con propósitos de producción de biomasa (Hammer *et al.*, 2003; Vervaeke *et al.*, 2003; Dickinson y Pulford, 2005).

5. Planificación de la repoblación

El primer paso que se debe dar en la planificación de cualquier repoblación en la que se pretenda emplear materiales de este género es la elección de las especies de *Salix* más adecuadas. Para ello, debe realizarse un inventario previo a la redacción del proyecto

con el fin de determinar las especies autóctonas de ribera presentes en el tramo que se pretende restaurar. En ocasiones no es posible encontrar poblaciones originales por la alta degradación de la ribera; en estos casos se puede recurrir a la sectorización del territorio propuesta en Lara *et al.* (2004) y Garillet *et al.* (2012), con vistas a la selección de las especies de *Salix* potencialmente utilizables en cada uno de dichos sectores (CEDEX, 2012).

Una vez decididas las especies que formarán parte de la plantación, sobre la base del funcionamiento ecológico del tramo de actuación, habrá que asegurarse que se contará con los materiales de los orígenes adecuados, incluyendo cierta variación genética, de unas calidades mínimas y en cantidades suficientes. Esta variación genética se logra empleando materiales de diferentes clones en los que estén representados de manera equilibrada pies de ambos sexos. La recolección de estaquillas de muchas plantas diferentes y de un ratio conocido de individuos masculinos y femeninos asegurará que las plantas resultantes sean capaces de producir semillas viables y alcanzar el objetivo final de una comunidad sostenible (Landis *et al.*, 2003). Es necesario establecer el origen de los materiales y promover el uso de las procedencias locales, como se ha sugerido anteriormente. Ha de tenerse en cuenta que resulta difícil encontrar en el mercado materiales de este género que cumplan con los requisitos descritos; por ello, habrá que contar con un buen equipo para la recolección de los materiales o contactar con proveedores (recolectores o viveros) capaces de garantizar la producción de los materiales con las características requeridas. En cualquier caso, se debe asegurar la identidad taxonómica de los materiales que se recolecten o se suministren. Cuando se prevé el uso de técnicas de bioingeniería para favorecer la consecución de una correcta estructura de la ribera revegetada, los materiales vegetales de cualquiera de los elementos de bioingeniería previstos deben cumplir con los mismos requisitos que se establecen para los materiales de las plantaciones ordinarias.

La actividad repobladora en riberas requiere, normalmente, efectuar labores de desbroce y de preparación del terreno, que se pueden hacer de forma mecanizada. La época de plantación será fuera del período vegetativo, entre otoño y primavera, según las características atmosféricas de cada año, cuando el suelo tenga condición de tempero. Los taxones de *Salix* arbustivos se emplean en las zonas en las que el bosque de ribera se encuentra más cercano al nivel de las aguas, mientras que *S. alba*, *S. fragilis* y su híbrido suelen plantarse allí donde esta distancia es mayor. Se recomienda plantarlos formando bosquetes, compuestos por diferentes especies del género si es el caso, y acompañados por alguna otra especie del cortejo que corresponda en cada lugar concreto. La implantación directa de plántones o estacas para su enraizamiento en el sitio definitivo puede efectuarse introduciendo la estaquilla directamente en el sustrato húmedo, mediante ahoyado manual, o empleando maquinaria con cazo o barrenas para la apertura de hoyos. En el caso de utilizar plantas en contenedor, normalmente se efectúan hoyos de aproximadamente 40 x 40 x 40 cm. Las características del sitio de plantación y la profundidad a la que debe enterrarse el material son los mayores condicionantes en la elección de uno u otro método. Así, se debe analizar el impacto del uso de maquinaria pesada para la apertura de hoyos, ya que la proximidad de las plantaciones de sauce al cauce suele hacer poco recomendable esta práctica, que puede afectar negativamente por desestabilización de las orillas, daños en el lecho, daños a la vegetación preexistente, etc. Sin embargo, si la plantación se hace de manera mecanizada, no se requiere efectuar labores previas en el

terreno y se obtiene una mayor profundidad de los hoyos. Las máquinas de cadenas son más estables y maniobrables en terrenos ribereños. El caso de la retroexcavadora, cuando se emplea fuera de la primera línea de vegetación, debe tener un volumen suficiente, mayor de 400 litros y 50 cm de anchura, aumentando estos valores si se busca una mayor profundidad de raíz. Es más conveniente utilizar cazos pequeños cuando se abren hoyos en las zonas más próximas a la corriente fluvial, o en las que están más empapadas de agua, para facilitar la plantación sin que los movimientos de tierra excesivos amenacen la estabilidad de las orillas; en estos casos, el brazo de la retroexcavadora permite la apertura de los hoyos mientras la máquina permanece asentada en terrenos firmes, sin peligro de desestabilización. Tal como señala Hoag (2007) las estacas o plantones pueden emplearse en cualquier zona de la banda riparia, siempre que su base esté en contacto con el nivel freático en período de estiaje. Por ello, y según este autor, debe tenerse en cuenta los siguientes principios:

- 15 a 20 cm de la estaca o plantón deben estar en contacto con la capa freática en el período de estiaje.
- Se debe dejar sin enterrar 3 ó 4 yemas bien conformadas.
- Si la probabilidad de ocurrencia de un período de inundación es superior a un mes, la estaca o plantón debe superar el nivel del agua en 15 a 30 cm.
- Si existe competencia herbácea, las estacas o plantones deben superar en altura a las hierbas durante el verano, para recibir la insolación adecuada, y su parte inferior debe estar más profunda que la masa de raíces competidoras.

Se recomienda emplear diferentes densidades de plantación en función de la distancia al curso de agua y al propio nivel del agua, ya que las plantaciones más próximas al cauce se verán más fácilmente afectadas por avenidas tempranas. En el caso de los *Salix* se recomienda una densidad de 800-1.200 pies ha⁻¹ en la zona más próxima al nivel del agua, reduciendo la densidad a 500-800 pies ha⁻¹ en puntos menos próximos; en las posiciones más alejadas, los ejemplares de *Salix*, entre ellos las especies arbóreas, se plantan, junto a otras especies riparias, en densidades de 300-500 pies ha⁻¹.

Conviene distribuir los materiales de manera irregular, para dar un aspecto de naturalidad a la intervención. Para ello, se suelen realizar grupos de 15 a 20 plantas dejando espacios sin plantar entre cada grupo, que serán colonizados posteriormente cuando las plantaciones se vayan desarrollando. La alta capacidad de reproducción vegetativa de las especies de *Salix* ayuda a economizar esfuerzos y a que la distribución de las especies se naturalice a lo largo del tramo de río. Es necesario efectuar el marcado previo de los lugares que ocuparán los bosquetes y, dentro de ellos, los puntos en los que se plantará el material. Se puede emplear cualquiera de los marcadores habituales en trabajos de campo, siendo el más sencillo el empleo de tinturas biodegradables con capacidad de marcaje sobre todo tipo de superficies.

No se recomienda el uso de tubos protectores; en el caso de presencia de ganado es preferible acotar la zona de plantación mediante vallado cinegético. La protección individual con malla antiherbívoros podría emplearse para ejemplares de mayor porte que se planten alejados del curso fluvial.

Si las plantaciones se realizan a raíz profunda en cualquiera de las zonas de la ribera, no se requerirá ningún tipo de riego para conseguir la repoblación. En las plantaciones superficiales, es conveniente aplicar un riego en el momento de la implantación y será necesario aplicar otros riegos al menos durante el primer año de establecimiento. La idoneidad de aplicar riegos de mantenimiento dependerá de la situación de la plantación respecto del cauce y del flujo de agua circulante en la época estival. Así, en ríos con régimen hidrológico natural, puede ser conveniente aportar agua en los dos períodos de estío posteriores a la plantación, con el fin de acortar la duración de la sequía estival, pero en ningún caso interrumpirla. Sin embargo, en ríos regulados que no presenten estiaje, esta práctica será innecesaria.

Es posible que el tapiz de vivaces ribereño entre rápidamente en competencia con la plantación. Para evitarlo, y solamente cuando el futuro de la plantación se vea en peligro por este motivo, pueden practicarse escardas con azada, o bien instalar protectores de base. El uso de herbicidas selectivos queda totalmente desaconsejado por sus consecuencias ambientales adversas. De igual modo, los desbroces podrán emplearse en circunstancias particulares en las que pueda verse afectada la nueva plantación por la falta de luz que pudiera generar el estrato arbustivo cercano. Esta práctica no resulta habitual en las plantaciones de restauraciones fluviales con *Salix*.



Figura 6. Ejemplar de *Salix fragilis* con un año de desarrollo en vivero y otro en campo. Proyecto de mejora ambiental del meandro del Plantío, Mendigorría, Navarra (Foto: F. Magdaleno).

Los porcentajes de marras dependerán de la cercanía al cauce y la densidad inicial de plantación. Cuanto más cercana al cauce, mayor será el riesgo de que la planta sea afectada por una avenida temprana. Las marras admisibles oscilan entre <13% para plantaciones mayores a 1.000 pies ha⁻¹ y <7% para densidades menores (adaptado de Serrada, 2000). La evaluación de las marras deberá realizarse en el mes de julio posterior a la plantación. Las mismas habrán de reponerse al año siguiente de la plantación si en ese momento el estado de la masa repoblada así lo requiere. Debido a la fácil propagación vegetativa de los sauces, puede no ser necesario la reposición de marras, al menos en los valores que se hayan observado en la evaluación postplantación.

6. Bibliografía

- ADAM P., DEBIAIS N., GERBER F., LACHAT B., 2008. Le génie végétal. Un manual technique au service de l'aménagement et de la restauration des milieux aquatiques. La Documentation Française, Paris.
- AMO-MARCO J.B., LLEDO M.D., 1996. *In vitro* propagation of *Salix tarraconensis* Pau ex Font Quer, an endemic and threatened plant. *In vitro* cellular and developmental biology. Plant 32, 42-46.
- 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].
- ARGUS G.W., 1997. Infrageneric classification of *Salix* (*Salicaceae*) in the New World. Systematic Botany Monographs 52, 1-121.
- BARSOUM N., 2002. Relative contribution of sexual and asexual regeneration strategies in *Populus nigra* and *Salix alba* during the first years of establishment on a braided gravel bed river. *Evol. Ecol.* 15, 255-279.
- BLANCO P., 1993. *Salix* L. En: Flora Ibérica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares. Vol III. *Plumbaginaceae* (partim)-*Capparaceae*. (Castroviejo S., Aedo C., Cirujano S., Laínz M., Montserrat P., Morales R., Muñoz Garmendia F., Navarro C., Paiva J., Soriano C., eds.). Real Jardín Botánico, Madrid. pp. 471-517.
- 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. 349-350.
- CEDEX (Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas), 2012. Mapa de sectorización riparia [en línea]. Disponible en: <http://vegetacionderibera.cedex.es/mapa.php> [2 Jul, 2012]
- DAWES D., 2003. Using a shop vacuum to clean *Salicaceae* seeds. *Native Plants J.* 4, 140.
- DE COCK K., LYBEER B., VANDER MIJNSBRUGGE K., ZWAENEPOEL A., VAN PETEGHEM P., QUATAERT P., BREYNE P., GOETGHEBEUR P., VAN SLYCKEN J., 2003. Diversity of the willow complex *Salix alba* - *S. x rubens* - *S. fragilis*. *Silvae Genet.* 52, 148-153.
- DICKINSON N.M., PULFORD I.D., 2005. Cadmium phytoextraction using short-rotation coppice *Salix*: the evidence trail. *Environ. Int.* 31, 609-613.
- DREESEN D., 2003. Propagation protocol for container willows in the Southwestern US using seeds. *Native Plants J.* 4, 118-124.
- DUMROESE R.K., WENNY D.L., MORRISON S.J., 2003. Propagation protocol for containers Willows and Poplars using mini-cuttings. *Native Plants J.* 4, 137-139.
- EDSON J.L., LEEGE-BRUSVEN A.D., WENNY D.L., 1995. Improved vegetative propagation of Scouler Willow. *Tree Planters' Notes* 46, 58-63.
- GARCÍA CABALLERO J.L., MARTÍNEZ SIERRA F., RUEDA J., 2008. Campos de cepas madre. En: Manual de propagación de árboles y arbustos de ribera. Una ayuda para la restauración de riberas en la región mediterránea (Prada M.A., Arizpe D., eds.). Generalitat Valenciana, Valencia. pp. 165-168.

- HAMMER D., KAYSER A., KELLER C., 2003. Phytoextraction of Cd and Zn with *Salix viminalis* in field trials. *Soil Use Manage.* 19, 187-192.
- HOAG J.C., 2007. How to plant Willows and Cottonwoods for riparian restoration. Technical Note Plant Material n 23. USDA Natural Resources Conservation Service. Boise, Idaho.
- ISTA (International Seed Testing Association), 2011. International rules for seed testing. Edition 2011. ISTA, Bassersdorf, Switzerland.
- KARRENBERG S., SUTER M., 2003. Phenotypic trade-offs in the sexual reproduction of *Salicaceae* from flood plains. *Am. J. Bot.* 90, 749-754.
- KARRENBERG S., KOLLMANN J., EDWARDS P.J., 2002. Pollen vectors and inflorescence morphology in four species of *Salix*. *Plant Syst. Evol.* 235, 181-188.
- LANDIS, T.D., DREESEN, D.R., KASTEN, R.K., 2003. Sex and the single *Salix*: consideration for riparian restoration. *Native Plants J.* 4, 110-117.
- LARA F., GARILLETI R., CALLEJA J.A., 2004. La vegetación de ribera de la mitad norte española. Centro de Estudios de Técnicas Aplicadas del CEDEX. Serie Monografías, 81. Madrid.
- GARILLETI R., CALLEJA J.A., LARA F., 2012. Vegetación ribereña de los ríos y ramblas de la España meridional (Península y archipiélagos). Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid.
- LARSSON S., 1998. Genetic improvement of willow for short-rotation coppice. *Biomass Bioenerg.* 15, 23-26.
- LINDEGAARD K.N., BARKER J.H.A., 1996. Breeding willows for biomass. *Aspect. Appl. Biol.* 49, 1-9.
- MATHERS T., 2003. Propagation protocol of bareroot willows in Ontario using hardwood cuttings. *Native Plants J.* 4, 132-136.
- NEWSHOLME C., 1992. Willows. The genus *Salix*. Timber Press, Portland.
- PIOTTO B., DI NOI A. (eds.), 2001. Propagazione per seme di alberi e arbusti della flora mediterranea. ANPA, Roma.
- RUIZ DE LA TORRE J., 2006. Flora Mayor. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Dirección General para la Biodiversidad, Madrid. pp. 504-522.
- SCHAFF S.D., PEZESHKI S.R., SHIELDS F.R. (Jr.), 2002. Effects of pre-planting soaking on growth and survival on Black Willow Cuttings. *Restor. Ecol.* 10, 267-274.
- SERRADA R., 2000. Apuntes de repoblaciones forestales. 3ª edición. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Forestal, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.
- SMART L.B., VOLK T.A., LIN J., KOPP R.F., PHILLIPS I.S., CAMERON K.D., WHITE E.H., ABRAHAMSON L.P., 2005. Genetic improvement of shrub willow (*Salix* spp.) crops for bioenergy and environmental applications in the United States. *Unasylva* 56, 51-55.
- TRIEST L., DE GREEF B., DE BONDT R., VAN SLYCKEN J., 2000. RAPD of controlled crosses and clones from the field suggests that hybrids are rare in the *Salix alba-Salix fragilis* complex. *Heredity* 84, 555-563.
- USDA, ARS, National Genetic Resources Program, 2011. Germplasm Resources Information Network - (GRIN) [Base de datos en línea]. National Germplasm Resources Laboratory, Beltsville, Maryland. URL: <http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/index.pl> [01, Mar, 2011].
- VERVAEKE P., LUYSSAERTS., MERTENS J., MEERSE., TACK F.M.G., LUSTN., 2003. Phytoremediation prospects of willow stands on contaminated sediment: a field trial. *Environ. Pollut.* 126, 275-282.
- YOUNG J.A., YOUNG C.G., 1992. Seeds of woody plants in North America. Discorides Press, Portland, Oregon, USA. pp. 310-312.
- ZASADA J.C., DOUGLAS D.A., BUECHLER W.M., 2008. *Salix* spp. En: The woody plant seed manual (Bonner F.T., Karrfalt R.P., eds.). United States Department of Agriculture, Forest Service, Agriculture Handbook 727, Washington. pp. 1000-1009.

ZEH H., 2007. Ingeniería Biológica. Manual Técnico. Federación Europea de Ingeniería del Paisaje - Verein für Ingenieurbiologie. Vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich, Zürich.

ZSUFFA L., 1990. Genetic improvement of willows for energy plantations. Biomass Bioenerg. 22, 35-47.

Sambucus nigra L.

Saúco, saúco común, saúco mayor, saúco negro, binteiro, canillero, cañilero, flauta, sabú, sabuco, sabuko, sabugo, sabuquera, sabuquero, sahuco, samuquero, saúgo, sauqué; *cat.*: benabre, bonarbre, herba de llauretes, menabre, sabuqué, sabuquer, sahuqué, saüc ver, sauch, saugué, sauq, saüqué, saüquer; *eusk.*: inchusa, intsusa, intsusa beltza, intusa, linsusa, sabikoa, sabuka, sauko, ziorri, ziorria; *gall.*: bieiteiro, bieteiro

Sambucus racemosa L.

Saúco rojo, sabuquero, sauquera, sauquero, sauquero rojo; *cat.*: arraïmat, saüc, saüc racemós; *eusk.*: intsusa gorria

Jesús PEMÁN GARCÍA, Jesús COSCULLUELA GIMÉNEZ, Alfonso LÓPEZ VIVIÉ

1. Descripción

1.1. Morfología

Las especies leñosas de este género en España, *Sambucus nigra* y *Sambucus racemosa*, son arbustos caducifolios con una talla, generalmente, de 1 a 3 m de altura, que en ocasiones puede llegar hasta los 10 m en el caso de *S. nigra*. Los tallos están ramificados desde la base y dan lugar a una copa baja, densa y redondeada. Sus ramas son gruesas, con médula blanca en *S. nigra*, a diferencia del saúco de montaña (*S. racemosa*) que la tiene pardusca, amarillenta o cremosa (Ruiz de la Torre, 2006; Ruiz Téllez y Devesa, 2007).

1.2. Biología reproductiva

Las flores son hermafroditas, blancas o cremáceas en *S. nigra* y blancas o amarillentas en *S. racemosa*. Son olorosas y están dispuestas en cimas corimbosas planas, densas y nutridas, primero erectas y luego colgantes en el saúco común, mientras que en el de montaña la inflorescencia es en forma de tirso o panícula oval o piramidal ancha, raramente corimbiforme, de pedúnculos con frecuencia rojos. El cáliz es un tubo ovoideo soldado al ovario con cinco dientes cortos. La corola es gamopétala, enrodada, con cinco lóbulos iguales. El ovario presenta tres a cinco lóculos unilovulados; el estilo es corto, con tres lóbulos. Tienen cinco estambres, insertos en la base de la corola, con anteras oblongas, amarillas, de dehiscencia extrorsa (Ruiz de la Torre, 2006). Florecen generalmente entre mayo y julio. La polinización de las flores está facilitada por los insectos, principalmente abejas, y por el viento.

El fruto de ambas especies es una drupa globosa, de 5 a 8 mm de longitud y de 4 a 5 mm de anchura, que en la madurez alcanza un color negrozco en *S. nigra* y rojo en *S. racemosa* (Fig. 1 a y b). La fructificación tiene lugar entre julio y agosto, siendo abundante todos los años, salvo que se hayan producido condiciones adversas o se trate de individuos que crecen a la sombra. La dispersión de las semillas se efectúa por la acción de la avifauna y por los vertebrados frugívoros (Clergeau, 1992; Debussche y Isenmann, 1994; Traveset y Willson, 1997).

Las semillas tienen un tamaño medio entre 3 y 3,5 mm de longitud y de 1 a 2 mm de anchura (Fig. 2 a y b). La proporción de semillas no viables varía entre individuos, debido a la incidencia de la partenocarpia o al aborto del embrión (Bolli, 1994; Atkinson y Atkinson, 2002).



Figuras 1 a y b. Frutos de *Sambucus nigra* (izquierda) (Foto: J.I. García Viñas) y *S. racemosa* (derecha) (Foto: J. Pemán).



Figuras 2 a y b. Semillas de *Sambucus nigra* (izquierda) y *S. racemosa* (derecha).

La hibridación natural entre ambas especies es muy rara. Los casos registrados de híbridos no han producido semillas viables (Koncalova *et al.*, 1983).

1.3. Distribución y ecología

El saúco es una especie muy cosmopolita que se extiende por toda Europa, O y SO de Asia; se considera subspontánea en el Norte de África y Macaronesia (Azores y

Madeira). En España se encuentra distribuida por casi toda la Península, aunque debido a su cultivo como ornamental, es difícil establecer el origen de sus poblaciones (Ruiz Téllez y Devesa, 2007). *Sambucus nigra* se ubica en los pisos colino y montano, abarcando altitudinalmente entre 0 y 1.200 (1.800) m. Es indiferente a la naturaleza del sustrato, aunque necesita suelos sueltos y húmedos. En la Península se distribuye, preferentemente, en los pisos colino y montano, integrándose en agrupaciones vegetales como las fragas, los castañares y las carballedas de la Cornisa Cantábrica, los barrancos y castañares de Sierra Nevada, en barrancos de los Montes Oretanos, y en bosques claros, setos y bordes de arbolado en el Pirineo, Prepirineo, Cordillera Cantábrica, Sistema Ibérico Norte y Central (Ruiz de la Torre, 2006).

Por su parte, el saúco de montaña es una especie europea, que en la Península se encuentra en el cuadrante nororiental, siendo frecuente en las montañas pirenaicas e ibéricas. Se asocia a diferentes formaciones tanto abiertas como densas, como abetares, pinares de pino silvestre, galerías y setos y matorrales altos. Los pisos montano y subalpino son los propios de *S. racemosa*, que se distribuye preferentemente entre 1.100-1.700 m de altitud, aunque ha llegado a encontrarse hasta 2.070 m (Ruiz Téllez y Devesa, 2007). Las exigencias en cuanto al suelo son similares a las del saúco común, mostrando como aspecto diferencial su presencia en canchales, roquedos y cascajares.

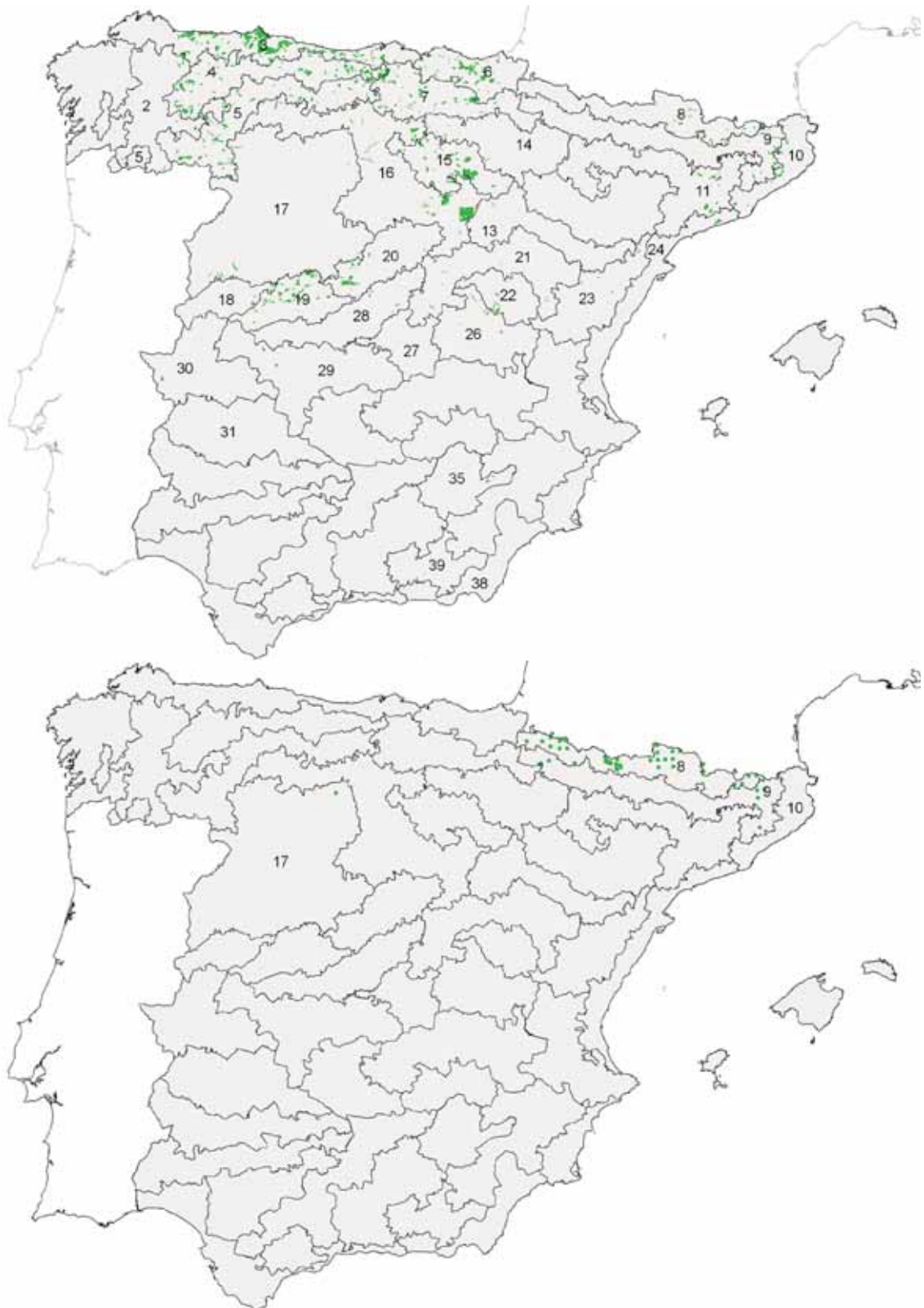
El temperamento de los saúcos para nuestras latitudes, es de media luz o media sombra, más este último para el de montaña. Crecen en sus primeras edades muy rápidamente, por lo que pueden perjudicar a las especies principales de la repoblación, según el diseño de la misma (Ruiz de la Torre, 2006).

2. Materiales forestales de reproducción

2.1. Marco normativo. Identificación de los materiales de reproducción

Los saúcos no son especies que tengan regulada la producción y comercialización de sus materiales de reproducción, por lo que no cuentan con un sistema de control oficial ni se les puede asignar de forma oficial regiones de procedencia. No obstante, facilitaría un empleo adecuado de sus materiales de reproducción el que a la hora de asignarles una procedencia o elegir el material que se va a utilizar se tuviera en cuenta las regiones de identificación y uso establecidas, según el método divisivo, por García del Barrio *et al.* (2001) (Fig. 3 a y b). En cualquier caso, se recomienda el empleo de materiales de la misma región en la que se va a efectuar la plantación. De esta manera, se promueve la conservación de las características genéticas de las poblaciones locales. En cuanto a la normativa sanitaria, el material de reproducción del género *Sambucus* no necesita ir acompañado por un pasaporte fitosanitario.

Sambucus nigra está catalogado como especie “De interés especial” en la Comunidad de Madrid (D. 18/1992) y como “Vulnerable” en la de Región de Murcia (D. 50/2003). Por su parte, *S. racemosa* tiene la consideración oficial de especie “De atención preferente” en la Comunidad de Castilla y León (D. 63/2007).



Figuras 3 a y b. Distribución de *Sambucus nigra* (superior) y *S. racemosa* (inferior) y Regiones de Identificación de sus materiales de reproducción (Fuente: Mapa Forestal de España 1:200.000 y Anthos, respectivamente).

2.2. Técnicas de manejo y propagación

2.2.1. Semillas

La recolección de los frutos suele efectuarse desde el suelo, cortando los racimos con unas tijeras podadoras, a veces ayudándose con pértigas, no presentando muchos problemas por el tamaño del arbusto. Se hace al final del verano, cuando las drupas adquieren el color propio de la madurez. Debe realizarse inmediatamente después de la maduración para evitar las pérdidas por depredación causadas por los pájaros, que son grandes consumidores de sus frutos.

La extracción y limpieza de las semillas se realiza mediante despulpado, lavado, secado, aventado y cribado. La parte carnosa del fruto es inhibidora de la germinación, por lo que la extracción debe realizarse lo antes posible, asegurándose de que las semillas queden libres de todo resto de pulpa. En caso de tener que retrasar la limpieza, los frutos deben disponerse en capas delgadas y removerse con cierta frecuencia para evitar su recalentamiento. Durante el oreado de las semillas extraídas, éstas no deben exponerse a pleno sol, pues un secado demasiado intenso puede resultar perjudicial. El comportamiento de las semillas de los saúcos es ortodoxo. El método de conservación es el convencional para este tipo de comportamiento, contenido de humedad de las semillas del 4-8% y conservación en ambiente frío (2-5 °C) dentro de recipientes herméticos. En estas condiciones se detecta una ligera pérdida de viabilidad a partir de los dos años (Brinkman y Johnson, 2008).

La temperatura es el factor ambiental clave en la germinación de las especies del género *Sambucus*. Aunque diseminan en agosto, la germinación de las semillas no se produce hasta la primavera siguiente (Hidayati *et al.*, 2000). La dormición de las semillas de los saúcos es de origen morfofisiológico (Hidayati *et al.*, 2000), sin que pueda atribuirse un componente físico por causa de su endospermo, al que hacen referencia otros autores (Brinkman y Johnson, 2008). El endospermo no impide la absorción de agua, por lo que las técnicas de escarificación u otros tratamientos encaminados a romper la impermeabilidad no son necesarios (Jinadasa, 2000).

Los métodos propuestos para romper el letargo son:

- Para *S. nigra*, estratificación en caliente (15 °C) durante 8-12 semanas, seguida de una estratificación fría (4 °C) durante 12-16 semanas (Forestry Commission, 2010). Este método está en consonancia con el comprobado por Hidayati *et al.* (2000) para *S. canadensis*, especie del mismo grupo taxonómico que *S. nigra*, consistente en una estratificación caliente durante 12 semanas (15-25 °C) para favorecer el desarrollo del embrión, seguida de una estratificación en frío (5 °C) durante 12 semanas para romper la dormición fisiológica, con un fotoperíodo recomendado de 14 horas de luz.
- Para *S. racemosa*, Hidayati *et al.* (2000) consideran que sólo es necesaria una estratificación en frío (5 °C) durante al menos 12 semanas para conseguir el crecimiento del embrión y la ruptura de la dormición. El fotoperíodo recomendado es de 14 horas de luz. Estos autores señalan que la estratificación fría puede sustituirse por el tratamiento con ácido giberélico en dosis de 100 mg

I⁻¹, registrándose a las 12 semanas una facultad germinativa superior del 90% bajo unas condiciones ambientales de temperatura de 15 a 25 °C y un fotoperíodo de 14 horas. No se debe descartar que, para lotes de poblaciones meridionales, como las de la Península Ibérica, sea necesario aplicar una estratificación previa en caliente, que simularía las condiciones naturales con las que se encuentran las semillas tras la dispersión en estas regiones más cálidas.

La ISTA no incluye en sus reglas a las especies del género *Sambucus*. Belcher (1985) señala para *S. racemosa* como condiciones para el ensayo de germinación una alternancia 15-25 °C o una temperatura constante de 21 °C, apuntando un amplio rango para el valor de la germinación (6-100%).

Tabla 1. Datos característicos de lotes de semillas de *Sambucus nigra* y *S. racemosa*.

Rendimiento semilla/fruto (% en peso)	Pureza (%)	Facultad germinativa (%)	Nº semillas kg ⁻¹	Referencia
<i>Sambucus nigra</i>				
		40-50	250.000-350.000-450.000	Piotto (1992)
4-6	85-95		(245.000-550.000)	Catalán (1991)
	98	95	316.350	Navarro-Cerrillo y Gálvez (2001)
7-18	80	63	385.000-510.000-713.000	Brinkman y Johnson (2008) ⁽¹⁾
6	89-90	79	257.000-451.000-570.000	Brinkman y Johnson (2008) ⁽²⁾
3-5	95-98	(46)	310.000-550.000	CNRGF <i>El Serranillo</i> (Anexo III)
(3-6)	95-100		310.000-500.000	Vivero Central JCyL (Anexo IV)
<i>Sambucus racemosa</i>				
4	97	47	422.000-629.000-829.000	Brinkman y Johnson (2008) ⁽³⁾
(5-12)	95-98		(312.000-376.000)	CNRGF <i>El Serranillo</i> (Anexo III)

⁽¹⁾ *S. nigra* subsp. *canadensis*

⁽²⁾ *S. nigra* subsp. *cerulea*

⁽³⁾ *S. racemosa* var. *racemosa*

La germinación de ambas especies es epigea. Las plántulas de *S. nigra* son de 4-5 cm, con dos cotiledones cordiformes, y hojas primordiales ovaladas, agudas y con el borde aserrado (Navarro-Cerrillo y Gálvez, 2001).

2.2.2. Vegetativa

El saúco se propaga fácilmente por estaquilla de tallo. Se debe utilizar estaquillas herbáceas o semileñosas, recogidas entre abril y mayo, de 10 a 15 cm de longitud y con 2 ó 4 nudos (Cocozza y La Viola, 2001). Las estaquillas semileñosas pueden obtenerse de toda la planta, aunque las estaquillas basales proporcionan mejores tasas de enraizamiento (Ventrella *et al.*, 1998). Según estos autores, en este tipo de estaquillas es mejor dejar las hojas del entrenudo superior. En el caso de utilizar estaquillas leñosas, éstas deben cortarse con talón para que la médula no quede al descubierto en la base (Legind y Kaak,

2002). No se recomienda el empleo de estaquillas de raíz. El saúco se ha regenerado *in vitro* a partir de segmentos nodales (Brassard *et al.*, 2004).

3. Producción de plantas

En vivero se producen, principalmente, plantas de *S. nigra*, tanto a raíz desnuda como en envase. El volumen del contenedor forestal suele oscilar entre 200 y 300 cm³, pudiendo utilizarse contenedores de 1 a 5 litros de capacidad para la producción de planta ornamental. En el cultivo a raíz desnuda se ha comprobado la influencia de la profundidad de la siembra en la emergencia de las plántulas, registrándose nascencias del 43%, 32% y 22% según se siembre en superficie, a 1 cm o a 3 cm de profundidad, respectivamente (Jindasa, 2000).



Figuras 4 a y b. Planta de *Sambucus nigra* de dos savias cultivada en alvéolo de 400 cm³ (izquierda) (Foto: CNRGF *El Serranillo*), y de *S. racemosa* de una savia producida en alvéolo de 300 cm³ (derecha) (Foto: M. Navarro).

4. Uso en repoblaciones y restauración

Los saúcos son muy interesantes para su uso en repoblaciones de enriquecimiento y de reconstrucción de hábitats, dado lo apreciado de sus frutos por la fauna silvestre. La ecología de *S. nigra* aconseja su plantación en riberas o en otras zonas con cierta humedad edáfica, en las que tiene una implantación fácil, tanto a raíz desnuda como en contenedor, debido a su frugalidad y rápido desarrollo. En el caso de *S. racemosa*, es una especie adecuada para ubicarla en terrenos inestables, como canchales o pedregales; además, desde el punto de vista estético, destaca por la vistosidad de su fructificación.



Figura 5. Ejemplar de *Sambucus nigra* tras cuatro años de plantación en la restauración de un terreno ocupado por antiguas edificaciones en Guadalajara (Foto: J.L. Nicolás).

5. Bibliografía

- ANTHOS, 2012. Sistema de información de las plantas de España. [Base de Datos en Línea]. Real Jardín Botánico, CSIC Fundación Biodiversidad. Disponible en http://www.anthos.es/v22/index.php?set_locale=es [7 En, 2012].
- ATKINSON M.D., ATKINSON E., 2002. *Sambucus nigra*. J. Ecol. 90, 895-923.
- BELCHER E., 1985. Handbook on seeds of browse shrubs and forbs. Tech. Publ. R8-TP8. Atlanta: USDA Forest Service, Southern Region.
- BOLLI R., 1994 Revision of the genus *Sambucus*. Dissertations Botanicae 223, 1-227.
- BRASSARD N., RICHER C., CHARLEBOIS D., 2004 Micropropagation of elderberry (*Sambucus nigra* ssp. *canadensis*). Agriculture and Agri-Food Canada/ Horticulture Research and Development Centre (online http://www.cshs.ca/brassard/2004_07_Micropropagation_elderberry_v3_files/slide0001.htm)
- BRINKMAN K.A., JOHNSON W.G., 2008. *Sambucus*. En: The woody plant seed manual (Bonner F.T., Karrfalt R.P., eds.). United States Department of Agriculture, Forest Service, Agriculture Handbook 727, Washington. pp. 1014-1018.

- 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. 349-350.
- CLERGEAU P., 1992. The effect of birds on seed germination of fleshy-fruited plants in temperate farmland. *Acta Oecol.* 13(6), 679-686.
- COCOZZA M.A., LA VIOLA T.A.M.F., 2001. Identification of propagation methods for some species common to Albania and Southern Italy. *Options Méditerranéennes* 47, 103-115.
- DEBUSSCHE M., ISENMANN P., 1994. Bird-dispersed seed rain and seedling establishment in patchy mediterranean vegetation. *Oikos* 69(3), 414-426.
- FORESTRY COMMISSION, 2010. Draft guidance for seed testing at Forestry Commission approved forest tree seed testing facilities. Disponible en: [http://www.forestry.gov.uk/pdf/STC-Appendix_1.pdf/\\$FILE/STC-Appendix_1.pdf](http://www.forestry.gov.uk/pdf/STC-Appendix_1.pdf/$FILE/STC-Appendix_1.pdf) [5 Jul, 2010]
- GARCÍA DEL BARRIO J.M., DE MIGUEL J., ALÍA R., IGLESIAS S., 2001. Regiones de identificación y utilización de material forestal de reproducción. Dirección General de Conservación de la Naturaleza. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- HIDAYATI S.N., BASKIN J.M., BASKIN C.C., 2000. Morphophysiological dormancy in seeds of two North American and one Eurasian species of *Sambucus* (*Caprifoliaceae*) with underdeveloped spatulate embryos. *Am. J. Bot.* 87(11), 1669-1678.
- JINADASA P.N.M., 2000. Seed characteristics and resource requirements of broom (*Cytisus scoparius*), elder (*Sambucus nigra*) and mahoe (*Melicytus ramiflorus*) in the context of a secondary succession. PhD Thesis. University of Canterbury, New Zealand.
- KONCALOVA M.N., HRIB J., JICINSKA D., 1983. The embryology of the *Sambucus* species and hybrids. En: Fertilization and embryogenesis in ovulated plants. Proceedings of the VII International Cytoembryological Symposium. (Erdelska O., ed.). Veda, Bratislava, Czechoslovakia. pp. 43-47.
- LEGIND E., KAACK K., 2002. Propagation of elder. *Gron Viden Haverbrug* 143.
- 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. 333-335.
- PIOTTO B., 1992. Semi di alberi e arbusti in Italia: come e quando seminarli. Società Agricola e Forestale (Grupo ENCC), Roma.
- RUIZ DE LA TORRE J., 2006. Flora Mayor. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Dirección General para la Biodiversidad, Madrid. pp. 1403-1408.
- RUIZ TÉLLEZ T., DEVESA J.A., 2007. *Sambucus*. En: Flora Ibérica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares. Vol XV. *Rubiaceae-Dipsacaceae*. (Devesa J.A., Gonzalo R., Herrero A., eds.). Real Jardín Botánico, Madrid. pp. 193-194.
- TRAVESET A., WILLSON M.F., 1997. Effect of birds and bears on seed germination of fleshy-fruited plants in temperate rainforests of Southeast Alaska. *Oikos* 80(1), 89-95.
- VENTRELLA M.C., ALVES L.O.A.R., BUCK V., AMARAL J.P., BUIM A.R.G., 1998. Effect of leaves and cutting types on root development in elderberry cuttings (*Sambucus nigra* L.). *UNIMAR Ciencias* 7, 81-85.

Sorbus aria (L.) Crantz

Mostajo, agustay, aliso, pespejón; *cat.*: moixera, moixera vera, pomera borda;
eusk.: hostazuria, hostozuria; *gall.*: moixera, mostazo

Carlos SORIANO MARTÍN, Óscar CISNEROS GONZÁLEZ

1. Descripción

1.1. Morfología

Se trata de un árbol sin espinas, caducifolio, de corteza lisa, que puede alcanzar 30 m de alto y 1 m de diámetro según Oria de Rueda *et al.* (2006). Las ramas jóvenes son pelosas y con abundantes lenticelas; más tarde glabras, con corteza lisa y pocas lenticelas. Las yemas hibernantes de 5 a 10 mm, son ovoides, pelosas, no viscosas, con escamas sin margen escarioso. Sus hojas son simples, de disposición alterna, con pecíolo peloso de 1-2 cm y limbo de (4)7-10 (13,5) cm de longitud y 3,4-11,2 cm de anchura, oval u orbicular, con ápice agudo, base de cuneiforme a truncada, margen doblemente aserrado o, a veces, obscuramente lobado, con lóbulos menores de 8,5 mm de longitud; el haz es glabro y el envés blanco-tomentoso. La raíz es pivotante, que da lugar a un importante sistema de raíces. La longevidad de esta especie es media, hasta 200 años (Ruiz de la Torre, 2006).

1.2. Biología reproductiva

La inflorescencia es corimbiforme, con las ramas densamente tomentosas. Las flores, hermafroditas, muestran un hipantio peloso, sépalos agudos, de 2,5-5 x 1,5-2,5 mm, tomentosos en la cara externa, persistentes, pétalos blancos, de 6-7,5 mm de longitud y 4-5,5 mm de anchura, patentes, glabros, 20 estambres de anteras amarillentas, raramente rosadas y filamentos glabros, de 2,5 a 7 mm, ovario ínfero de 2(-3) carpelos soldados en los 2/3 inferiores y estilos 2(-3) libres, con la base pelosa. Florece entre mayo y julio, después de la foliación. Los árboles alcanzan su madurez reproductiva a una edad comprendida entre los 8 y los 12 años. Las formas diploides son anfimícticas, con reproducción sexual, y las triploides y tetraploides son apomícticas, obligadas o facultativas. La polinización es entomófila.

El fruto es un pomo subgloboso, a veces piriforme, de 8-13 mm de diámetro, glabro, rojo, generalmente con más de 35 lenticelas, hasta 300 ó aún más, de carne provista de grandes grupos de células taníferas que se ven a simple vista y algunas esclereidas, corazón claramente diferenciado, con numerosas esclereidas, sin cavidad central. Las semillas, de sección transversal anchamente elíptica, miden 4-8 x 2-4,5 mm, son lisas, pardo-rojizas y se presentan en número de (0)-2-(3) por fruto. Aldasoro *et al.* (2004) proporcionan detalles de la anatomía del pomo y de la semilla.

Los frutos están maduros en septiembre u octubre. La diseminación es generalmente zoocórica, más concretamente endozoocórica; los frutos son consumidos por aves



Figura 1. Frutos de *Sorbus aria*
(Foto: C. Soriano).



Figura 2. Semillas de *Sorbus aria*.

y mamíferos que contribuyen a su diseminación tras el paso de las semillas por el tracto digestivo. Oria de Rueda *et al.* (2006) indican diversas especies de mamíferos que destacan como agentes diseminadores, entre los que incluye los osos cántabros y numerosas especies de aves, como mirlos, zorzales, estorninos, etc. Los mismos autores resaltan que algunos consumidores de frutos, como los jabalíes, palomas torcaces, pinzones, verderones, carboneros etc., trituran las semillas. Rebrotan bien de cepa tras la tala y los incendios.

Se tiene conocimiento de formas diploides, triploides y tetraploides con 34, 51, 68 cromosomas respectivamente (Aedo y Aldasoro, 1998). Ruiz de la Torre (2006) indica: $2n=68$ cromosomas. Muchas formas de *S. aria* se han descrito como microespecies. Hibrida con *S. aucuparia* y estos cruces parecen haber dado lugar a dos especies hibridógenas, *S. hybrida* L. y *S. intermedia* (Ehrh.) Pers., que se suelen multiplicar asexualmente mediante apomixis, aunque ocasionalmente pueden hacerlo sexualmente, y cuya morfología vegetativa se relaciona fácilmente con la de uno de sus parentales; por sus hojas compuestas con *S. aucuparia*, el primero, y por la forma y envés blanco de sus hojas con *S. aria*, el segundo, con el que muchas veces se ha confundido. Hibrida también con *S. torminalis*, algunos de cuyos híbridos parecen haber originado *S. latifolia* (Lam.) Pers., con el arbustivo *S. chamaemespilus* (L.) Crantz, de cuyos cruces se origina *S. sudetica* (Tausch) Nyman, así como con estas especies hibridógenas, dando lugar a múltiples formas híbridas que hacen muy compleja la taxonomía del género. En el Cáucaso, Turquía e Irán coincide con otras especies con las que también parece hibridarse (Aldasoro *et al.*, 2004). Musch *et al.* (2008) publican un detallado estudio de los híbridos entre *S. aria* y *S. torminalis*.

1.3. Distribución y ecología

Warburg y Kárpáti (1968) reconocen dos subespecies en Europa: subsp. *aria*, de amplia distribución, y subsp. *lanifera*, de las montañas de la ex Yugoslavia. Estos autores exponen la siguiente distribución para la especie en Europa: desde Irlanda y España, hacia el este, hasta los Cárpatos; sus límites sur son inciertos a causa de su confusión con especies próximas. Aldasoro *et al.* (2004) recogen citas de Noruega, Suecia y Dinamarca, países no registrados en la relación presentada en Flora Europea (Warburg

y Kárpáti, 1968) y admiten su distribución oriental, al menos hasta Irán, aunque en el mapa esquemático que presentan no figura esta área. Ruiz de la Torre (2006), al igual que Laguna (1890) mencionan su extensión por las montañas del Occidente de Asia, adentrándose hasta el Himalaya. USDA (2010) recoge una relación de países en los que se conoce su presencia, incluyendo Dinamarca, Suecia y Noruega y, para Asia, Armenia y Georgia, en la región del Cáucaso. También se conoce su presencia en el Norte de África, en Marruecos, Argelia y Túnez (Quézel, 1980; Charco, 2001; USDA, 2010), así como en las Islas Canarias (Aedo y Aldasoro, 1998; Ruiz de la Torre, 2006). En la Península Ibérica se presenta en la mayor parte de las provincias, faltando en la mayoría de las del cuadrante sudoeste (Aedo y Aldasoro, 1998). Oria de Rueda *et al.* (2006) analizan con mayor detalle su distribución y Ruiz de la Torre (2006) destaca las áreas donde es más abundante y adquiere mayor relevancia. Se encuentra también en la isla de Mallorca y en las de Tenerife, en las Cañadas del Teide, y La Palma, en la Caldera de Taburiente (Aedo y Aldasoro, 1998; Ruiz de la Torre, 2006; Oria de Rueda *et al.*, 2006). Aedo y Aldasoro (1998) ponen en duda su presencia en la provincia de Cáceres, pero Calleja y Cáceres (2004) señalan su presencia en la comarca de Los Ibores-Las Villuercas.

Aedo y Aldasoro (1998) y López González (2001) acotan su rango altitudinal entre 0 y 2.200 m peninsular, mientras que Oria de Rueda *et al.* (2006) indican que está muy extendida por las áreas montañosas de toda España entre 600 y 2.200 m de altitud pero reflejan su presencia al nivel del mar en Santoña (Cantabria). Ruiz de la Torre (2006) registra un rango aún más estrecho, entre 700 y 2.000 m de altitud, pero indica que alcanza mayores altitudes con porte arbustivo.

Es especie tolerante al frío invernal, capaz de vivir en latitudes que superan los 65° N y en cotas altitudinales superiores a 2.500 m, donde se alcanzan a menudo, temperaturas inferiores a -15 °C. En la mayor parte de su área vive en zonas de montaña y está adaptada a períodos vegetativos cortos, de unos 175 días, evitando las estaciones muy continentales. Vive en climas axéricos o submediterráneos. En las áreas de clima mediterráneo crece en altitudes más o menos elevadas, donde se reduce la evapotranspiración potencial. En la caracterización del hábitat climático de esta especie realizada por Gastón y García Viñas (Anexo I), la temperatura media anual se sitúa entre 4,4-10,7 °C, la temperatura media de las mínimas del mes más frío es inferior a -0,9 °C y la temperatura media de las máximas del mes más cálido se sitúa entre 15,4 y 26,8 °C. La precipitación anual media supera los 760 mm y la precipitación media estival los 120 mm. Se presenta en todo tipo de sustratos, incluso los arcillosos, con excepción de los salinos, y se considera especie capaz de vivir en suelos pobres, aunque prefiere los fértiles, sueltos y ricos en cal.

En la mayor parte de Europa se considera especie de luz o de media luz. En España, puede considerarse como heliófila en el Norte y de media sombra en el Sur (Ruiz de la Torre, 2006; Oria de Rueda *et al.*, 2006). En España vive en dominios de los bosques de coníferas de montaña, de bosques caducifolios, subesclerófilos y en los esclerófilos más frescos. Con porte arbustivo supera los límites altitudinales del bosque. Se presenta en abetares, tanto de *Abies alba* como de *A. pinsapo*, en pinares de pino negro, de pino albar y de pino salgareño, hayedos, robledales, melojares, quejigares y encinares frescos, a menudo en claros o bordes de bosque o en matorrales de sustitución arbustivos o subarbustivos. Suele ser la especie arbórea que alcanza mayor altitud en las Sierras del sur

Peninsular. Aguanta bien las exposiciones al mar y la contaminación atmosférica, aunque no así la concentración de metales pesados en el suelo. Generalmente está micorrizada por micorrizas arbusculares (Fitter y Peat, 1994).

2. Materiales forestales de reproducción

2.1. Marco normativo. Identificación de los materiales de reproducción

La especie *S. aria* está sometida a la normativa nacional sobre producción y comercialización de materiales forestales de reproducción, siendo una de las especies incorporadas por España de forma facultativa al sistema de certificación de la UE (Directiva 1999/107/CE del Consejo). Sus regiones de procedencia están establecidas por el método divisivo, es decir, carece de regiones específicas (Alía *et al.*, 2009). Todos los materiales de base catalogados en la actualidad son fuentes semilleras, que, aún sin dar cobertura a todas las regiones de procedencia, sí permiten la obtención de material de reproducción acreditado en las de mayor representatividad de la especie. En todo caso es de destacar la ausencia de fuentes semilleras en Cataluña, tanto en los Pirineos como en zonas mediterráneas y de transición. Las características ecológicas de las regiones de procedencia donde está presente se recogen en la Tabla 1.

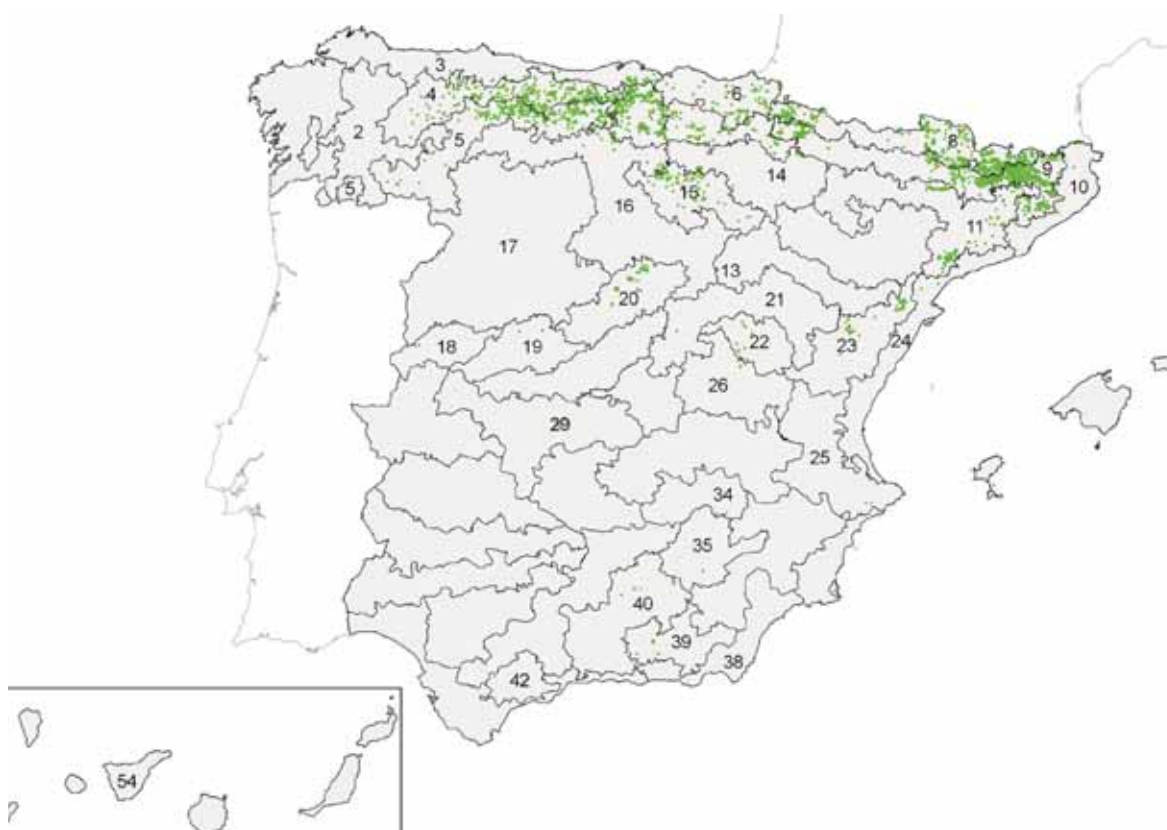


Figura 3. Distribución de *Sorbus aria* y Regiones de Procedencia de sus materiales de reproducción (Alía *et al.*, 2009).

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

RP	Pres (%)	Altitud (m)			Precipitación (mm)		A (meses)	Temperatura (°C)			Osc (°C)	Hs (meses)	Tipo de suelo (FAO)
		Med	Max	Min	Annual	Estival		Med	MaxMC	MinMF			
2	0,2	1268	1592	906	1034	121	1,1	8,9	24,8	-2,4	16,1	3,6	CMu(75) RK(25)
3	1,7	459	1114	41	1535	226	0	11,9	22,5	3,1	11,4	0	CMc(56) CMu(35)
4	10,8	1031	1794	179	1352	181	0	9,3	22,9	-1,4	13,3	2,6	CMu(48) CMc(28) RK(15)
5	10,4	1279	1974	775	1159	139	0,4	8	24,1	-3,4	15,2	4,8	CMu(63) CMc(17) RK(11)
6	3,2	689	1134	209	1729	252	0	10,9	23,6	1,3	13,2	0,1	CMc(52) CMu(34)
7	12,4	867	1607	233	1063	157	0,3	10,2	24,6	-0,1	14,3	0,9	CMc(68) CMu(26)
8	18,2	1372	2379	636	1139	268	0	7,9	23,8	-4,6	16,7	5	CMc(43) CMu(42)
9	26,6	980	1873	283	979	250	0	10,3	26,5	-2,5	17	3,3	CMc(85) CMu(11)
10	0,9	630	1109	119	983	206	0,2	12,2	26,4	0,1	15,3	0,9	CMc(42) RK(33) CMd(21)
11	4,7	841	1520	388	727	143	1,1	12	28,3	-0,6	18	1,4	CMc(75) CMc(22)
13	0,1	1146	1154	1138	523	110	2,1	10,8	29,1	-1,9	18,3	3,1	CMc(100)
14	0,9	1062	1403	600	758	144	0,7	9,9	25,8	-1,1	16,1	2	CMc(96)
15	3,4	1313	1907	735	889	158	0,3	8,6	24,9	-2,5	16	3,8	CMu(56) CMc(44)
16	1	1023	1459	826	758	122	1,2	10	26,4	-1,2	16	2,2	CMc(60) CMu(16) CMc(12)
17	0,1	1112	1165	1059	865	92	1,9	9,6	27	-2,4	15,7	4	CMu(100)
18	0,1	872	874	869	981	71	2,5	11,9	29,5	-0,3	17	0,5	CMu(100)

RP	Pres (%)	Altitud (m)			Precipitación (mm)		A (meses)	Temperatura (°C)			Osc (°C)	Hs (meses)	Tipo de suelo (FAO)
		Med	Max	Min	Annual	Estival		Med	MaxMC	MinMF			
19	0,1	1003	1194	676	639	71	2,8	11,9	30,3	-1,0	17,7	2,5	CMd(34) CMe(33) LVv(33)
20	1,4	1580	2023	1175	1015	129	1,1	8,4	26	-3,0	17,3	4,5	CMu(95)
21	0	867	867	867	571	80	3	12,4	31,3	-1,4	19,2	2,3	CMc(100)
22	0,5	1279	1645	921	859	115	1,7	9,9	29,7	-3,8	18,3	4,9	CMc(100)
23	1,4	1236	1703	513	801	147	0,6	10,2	25,5	-1,0	16,2	2,1	CMc(100)
24	0,2	700	924	554	700	111	1,7	13,6	27,5	2,9	15,8	0	CMc(100)
25	0,1	1300	1407	1193	891	73	2,2	11,6	25,1	1,9	15,2	0	CMc(100)
26	0,2	1175	1263	1122	828	104	1,9	10,7	29,3	-2,3	17,9	3,8	CMc(100)
29	0,4	983	1255	733	786	75	2,9	13	31,9	-0,1	18,9	0,6	CMd(100)
34	0,1	1201	1296	1106	723	79	2,7	12	30,5	-0,5	18,9	0,9	CMc(100)
35	0,1	1617	1754	1479	933	87	2,1	9,8	28,4	-2,4	19,6	3,5	CMc(50) LPc(50)
38	0,3	1600	1772	1283	883	40	3,1	11,5	25	2,2	14,5	0	CMc(88) CMe(12)
39	0,3	1892	2167	1684	816	58	2,8	9,6	28	-3,1	18,2	3,5	CMe(71) CMc(29)
40	0,3	1460	1816	925	1001	69	2,6	11,6	30,1	-0,5	18,4	1,3	CMc(100)
42	0,2	1363	1766	980	1299	53	2,8	11,9	27,6	1,6	16,2	0	CMc(100)

Se conocen diversas variedades mantenidas en cultivo por su interés ornamental, para su utilización en jardinería, que no deben emplearse en forestaciones.

Esta especie está incluida en los Catálogos de especies amenazadas y protegidas de varias CC.AA. Así, en Andalucía está calificada como “En régimen de protección” (D. 23/2012); en Canarias (D. 151/2001), Castilla-La Mancha (D. 33/1998) y Madrid (D. 18/92) se incluye en el listado de especies “De interés especial” y en la Región de Murcia (D. 50/2003) se cataloga como especie “En peligro de extinción”. En lo que se refiere a normativa sobre sanidad vegetal, el mostajo, como integrante del género *Sorbus*, está incluido en la legislación sobre pasaporte fitosanitario.

2.2. Técnicas de manejo y propagación

2.2.1. Semillas

Los frutos deben colectarse en cuanto terminan de madurar, a finales del verano o inicios del otoño, antes de que la cosecha sea consumida por los pájaros. El pericarpo fresco parece inducir una latencia secundaria, por lo que suele recomendarse eliminarlo y dejar la semilla limpia poco después de la recolección del fruto. La extracción de las semillas puede realizarse manualmente en un macerador con agua, separando la pulpa y las semillas vanas por flotación. A continuación se procede a dejar secar las semillas al aire, cuidando de que no queden expuestas al sol, para evitar que un secado demasiado rápido o intenso provoque la apertura de su cubierta protectora y quede menos protegida la simiente. También se pueden extraer con la ayuda de una prensa de fruta, separando posteriormente la pulpa seca y las semillas vanas por flotación o aventado.

Las semillas de *S. aria* tienen un comportamiento ortodoxo, recomendándose para su almacenamiento una humedad del 10-12% y una temperatura menor de 0 °C (Gosling, 2007) o ligeramente superior (Bacchetta *et al.*, 2006; Alía *et al.*, 2009). Se considera que esta especie presenta un profundo letargo. Por un lado, la pulpa de los frutos impide la germinación de las semillas, por lo que los animales diseminadores no sólo contribuyen a la dispersión de la especie, sino que además facilitan sus posibilidades de germinación. Pero a su vez, las semillas limpias presentan un período de latencia antes de germinar. Este plazo de tiempo, en condiciones naturales, suele durar hasta que los fríos invernales interrumpen la dormición de las semillas, al menos de gran parte de ellas, que germinan en primavera. El letargo de las semillas es debido, en parte, a su testa. Los tratamientos pregerminativos que se han descrito para esta especie son los siguientes:

- Estratificación cálida a 15 °C, durante 2 (4) semanas, seguido de (12) 16 semanas de estratificación fría a 4 °C (Gosling, 2007). El tratamiento suele ser efectivo, pero su duración y el número de ciclos que hay que repetir varía mucho entre los lotes de semillas. A modo de guía, el autor indica que el tratamiento debería iniciarse sobre el 20 de octubre para poder sembrar a primeros de marzo. Algunas casas comerciales de semillas aconsejan prolongar el período de estratificación fría a 5-7 meses.
- Escarificación. Previamente se mantienen las semillas en agar al 1% a 6 °C, durante 8 semanas y luego se escarifican para suprimir la testa.

- Los métodos de pretratamiento sin medio puestos a punto por Muller y Laroppe (1993) para *S. torminalis* podrían ensayarse para esta especie, ajustando las condiciones de humedad y temperatura.

Para la estandarización de la evaluación de lotes de semillas comerciales del género *Sorbus*, la ISTA (2011) establece que la estratificación en frío se lleve a cabo durante 4 meses y que la fase de germinación se efectúe en arena como medio y aplicando una alternancia térmica (20-30 °C) siguiendo un ciclo de 16-8 horas durante 28 días. Para esta especie, al igual que para otras con similar tipo de letargo, la Forestry Commission (2010) recomienda que la alternancia térmica sea de 3-20 °C. Ambas directrices aconsejan, sin embargo, la valoración de la calidad de los lotes por el test del tetrazolio, debido a la larga duración del método de germinación. En la Tabla 2 se recogen valores de referencia de parámetros de caracterización de lotes de semillas ofrecidos por diferentes autores.

Tabla 2. Datos característicos de lotes de semillas de *Sorbus aria*.

Rendimiento semilla/fruto (% en peso)	Pureza (%)	Facultad germinativa (%)	Nº semillas kg ⁻¹	Referencia
1-2				Catalán (1991)
		65	36.000-53.000-73.000	Piotto (1992)
			40.816-60.716	García-Fayos (2001)
	95	80	65.000	Navarro-Cerrillo y Gálvez (2001)
0,8-2,6	91-100	74-98	34.300-50.200	Banc de Llavors Forestals (Anexo II)
1,5-4,2	95-98	60-90 ⁽¹⁾	43.000-60.000	CNRGF <i>El Serranillo</i> (Anexo III)
2-4	80-100	71-97 ⁽¹⁾	42.000-62.000	Vivero Central JCyL (Anexo IV)

⁽¹⁾ Ensayos al tetrazolio

La germinación de las semillas es epigea. Las plántulas miden 3-4 cm y presentan dos cotiledones elipsoidales y hojas primordiales oblongas, ligeramente aserradas, de color verde brillante (Navarro-Cerrillo y Gálvez, 2001). Las semillas de frutos inmaduros tienen problemas en el desarrollo de la radícula después de germinar.

2.2.2. Vegetativa

Fitter y Peat (1994) caracterizan esta especie como de poca o ninguna propagación vegetativa. Ruiz de la Torre (2006) señala que *S. aria* puede producir abundantes brotes adventicios bajos, retoños y brotes chupones de la base del tronco, siendo escasos los renuevos y las sierpes, aunque éstas pueden proporcionar una forma aceptable de multiplicar ejemplares con hojas de destacada belleza.

3. Producción de plantas

En el caso de efectuar el cultivo a raíz desnuda, MacDonald (1986) recomienda sembrar en vivero a razón de 200-250 semillas m⁻². De forma más general para los serbales,

Catalán (1991) indica dosis de 1 a 2 g de semilla por metro. La siembra suele realizarse en primavera, tras la estratificación, con el objetivo de optimizar y homogeneizar la nascencia, mejorando los resultados más erráticos de una siembra de otoño. La planta a raíz desnuda, utilizable en estaciones sin limitación hídrica, debe ser repicada y superar los 20 cm de altura.

Para cultivo en contenedor, se requiere utilizar al un envase de 300 cm³ como mínimo para producir plantas de una savia, aunque conviene plantar árboles de mayor tamaño, entre 60 y 100 cm, que se producen con dos savias en contenedores de 1 litro. Dado el tamaño de sus hojas, densidades de cultivo superiores 300 plantas m⁻² pueden generar problemas en la distribución del agua de riego en los alvéolos. Se trata de una especie sensible a la sequedad ambiental y al calor excesivo.



Figuras 4 a y b. Plantas de *Sorbus aria* de una savia producida en alvéolo de 300 cm³ (izquierda) y de dos savias cultivada durante el primer año en el mismo tipo de alvéolo y trasplantada a envase de 1 litro para su segundo año de cultivo (derecha) (Foto: CNRGF *El Serranillo*).

4. Uso en repoblaciones y restauraciones

El mostajo se utiliza exclusivamente para la restauración forestal, no habiéndose contemplado su utilización para la producción de madera. Es una frondosa acompañante dentro de forestaciones con especies del género *Quercus* o *Pinus*, en las que supone porcentajes inferiores al 10%. Según las estadísticas forestales de los últimos años, ofrecidas por el Ministerio competente en su página electrónica, en España se han recogido anualmente unos 220 kg de frutos y se han producido algo más de 100.000 plantas año⁻¹.

Se trata de un árbol de carácter postcolonizador, en el sentido de ocupar con facilidad terrenos libres de competencia, aunque sin alcanzar la capacidad para crear suelo de las especies colonizadoras, como abedules o pinos. Es un árbol muy rústico, adaptado al régimen climático continental y a las estaciones expuestas. La elevada capacidad para rebrotar de cepa facilita su implantación, porque aunque la guía principal se pierda por las condiciones adversas de las áreas montañosas en las que se implanta, numerosos brotes retoman el crecimiento. Con el tiempo, se forma un conjunto de troncos que extienden la proyección de la copa, cubren de forma eficaz el suelo y sirven de refugio para la fauna. Los animales también se benefician del mostajo como fuente de alimento, tanto de sus frutos como de su abundante polen. Una particularidad de esta especie es la capacidad para estabilizar el suelo, pues sus raíces forman una red eficaz para evitar la pérdida de tierra, incluso en laderas de mucha pendiente y canchales.

5. Planificación de la repoblación

Cuando las estaciones son homogéneas, el papel del mostajo como diversificador del ecosistema creado con la repoblación se consigue de forma más eficaz salpicando ejemplares entre el conjunto de la repoblación. Es frecuente que el mostajo no sea la única frondosa en la repoblación, por lo que la planta se reparte junto con las otras especies acompañantes. Así, no suelen crearse golpes o bosquetes de esta especie, sino del conjunto de frondosas, para aprovechar zonas de mayor humedad, mejor suelo, umbrías, etc. La densidad de plantación es, habitualmente, elevada, en general superior a los 1.100 pies ha⁻¹, ajustada a la de las especies principales de la repoblación. En el extremo contrario, cuando la calidad de la estación justifica que se planten exclusivamente frondosas, se opta por menores densidades, en torno a 800 pies ha⁻¹. En general, se pueden buscar espaciamientos amplios, porque está muy bien adaptado al crecimiento en situaciones expuestas y a la ausencia de competencia.

La preparación del terreno debe permitir un rápido arraigo, aunque se trata de una especie relativamente rústica. El ahoyado mecanizado, el subsolado o el ahoyado superficial son buenas alternativas en las reforestaciones ubicadas en las montañas, para las que se emplean plantas pequeñas (por debajo de 80 cm de altura), de una o dos savias, a raíz desnuda o en envase en función de la humedad de la estación. En estaciones con suelo profundo y escasa pendiente se emplean plantas de dos savias, con ahoyado de 1 m de profundidad. Es necesario proteger las plantas del ganado y la caza, como en la mayoría de las frondosas, aunque la capacidad del mostajo para rebrotar de cepa facilita que el árbol se sobreponga a los daños. No se planifican podas porque la producción de madera es una posibilidad que no se contempla habitualmente, a pesar de que la madera de esta especie se compara con la del peral.

6. Bibliografía

AEDO C., ALDASORO J.J., 1998. *Sorbus* L. En: Flora Ibérica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares. Vol VI. *Rosaceae*. (Muñoz Garmendia F., Navarro C., eds.). Real Jardín Botánico, Madrid. pp. 414-429.

ALDASORO J.J., AEDO C., MUÑOZ GARMENDIA F., PANDO DE LA HOZ F., NAVARRO C., 2004. Revision of *Sorbus* Subgenera *Aria* and *Torminaria* (*Rosaceae-Maloideae*). Syst. Bot. Monogr. 69.

- 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. 297-300.
- 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.
- CALLEJA J.A., CÁCERES Y., 2004. *Vaccinium myrtillus* L. y otras novedades corológicas para Extremadura y la Comarca de Los Ibores-Las Villuercas. Stud. Bot. 23, 101-104.
- 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. 359-361.
- CHARCO J., 2001. Guía de los árboles y arbustos del Norte de África. Ed. Agencia Española de Cooperación Internacional, Madrid.
- FITTER A.H., PEAT H.J., 1994. The Ecological Flora Database. J. Ecol. 82, 415-425.
- FORESTRY COMMISSION, 2010. Draft guidance for seed testing at Forestry Commission approved forest tree seed testing facilities. Disponible en: [http://www.forestry.gov.uk/pdf/STC-Appendix_1.pdf/\\$FILE/STC-Appendix_1.pdf](http://www.forestry.gov.uk/pdf/STC-Appendix_1.pdf/$FILE/STC-Appendix_1.pdf) [5 Jul, 2010]
- GARCÍA-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. 43.
- GOSLING P.G., 2007. Raising trees and shrubs from seed. Forestry Commission, Edinburgh.
- ISTA (International Seed Testing Association), 2011. International rules for seed testing. Edition 2011. ISTA, Bassersdorf, Switzerland.
- LAGUNA M., 1890. Flora Forestal española. Tomo II. Imprenta Nacional del Colegio de sordomudos y ciegos. Madrid. pp. 198-199.
- LÓPEZ GONZÁLEZ G.A., 2001. Los árboles y arbustos de la Península Ibérica e Islas Baleares. Tomo I. Ed. Mundi-Prensa, Madrid. pp. 775-777.
- MACDONALD B., 1986. Practical woody plant propagation for nursery growers. Timber Press. Portland, Oregon.
- MULLER C., LAROPPE E., 1993. *Sorbus torminalis*. Conservation et germination des semences. Rev. For. Franç. XLV(3), 253-260.
- MUSCH B., ODDOU-MURATORIO S., LÉVÈQUE L., VALLANCE M., LE GUERROUE B., 2008. Alisier torminal, alisier blanc, hybrides comment s'y retrouver ?. Rendez-vous techniques 22, 61-67. Disponible en: http://www.orleans.inra.fr/les_unites/ur_agpf/conservatoire [24 Oct, 2010].
- 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. 333-335.
- ORIA DE RUEDA J.A., MARTÍNEZ DE AZAGRA A., ÁLVAREZ A., 2006. Botánica forestal del género *Sorbus* en España. Invest. Agr.: Sist. Recur. For. Fuera de serie 166-186.
- PIOTTO B., 1992. Semi di alberi e arbusti in Italia: come e quando seminarli. Società Agricola e Forestale (Grupo ENCC), Roma.
- QUÉZEL P., 1980. *Sorbus*. En : Flore de L' Afrique du Nord. (Maire R., ed.). Lechevalier S.A.R.L., Paris. Vol. XV. pp. 114-121.
- RUIZ DE LA TORRE J., 2006. Flora Mayor. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Dirección General para la Biodiversidad, Madrid. pp. 858-861.

Sorbus aria L.

USDA, 2010. *Sorbus aria*. En: Germplasm Resources Information Network - (GRIN) [Base de datos en línea]. National Genetic Resources Program. National Germplasm Resources Laboratory, Beltsville, Maryland. Disponible en: <http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/family.pl?972>. [20 Oct, 2010].

WARBURG E.F., KÁRPÁTI Z.E., 1968. *Sorbus* L. En: Flora Europaea, 2, *Rosaceae* to *Umbelliferae* (Tutin T.G., Heywood V.H., Burges N.A., Moore D.M., Valentine D.H., Walters S.M., Webb D.A., eds.). Cambridge Univ. Press, Cambridge.

Sorbus aucuparia L.

Serbal de cazadores, argumón, zerollera borde, caputre, cervellón; *cat.*: moixera de guilla, azarolera borda, server de bosc; *eusk.*: otsa-lizarra, atso-lizarra, udalatxa; *gall.*: cancireixo, capudre, serbal, sorba

Carlos SORIANO MARTÍN, Óscar CISNEROS GONZÁLEZ

1. Descripción

La posición taxonómica de los géneros de *Maloideae*, la subfamilia de *Rosaceae* que incluye al género *Sorbus*, ha sido muy discutida. El género ha sido subdividido por distintos taxónomos en subgéneros y secciones con diversos criterios, pero manteniendo el nombre genérico de *Sorbus*. Sin embargo, Robertson *et al.* (1991), en una revisión de *Maloideae*, propusieron la separación del género en cinco géneros distintos, con lo que cambiaría la nomenclatura, permaneciendo en el género *Sorbus* exclusivamente las especies de hoja compuesta, salvo *S. domestica* que se incluiría en el género *Cormus*. La propuesta de Robertson *et al.* (1991) es seguida por McAllister (2005) quien, en su trabajo monográfico de *Sorbus* sólo considera en este género especies de hoja compuesta. En esta descripción, siguiendo a numerosos autores, y en particular a Aedo y Aldasoro (1998) y Aldasoro *et al.* (2004) se considera *Sorbus s.l.* y se mantiene una división subgenérica. Sin embargo, con esta nota, se trata de advertir al lector de que el término genérico *Sorbus* puede entenderse en sentido restringido (*Sorbus* subgen. *Sorbus*), tal como se refleja en USDA (2010).

1.1. Morfología

Es un árbol sin espinas, caducifolio, de hasta 28 m de altura y de corteza lisa, que se desarrolla como arbusto en localidades suprasilvicas. Las ramas jóvenes son pubescentes, más tarde glabras, con corteza lisa. Las hojas son compuestas imparipinnadas, de disposición alterna, con 5-7 pares laterales de foliolos oblongo-lanceolados y con el foliolo terminal semejante a los laterales (lo que le diferencia de algunos serbales hibridógenos, como *S. hybrida*). Las yemas hibernantes, de 9-13 mm, son tomentosas (carácter diferencial con *S. domestica*), no o escasamente viscosas. Presenta una raíz pivotante y unas raíces laterales superficiales de gran desarrollo, aspecto que ha justificado su utilización para la fijación de terrenos inestables en alta montaña. Su máxima edad útil se ha estimado en 150 años.

1.2 Biología reproductiva

Las inflorescencias son corimbiformes, que se desarrollan tras la foliación primaveral, compuesta por numerosos corimbos terminales, con flores muy abundantes. Las flores, hermafroditas, tienen los pétalos de color blanco, raramente amarillento o crema, generalmente en número de 5. Presentan, por lo común, 20 estambres, tan largos como

los pétalos, con anteras de color crema. El ovario es ínfero. Los carpelos están soldados en el tercio inferior, unidos con el hipantio sólo hasta dos terceras partes. Cuentan con 2 a, muy raramente, 5 estilos florales, generalmente 3 (5 en *S. domestica*).

El serbal de cazadores florece en mayo, o ya entrado junio en las tierras altas y frías (Font Quer, 1962). Su floración, más o menos abundante según los años y las localidades, se produce simultáneamente, en un intervalo de tiempo reducido en todos los individuos de cada población (floración masiva), aunque este intervalo puede no coincidir cronológicamente con el de poblaciones vecinas. Es especie anfimíctica, cuya polinización es entomófila, al menos en su mayor parte. El aroma de las flores es intenso y dulzón, perceptible a una distancia de muchos metros. La posición de la zona nectarífera está entre la inserción de los estambres y los estilos florales; en tiempo frío los estambres convergen, mientras que en tiempo cálido divergen, exponiendo el abundante néctar que se encuentra en una posición muy superficial, con lo que resulta muy asequible a numerosos insectos, incluidos los moscardones, que también encuentran facilidades de desplazamiento por unas inflorescencias densas y aplanadas. Algunos registros de polinizadores manifiestan la importancia, al menos en algunas localidades, de la polinización por dípteros, pero también se han observado himenópteros, lepidópteros y coleópteros. Se ha comprobado experimentalmente que cuando se poliniza manualmente una inflorescencia mediante polen externo, el inicio de la fructificación aumenta significativamente, así como el cuajado de los frutos y el número de semillas por fruto. Esto sugiere que los polinizadores no proporcionan suficiente polen para fertilizar todos los rudimentos seminales de cada flor y, aún menos, todos los del conjunto de flores de una inflorescencia. La convergencia de los estambres hacia los estilos florales en tiempo frío se ha interpretado como posibilidad de autopolinización. Sin embargo, es dudoso que este fenómeno represente una adaptación a la polinización en ausencia de polinizadores activos, más aún cuando se ha puesto de manifiesto que la especie es autoincompatible. Así, las flores manifiestan protoginia, esto es, los estigmas son receptivos antes de que salga el polen de la misma flor. No obstante, parece ser que en ciertas poblaciones, el mecanismo de autoincompatibilidad está debilitado y no es completo (Raspé *et al.*, 2000).

El fruto es un pomo subgloboso, deprimido-globoso u ovoide, de 6-9(-14) mm de diámetro o de 8-9 x 10-11 mm, rojo o rojo-anaranjado, dorado en algunas variedades en cultivo, con pocas e inconspicuas lenticelas, sin o con pocas células pétreas y sin taninos en las células de su parte carnosa, sin corazón diferenciado. Los frutos no maduran hasta septiembre, y son muy apetecidos de las aves. Su epíteto específico, así como su nombre vulgarizado, aluden a su utilización como cebo por los cazadores de pájaros. Las semillas son lisas, brillantes, de color anaranjado, de 3-6 x 1,5-3 mm, de sección transversal anchamente elíptica o, más raramente, aovado-depresa.

La producción de semillas comienza en plantas que alcanzan entre 10 y 15 años de edad. A partir de esa edad, el árbol, parece dar buenas cosechas casi anualmente cuando se cultiva en luz (USDA, 1963). La regularidad en la fructificación ha sido resaltada también por Oria de Rueda *et al.* (2006). No obstante, parece que esta observación puede no ser generalizable, ya que otros autores indican que la cosecha efectiva de cada año se correlaciona negativamente con la del año anterior (Raspé *et al.*, 2000). Las aves son los principales dispersores de semillas, pero los mamíferos también pueden desempeñar un



Figura 1. Frutos de *Sorbus aucuparia*
(Foto: C. Soriano).



Figura 2. Semillas de *Sorbus aucuparia*.

papel dispersor de cierta importancia. Raspé *et al.* (2000) presentan una recopilación de animales consumidores de sus frutos. Oria de Rueda *et al.* (2006) indican un grupo de especies de mamíferos, incluido el oso y de aves que consumen sus frutos en las montañas cantábricas. Laguna (1890) ya indicaba que se reproduce fácilmente de brotes de cepa.

Es una especie diploide ($2n=34$). Participa en la formación de híbridos con otras especies de *Sorbus*, entre las que se encuentra *S. aria*. Sus híbridos son el origen de *S. hybrida* y *S. intermedia*, morfoespecies hibridógenas tetraploides que se reproducen normalmente por apomixis y sólo en ocasiones sexualmente, presentándose en localidades donde puede no estar presente alguno de sus parentales. Sirva como ejemplo el que, como señalamos antes, la primera de estas especies hibridógenas se recoge en la Flora Vasculare de Andalucía Oriental, pero no *S. aucuparia* (Cueto *et al.*, 2009). Probablemente también se hibrida con estas especies derivadas de sus híbridos. En otros países de Europa se conocen además, otras especies hibridógenas en cuyo origen intervino también *S. aucuparia* (Raspé *et al.*, 2000; McAllister, 2005).

1.3. Distribución y ecología

Sorbus aucuparia es una especie eurosiberiana de amplia distribución. En Europa falta exclusivamente en Turquía y algunas islas del Mediterráneo y del norte de Europa (Warburg y Kárpáti, 1968). Penetra en Siberia y también se presenta en el Cáucaso y Asia Menor (Laguna, 1890; Ruiz de la Torre, 2006). Se ha citado en el norte de África (Raspé *et al.*, 2000; López González, 2001), aunque es posible que estas citas sean erróneas, por confusión con *S. domestica*. No se incluye en la Flora de África del Norte (Quézel, 1980; Charco, 2001). De considerarse *S. pohnuashanensis* (Hance) Hedl como subespecie de *S. aucuparia* L. (*S. aucuparia* subsp. *pohnuashanensis* (Hance) McAll.) alcanzaría el este de Rusia, Corea y China. En 1862, R.T. Lowe describe *S. aucuparia* var. *maderensis* en la isla de Madeira (Lowe, 1862). A partir de una nueva descripción por Dode (1907), este taxon es considerado especie independiente de *S. aucuparia*, denominándose *S. maderensis* (Lowe) Dode. McAllister (2005) reconsidera la independencia del serbal de Madeira, subordinándolo de nuevo a *S. aucuparia*, como subespecie (*S. aucuparia* L. subsp. *maderensis* (Lowe) McAll.). USDA (2010) acepta esta última denominación, con lo que reconsidera a la isla de Madeira como parte del área de distribución del serbal de

cazadores. A partir de plantaciones realizadas en la época colonial se ha naturalizado en Alaska, Canadá y Estados Unidos, hasta California (Little, 1980).

En su trabajo sobre *Sorbus* en Flora Europaea, Warburg y Kárpáti (1968) consideran que *Sorbus aucuparia* está representado en Europa por cinco subespecies: subsp. *aucuparia*, subsp. *glabrata* (Wimmer & Grab.) Cajander, subsp. *fenenskiana* Georgiev & Stoj., subsp. *praemorsa* (Guss.) Nyman y subsp. *sibirica* (Hedl.) Krylov. Sin embargo, McAllister (2005), para todo el rango de distribución de la especie, sólo considera cuatro subespecies: subsp. *aucuparia*, subsp. *sibirica*, subsp. *pohuashanensis* y subsp. *maderensis*. *Sorbus aucuparia* subsp. *pohuashanensis* se distribuye por Asia nororiental (este de Rusia, Corea y China) y *S. aucuparia* L. subsp. *maderensis* estaría representada por un pequeño número de ejemplares arbustivos de laderas rocosas en la alta montaña de la isla de Madeira. Sólo *S. aucuparia* subsp. *aucuparia* se encuentra en la Península Ibérica y no se conoce en los archipiélagos balear y canario. Dado que el número de especies de hoja pinnada y morfología próxima a *S. aucuparia* asciende a unas 70 (McAllister, 2005), quizás muchas de estas variedades corresponden en realidad a híbridos entre las mismas.

En la Península Ibérica se distribuye fundamentalmente por las montañas de la mitad norte, enrareciendo notablemente en latitudes inferiores a las del Sistema Central, hasta desaparecer hacia el sur. Laguna (1890) indicó que se cita como raro en Valencia y Mallorca, pero estas provincias no se recogen en Flora Ibérica (Aedo y Aldasoro, 1998). Se ha citado en Jaén y Granada, en la Sierra de Cazorla, Sierra de La Sagra o Sierra Nevada (López González, 2001; Oria de Rueda *et al.*, 2006), pero aún está por dilucidar su presencia en Andalucía, ya que con cierta frecuencia se ha citado por confusión con *S. domestica* (Ruiz de la Torre, 2006). Aedo y Aldasoro (1998) no la recogen en la provincia de Jaén e indican que las citas de Granada no han podido ser confirmadas. A pesar de ello, se encuentra en la Lista Roja de la Flora Vasculosa de Andalucía y está protegida legalmente en esta Comunidad. Tampoco se recoge en Flora Vasculosa de Andalucía Oriental, aunque sí, de Sierra Nevada, *S. hybrida*, especie híbrida, que tiene a *S. aucuparia* como uno de sus ancestros parentales (Cueto *et al.*, 2009). Oria de Rueda *et al.* (2006) proporcionan datos pormenorizados de su distribución peninsular. En nuestras latitudes se presenta generalmente entre 600 y 2.300 m de altitud, aunque parece descender hasta 200 m y alcanzar los 2.600 m en el piso alpino del Pirineo. En altitudes elevadas suele presentar porte arbustivo (Laguna, 1890; Ruiz de la Torre, 2006). En otros países europeos también supera el límite altitudinal de los bosques y en las Islas Británicas está presente desde el nivel del mar (Raspé *et al.*, 2000). Este serbal está adaptado a vivir en estaciones de período vegetativo corto, por lo que detiene relativamente pronto el crecimiento de sus brotes, con lo que pueden alcanzar su endurecimiento total antes de la ocurrencia de heladas. Por otra parte, se ha señalado que *S. aucuparia* muestra menos oscilación anual en los crecimientos diametrales que *Fagus sylvatica* y *Picea abies* en altitudes elevadas, lo que sugiere una buena adaptación del serbal de cazadores al clima de montaña (Raspé *et al.*, 2000).

Aunque pueda pensarse que la distribución del serbal de cazadores en el sur de Europa está limitada por las altas temperaturas estivales, posiblemente es capaz de tolerar altos registros térmicos, siempre que no estén acompañados por estrés hídrico. En Francia precisa una humedad elevada (mínimo 750 mm de precipitación anual), pero crece en el

norte de Suecia en localidades donde la precipitación media anual es de unos 300 mm. Es más probable que la distribución de *S. aucuparia* esté limitada, más que por las elevadas temperaturas estivales en sí mismas, por una combinación de escasa tolerancia a la sequía, adaptación a un período vegetativo corto y requerimiento de frío para la apertura de las yemas (Raspé *et al.*, 2000). No obstante, esta especie ha mostrado un comportamiento que la hace prácticamente invulnerable a la cavitación, mostrando una pérdida total de conductividad hidráulica a potenciales de -6 MPa (Vogt, 2001). En la caracterización del hábitat climático de esta especie realizada por Gastón y García Viñas (Anexo I), la temperatura media anual se sitúa entre 3,3 y 10,2 °C, la temperatura media de las mínimas del mes más frío es inferior a $-1,3$ °C y la temperatura media de las máximas del mes más cálido se encuentra entre 14,2 y 25,8 °C. La precipitación anual media supera los 840 mm y la precipitación media estival los 120 mm.

Laguna (1890) escribió “es este serbal bastante indiferente respecto a la composición mineralógica del suelo”. Sin embargo, diversos autores resaltan su preferencia por los suelos silíceos o descalcificados (Font Quer, 1962; Ceballos y Ruiz de la Torre, 1971; Ruiz de la Torre, 2006). Raspé *et al.* (2000) señalan que *S. aucuparia* es característico de suelos con buen drenaje, con requerimientos edáficos similares a los de los abedules, en el sentido de que le favorecen claramente las condiciones ácidas, sin encharcamiento, pero puede sobrevivir en altitudes superiores a éstos. No obstante, también recoge que ha sido citado en calizas, aunque en estos sustratos se acorta su vida, y que en Francia, a elevadas altitudes, se presenta en suelos carbonatados con mull a moder, sobre materiales diversos, mientras que a menor altitud, se encuentra en suelos relativamente pobres en bases, con mull ácido a dysmoder, de pH ácido, sobre limos y arenas, puros o pedregosos. McAllister (2005) indica que crece lo mismo en suelos con pH 4 y 7,5. Los detritos de este serbal se descomponen rápidamente, sin acumularse en el horizonte A₀. Según recogen Raspé *et al.* (2000) en un estudio experimental, sólo el 13% del peso seco original se mantuvo después de 5 meses.

El serbal de los cazadores se considera especie heliófila o semiheliófila. En localidades luminosas no se han detectado variaciones de su hábito, pero los pies jóvenes se registran con mayor frecuencia en umbrías, laderas de orientación norte o bajo la cubierta del dosel arbóreo. Las plántulas y los árboles jóvenes son muy tolerantes a la sombra, más que los abedules, pero precisan luz para su floración y fructificación (Raspé *et al.*, 2000). Los brinzales son consumidos por los herbívoros, tanto domésticos como salvajes. El ramón se ha utilizado como forraje. Es una especie generalmente micorrizada por micorrizas arbusculares (Fitter y Peat, 1994).

Raspé *et al.* (2000) recogen una síntesis de las comunidades en que está presente el serbal de cazadores en Europa; buena parte de ellas son bosques, formando parte del estrato arbóreo en algunos de ellos o en comunidades de sotobosque o de márgenes en otros, pero no falta en comunidades no forestales. En España se presenta salpicado o formando pequeños corros en roquedos, piornales, brezales, etc., en pinares de pino moro o de pino albar, claros o márgenes de abetales, hayedos, robledales y melojares, encontrándose en climas desde axéricos hasta submediterráneos. Buena parte de las características autoecológicas de esta especie se encuentran esquematizadas en la base de datos elaborada por Fitter y Peat (1994).

2. Materiales forestales de reproducción

2.1. Marco normativo. Identificación de los materiales de reproducción

Esta especie está sujeta a la normativa sobre comercialización de materiales forestales de reproducción, por lo que éstos deben cumplir con las características de calidad externa y la acreditación documental fijada en la misma. Las características ecológicas de sus regiones de procedencia, delimitadas por el método divisivo, se recogen en la Tabla 1. Los materiales de base catalogados en la actualidad son fuentes semilleras, que, aunque dejan sin cubrir la mitad de las regiones de procedencia, sí posibilitan la obtención de materiales de reproducción acreditados en las de mayor representatividad de la especie. Conviene señalar la falta de materiales de base en las regiones de procedencia coincidentes con el litoral e interior de Cataluña, equivalentes a la quinta parte de su distribución territorial.

Además de las subespecies mencionadas en el apartado de distribución, hay numerosas variedades, algunas de las cuales, seleccionadas por características singulares, se mantienen en cultivo en jardinería, que no deben utilizarse en repoblaciones forestales.

Esta especie está catalogada como “De interés especial” en las Comunidades de Castilla-La Mancha (D. 33/1998) y Madrid (D. 18/92), como “Vulnerable” en Extremadura (D. 37/2001) y como “En régimen de protección” en Andalucía (D. 23/2012), aunque actualmente no se conoce en esta Comunidad (Valdés *et al.*, 1987; Cueto *et al.*, 2009).

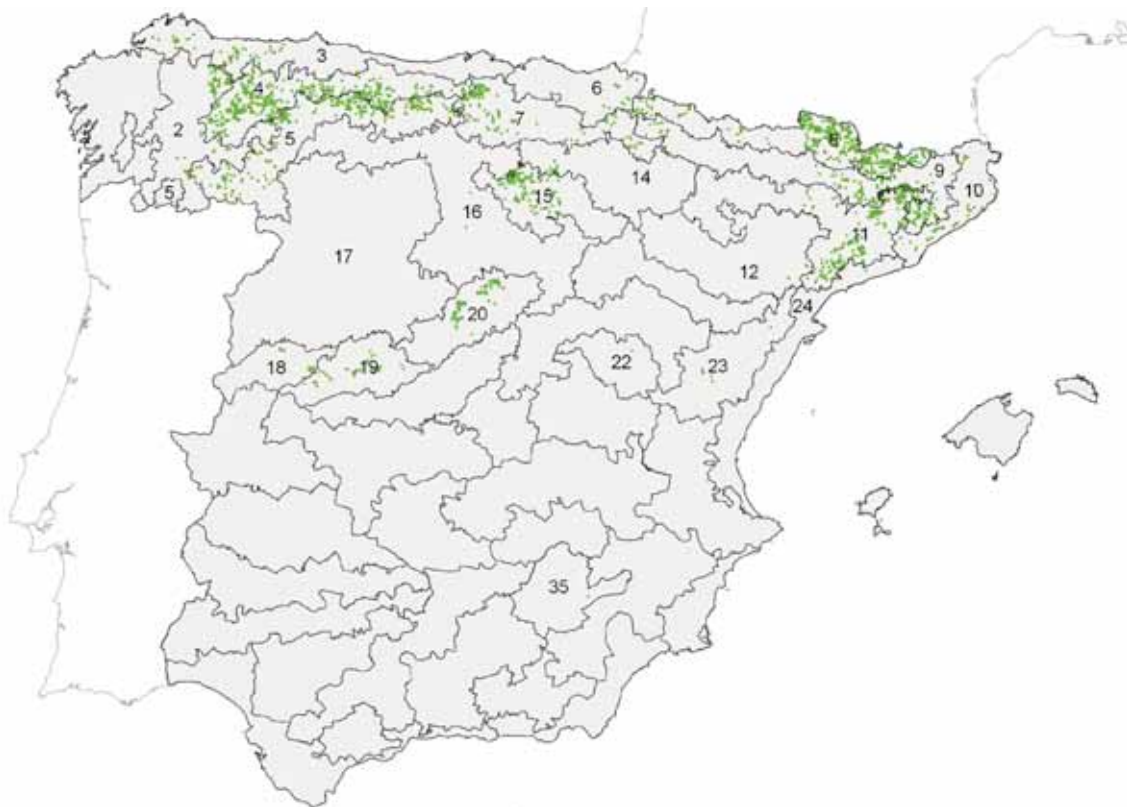


Figura 3. Distribución de *Sorbus aucuparia* y Regiones de Procedencia de sus materiales de reproducción (Alía *et al.*, 2009).

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

RP	Pres		Altitud (m)			Precipitación (mm)		A		Temperatura (°C)			Osc	Hs	Tipo de suelo (FAO)
	(%)	(%)	Med	Max	Min	Anual	Estival	(meses)	(meses)	Med	MaxMC	MinMF	(°C)	(meses)	(%)
2	3,8	856	1592	321	1335	150	0,2	0,2	10,1	24,3	-0,1	13,3	1	RK(68) CMu(27)	
3	3,2	594	1171	28	1393	183	0	0	10,8	21,8	1,7	10,9	0,1	RK(58) CMu(27) PDu(13)	
4	17,6	1198	1883	402	1473	175	0	0	8,6	23	-2,1	14	3,3	RK(53) CMu(29) CMc(13)	
5	11,6	1355	2003	775	1233	142	0,4	0,4	7,7	23,8	-3,6	15,3	4,9	CMu(45) RK(35) CMc(14)	
6	1	715	1053	234	1651	239	0	0	10,9	24	1	13,7	0,1	CMc(55) CMu(45)	
7	5,9	884	1544	458	1053	155	0,6	0,6	10,1	24,8	-0,3	14,6	1,2	CMc(59) CMu(36)	
8	21,7	1574	2417	577	1119	266	0	0	6,9	22,8	-5,3	16,5	5,6	CMu(57) CMc(16) RK(13) LPd(10)	
9	8,7	793	1727	202	820	200	0,1	0,1	11,2	27,9	-1,9	17,8	2,7	CMc(83)	
10	2,1	241	614	30	751	140	1,2	1,2	14,6	28,5	2,5	15,6	0	FLe(23) CMu(21) CMc(15) CMd(15) CMg(15) LVv(11)	
11	10,2	646	1127	322	653	144	1,1	1,1	12,6	29,4	-0,3	18,2	1,3	CMc(91)	
12	0,2	370	425	299	447	77	3	3	14,2	31,6	0,8	19,2	0,4	CMc(50) FLe(50)	
14	0,9	995	1403	682	688	143	0,8	0,8	10,2	25,8	-0,9	15,9	1,6	CMc(84) CMc(11)	
15	6,1	1396	1900	735	977	163	0,1	0,1	8,2	24,3	-2,8	15,8	4,2	CMu(64) CMc(35)	
16	0,7	1182	1606	849	889	157	0,4	0,4	9,5	24,9	-0,9	15,4	1,8	CMc(50) CMu(25) CMc(19)	
17	0,1	1050	1247	880	790	96	1,9	1,9	9,3	26	-1,5	14,8	3,4	CMu(100)	

RP	Pres (%)	Altitud (m)			Precipitación (mm)		A (meses)	Temperatura (°C)			Osc (°C)	Hs (meses)	Tipo de suelo (FAO) (%)
		Med	Max	Min	Annual	Estival		Med	MaxMC	MinMF			
18	0,8	1406	2118	996	1253	99	1,8	9,6	27,4	-2,0	17,5	3	CMu(56) LPd(39)
19	1,7	1412	1969	905	1146	94	1,9	9,8	28,3	-2,5	18	3,8	CMu(57) LPd(30)
20	3,2	1631	2181	1007	1051	127	1,2	8,1	25,6	-3,2	17,3	4,7	CMu(91)
22	0	1468	1468	1468	670	139	1,3	8,3	27,1	-4,9	18,4	5,4	PLd(100)
23	0,3	1238	1565	465	623	131	0,9	10,2	26,9	-1,8	16,8	3,1	CMc(100)
24	0,1	448	617	204	673	116	1,6	14,2	27,6	4	14,7	0	CMc(34) CMd(33) CMg(33)
35	0	1317	1317	1317	452	79	2,7	12,2	30,7	-0,8	16,9	1,9	LPc(100)

En relación con la normativa sobre sanidad vegetal, las plantas del serbal de los cazadores, al igual que resto de las especies del género *Sorbus*, deben ir acompañadas por el correspondiente pasaporte fitosanitario.

2.2. Técnicas de manejo y propagación

2.2.1. Semillas

Los frutos deben colectarse en cuanto terminan de madurar, a finales del verano o inicios del otoño, antes de que la cosecha sea consumida por los pájaros. El pericarpio fresco parece inducir una latencia secundaria, por lo que suele recomendarse eliminar el pericarpio y dejar la semilla limpia poco después de la recolección del fruto. Además, al actuar con celeridad, se evitan problemas por fermentación o recalentamiento de los pomos. La extracción de las semillas puede realizarse manualmente en un macerador o con la ayuda de una prensa de fruta. Posteriormente se eliminará la pulpa y las semillas vanas por flotación y, tras su secado y desmenuzamiento de grumos por fricción, se acabará de acondicionar el lote mediante aventado y cribado. La posibilidad de no extraer la semilla y conservar los frutos secos no se recomienda por los problemas de germinación que el mantenimiento de la pulpa, que actúa como retardante, conlleva y el riesgo de fermentación si el secado no ha sido correcto.

Se trata de semillas de comportamiento ortodoxo, para cuya conservación Gosling (2007) establece que su contenido de humedad debe estar entre el 10 y el 12% y la temperatura por debajo de 0 °C. Por su parte, Piotto y Di Noi (2001) recomiendan de forma genérica para el género *Sorbus* el almacenaje de las semillas con un contenido hídrico del 9-10%, en recipientes herméticos a temperatura comprendida entre -18 y 3 °C, garantizando el mantenimiento de su viabilidad durante 2-3 años. Se considera que *S. aucuparia* se regenera prácticamente en su totalidad por semillas. A pesar de que Laguna (1890) indicaba que “su semilla germina a poco tiempo de sembrada (15 ó 20 días)”, no parece que sea la tónica general, ya que por lo común germinan en la primera o segunda primavera, en consonancia con que se caracterizan por una profunda y absoluta latencia, que tiene dos componentes, letargo del embrión y latencia impuesta por la cubierta de la semilla (Raspé *et al.*, 2000). Los tratamientos pregerminativos que se recomiendan para esta especie son:

- Estratificación cálida seguida de estratificación fría. Es el procedimiento más efectivo para esta especie, aunque la duración de una y otra, así como los valores de temperatura, difieren entre los autores. Devillez (1979) indica que las mayores tasas de germinación pueden obtenerse mediante una estratificación cálida de 16-45 días (a 30 °C ó 30-10 °C, 12-12 horas) seguida de estratificación fría (2 °C) durante 6 meses. Para este autor, una estratificación cálida de más de 45 días disminuye la tasa y la velocidad media de germinación. Lenartowicz (1988) fija en 10 semanas la duración de la estratificación cálida (15-25 °C) para conseguir la germinación más sincronizada (80%). Gosling (2007) recomienda 2 (a 4) semanas de estratificación cálida (15 °C) seguido de 30 (16-30) semanas de estratificación fría (4 °C). Calvente González *et al.* (2009) registraron tasas de germinación del 77% mediante una escarificación cálida (24 °C) de 18 días seguida de una estratificación fría (4 °C) durante 4 meses. Barclay y Crawford (1984) encontraron

que la duración del período de estratificación fría está relacionado con la altitud de la población de procedencia de las semillas. Las semillas que provienen de árboles ubicados en localidades de altitudes más bajas, precisan tratamientos más largos. En el ensayo de Calvente González *et al.* (2009) la reducción de un mes del período de estratificación fría disminuyó el porcentaje de germinación entre un 54 y 94%, según la procedencia del lote de semillas.

- Los tratamientos con kinetina (10 mg l⁻¹), ácido giberélico (100 mg l⁻¹) y tiourea (7,5 g l⁻¹) estimulan la germinación de embriones aislados, pero son inefectivos cuando la testa está intacta (Frankland, 1961).
- Los métodos de pretratamiento sin sustrato puestos a punto por Muller y Laroppe (1993) para *S. torminalis* podrían ensayarse para esta especie, ajustando las condiciones de humedad y temperatura.

El método consignado por las reglas ISTA (2011) para la valoración de la viabilidad de los lotes de semillas de *Sorbus* spp. es la germinación en arena con una alternancia térmica (20-30 °C), según un ciclo de 16-8 horas, durante 28 días, previa estratificación en frío durante 4 meses. Por su parte, la Forestry Commission (2010), recomienda que la alternancia térmica sea de 3-20 °C, por considerarla más adecuada a las semillas con su problemática germinativa. Complementariamente, se recomienda para una más rápida evaluación la realización del ensayo con tetrazolio. En la Tabla 2 se recogen valores de referencia de los lotes de semillas de esta especie.

La germinación es epigea. En el campo se completa en la segunda primavera después de la diseminación (USDA, 1963).

Tabla 2. Datos característicos de lotes de semillas de *Sorbus aucuparia*.

Rendimiento semilla/fruto (% en peso)	Pureza (%)	Facultad germinativa (%)	Nº semillas kg ⁻¹	Referencia
	(96)	(70)	280.000	Aldhous (1972)
1-2	90-95	60-70	225.000-285.000-375.000	Catalán (1991)
		70	200.000-290.000-430.000	Piotto (1992)
6		17-34,6-65	199.500-304.615-528.183	Louro y Pinto (2011)
1,25-2,5	95-97	65-95 ⁽¹⁾	200.000-265.000-375.000	CNRGF <i>El Serranillo</i> (Anexo III)
0,5-1,4	82-100	84-100 ⁽¹⁾	190.000-270.000	Vivero Central JCyL (Anexo IV)

⁽¹⁾ Ensayos al tetrazolio

2.2.2. Vegetativa

Los numerosos cultivares de *S. aucuparia* suelen propagarse mediante injertos, de púa o de yema, sobre pies jóvenes obtenidos de semilla. Con menor frecuencia se utilizan esquejes o brotes de cepa. Puede realizarse multiplicación *in vitro* mediante esquejes blandos y cultivos de órganos en medio MS (Murashige y Skoog), conteniendo

citoquininas y auxinas (Chalupa, 1987; Hansen, 1990). Se ha desarrollado un método para la regeneración de callos a partir de protoplastos aislados del ápice de brotes (Raspé *et al.*, 2000).

3. Producción de plantas

Catalán (1991) indica que las siembras de otoño parecen dar mejores resultados que las de primavera. Recomienda cubrir las semillas con una capa ligera de tierra y cubrir con arpillera hasta la germinación. La dosis general que establece este autor para los serbales está entre 1 y 2 g m⁻¹. Por otra parte, MacDonald (1986) recomienda sembrar en vivero a razón de 300-350 semillas m⁻². La planta a raíz desnuda a producir conviene que se repique (1+1), de forma que supere los 40 cm. Para la producción en contenedor se recomienda utilizar alvéolos de, al menos, 300 cm³. La siembra se realiza tras los tratamientos pregerminativos, obligados para conseguir un porcentaje de germinación razonable. La planta de una savia en alvéolo debe superar los 20 cm y la de dos savias se aproxima al metro.



Figuras 4 a y b. Plantas de *Sorbus aucuparia* de una savia producida en alvéolo de 300 cm³ (izquierda) y de dos savias cultivada durante el primer año en el mismo tipo de alvéolo y trasplantada a envase de 1 litro para su segundo año de cultivo (derecha) (Fotos: CNRGF *El Serranillo*).

4. Uso en repoblaciones y restauraciones

Es una de las frondosas acompañantes más empleadas en la restauración de zonas montañosas en la mitad norte peninsular. Del análisis realizado sobre su distribución

y ecología se desprende su adecuación a las condiciones de frío de alta montaña. En estas estaciones, con largos períodos de frío y sin sequía estival, a menudo sobre suelos pobres en nutrientes y en situaciones expuestas, el serbal de cazadores puede emplearse casi como una especie pionera, junto a pino silvestre, pino negro o abedul. Al descender en altitud aumenta la duración de la sequía estival y debe reservarse el serbal para las zonas con cierta humedad edáfica, bajo el resguardo de la umbría o la protección de otros árboles. Por lo tanto, en estaciones de media montaña se utiliza como especie accesoria, aprovechando condiciones de mayor humedad en repoblaciones de *Quercus* y *Pinus*, junto con otras frondosas con las que configura un conjunto de especies destinadas a la diversificación de la restauración. Como todas las frondosas que aparecen de forma esporádica entre especies sociales, el serbal juega un papel diversificador, relacionado con la estabilidad del ecosistema y el mejor aprovechamiento de los recursos, pero probablemente el mayor interés de incluir esta especie en los trabajos de restauración forestal es aportar una importante fuente de alimento para insectos, aves y pequeños mamíferos. En España la recogida anual de frutos supone unos 700 kg año⁻¹ y se producen entorno a 150.000 plantas año⁻¹, según los datos incluidos en los anuarios de estadísticas forestales en años recientes (2005-2009), ofrecidos por el Ministerio competente en su portal electrónico.

Al igual que otras rosáceas, el serbal de cazadores posee una madera apta para el uso en interiores, en carpintería y ebanistería de calidad. Millan *et al.* (2009) encuentran que sus características son similares a las del cerezo, por lo que proponen su plantación como alternativa para la producción de madera en altitudes elevadas. En las condiciones ecológicas en las que se desarrolla, la producción de madera debería tener objetivos modestos, con diámetros de 30 cm en el turno, si bien este diámetro se considera escaso respecto a las trozas que normalmente procesa la industria, Millan *et al.* (2009) consideran que las características tecnológicas de esta especie no varían con la dimensión de la troza, por lo que, en montaña, puede proponerse una gestión hacia la madera de pequeñas dimensiones, de forma similar al abedul.

5. Planificación de la repoblación

Las repoblaciones en las que el serbal de cazadores se utiliza como especie accesoria suelen contar como especies principales con pinos y robles de montaña: *Pinus sylvestris*, *P. uncinata*, *Quercus pyrenaica*, *Q. robur* y *Q. petraea*. En las estaciones de mayor altitud no existen limitaciones hídricas y el serbal puede plantarse salpicado, mezclado pie a pie con otras especies. Como se ha indicado, en ausencia de sequía estival puede plantarse sobre suelo somero y cubrir un papel de especie colonizadora. Sin embargo, a medida que la posibilidad de sequía estival aumenta, es habitual reservar esta especie, junto con otras frondosas, para las localizaciones más húmedas y fértiles. Se aprovechan de este modo las microestaciones, habituales en zonas de montaña, mediante golpes o bosquetes, en los que el serbal aparece sólo o junto al mostajo, abedules, cerezos, etc.

Las densidades de plantación, cuando se constituye como especie principal de la repoblación, suelen ser superiores a 1.100 pies ha⁻¹. Se utilizan plantas de una o dos savias, cuya altura no debería superar 125 cm, para evitar el riesgo de desecación. Buena parte de estas forestaciones se hacen en la región eurosiberiana, sobre estaciones sin

limitaciones hídricas de importancia, por lo que también se pueden emplear árboles a raíz desnuda. El serbal de cazadores es una especie rústica en la montaña, por lo tanto no es tan exigente como otras frondosas en la preparación del suelo. En general, se puede considerar adecuado cualquier método de los aplicados habitualmente en repoblaciones de montaña, como el ahoyado mecanizado o superficial, el subsolado, etc.

En estaciones fértiles del norte peninsular el serbal de cazadores se planta a menor espaciamiento y con planta más alta, junto a otras frondosas del bosque caducifolio. El objetivo fundamental es incrementar la diversidad, mediante la creación de un bosque mixto o de un robledal con elevado porcentaje de otras frondosas. Se busca proteger y alimentar a la fauna, a la vez que se favorece la colonización de nuevas zonas a partir de la dispersión de los frutos. La densidad de plantación es menor que en el caso anterior, 800 pies ha⁻¹ o inferior, y se emplea planta de mayor tamaño, aunque siempre es adecuado que no supere las dos savias para asegurar un buen arraigo. La preparación del suelo se realiza a mayor profundidad, removiendo al menos hasta un metro mediante ahoyado. Su utilización para la producción de madera es anecdótica, aunque desde el punto de vista estético y tecnológico posee aptitud para ello. Para que las trozas alcancen una dimensión adecuada es necesario programar podas. Éstas deben realizarse al menos cada dos años, hasta que la troza limpia supere 3 m, para formar adecuadamente el tronco y eliminar los brotes de cepa. La protección frente a la fauna es necesaria en zonas de elevada densidad cinegética o de paso de ganado, siendo para ello habitual el uso de tubos protectores aireados.

6. Bibliografía

- AEDO C., ALDASORO J.J., 1998. *Sorbus* L. En: Flora Ibérica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares. Vol VI. *Rosaceae*. (Muñoz Garmendia F., Navarro C., eds.). Real Jardín Botánico, Madrid. pp. 414-429.
- ALDASORO J.J., AEDO C., MUÑOZ GARMENDIA F., PANDO F., NAVARRO C., 2004. Revision of *Sorbus* Subgenera *Aria* and *Torminaria* (*Rosaceae-Maloideae*). Syst. Bot. Monogr. 69.
- 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. 301-304.
- BARCLAY A.M., CRAWFORD R.M., 1984. Seedling emergence in the rowan (*Sorbus aucuparia*) from an altitudinal gradient. J. Ecol. 72, 627-636.
- CALVENTE GONZÁLEZ M., CALDERÓN GUERRERO C., ZAZO MUNCHARAZ J., 2009. Combinación de tratamientos pregerminativos en las semillas de *Sorbus aucuparia* L. En: Actas del 5 Congreso Forestal Español. [cd-rom]. (Sociedad Española de Ciencias Forestales, Junta de Castilla y León, eds.). Ávila. Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- 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. 359-361.
- CEBALLOS A., 1986. Diccionario ilustrado de los nombres vernáculos de las plantas en España. Ed. ICONA, Madrid.
- CEBALLOS L., RUIZ DE LA TORRE J., 1971. Árboles y arbustos de la España peninsular. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes, Madrid. pp. 294-295.

- CHALUPA V., 1987. Effect of Benzylaminopurine and Thidiazuron on *in vitro* shoot proliferation of *Tilia cordata* Mill., *Sorbus aucuparia* L. & *Robinia pseudoacacia* L. Biol. Plantarum 29, 425-429.
- CHARCO J., 2001. Guía de los árboles y arbustos del Norte de África. Ed. Agencia Española de Cooperación Internacional, Madrid.
- CUETO M., MENDOZA R., GIMÉNEZ E., 2009. *Sorbus* L. En: Flora Vasculare de Andalucía Oriental (Blanca G., Cabezudo B., Cueto M., Fernández López C., Morales Torres C., eds.). Tomo III. pp. 34-36.
- DEVILLEZ F., 1979. Influence de la stratification chaude sur la germination des graines et des embryons de *Sorbus aria* (L.) Crantz, de *S. aucuparia* L. et de *S. torminalis* (L.) Crantz. Bulletin de la Classe des Sciences, Académie royale de Belgique LXV, 470-486.
- DODE L.A., 1907. *Sorbus maderensis*. Bull. Soc. Dendrol. France 2, 206.
- FITTER A.H., PEAT H.J., 1994. The Ecological Flora Database. J. Ecol. 82, 415-425.
- FONT QUER P., 1962. Plantas medicinales. Ed. Labor, 10ª edición, Barcelona.
- 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]
- FRANKLAND B., 1961. Effect of gibberellic acid, kinetin and other substances on seed dormancy. Nature 192, 678-679.
- GOSLING P.G., 2007. Raising trees and shrubs from seed. Forestry Commission, Edinburgh.
- HANSEN O.B., 1990. Propagating *Sorbus aucuparia* L. & *S.hybrida* L. by softwood cuttings. Sci. Hort. 42, 169-175.
- ISTA (International Seed Testing Association), 2011. International rules for seed testing. Edition 2011. ISTA, Bassersdorf, Switzerland.
- LAGUNA M., 1890. Flora Forestal española. Tomo II. Imprenta Nacional del Colegio de sordomudos y ciegos. Madrid. pp. 200-202.
- LENARTOWICZ A., 1988. Warm followed by cold stratification of Mountain-Ash (*Sorbus aucuparia* L.) seeds. Acta Hort. (ISHS) 226, 231-238.
- LITTLE E.L., 1980. The Audubon Society Fields Guide to North American Trees. Western Region. Ed. A.A. Knopf, New York.
- LÓPEZ GONZÁLEZ G.A., 2001. Los árboles y arbustos de la Península Ibérica e Islas Baleares. Tomo I. Ed. Mundi-Prensa, Madrid. pp. 771-772.
- LOURO V., PINTO G., 2011. Sementes, uma ponte entre o passado e o futuro da floresta. Ministério da Agricultura, Mar, Ambiente e Ordenamento do Território. CENASEF. pp. 31-38.
- LOWE R.T., 1862. Manual flora of Madeira 1, 259.
- MACDONALD B., 1986. Practical woody plant propagation for nursery growers. Timber Press. Portland, Oregon.
- MCALLISTER H., 2005 The Genus *Sorbus*: Mountain ash and other rowans. Richmond, Surrey, UK: Royal Botanic Gardens, Kew.
- MILLÁN J., LAFUENTE E., GARCÍA M.D., DIEZ R., GALVE D., GONZÁLEZ M., CISNEROS O., GONZÁLEZ M., BROTO M., DE LA FUENTE J., BONILLA L., DIEZ E., DE PEDRO R., 2009. Caracterización físico-mecánica de la madera de *Sorbus aucuparia*. 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>
- MULLER C., LAROPPE E., 1993. *Sorbus torminalis*. Conservation et germination des semences. Rev. For. Franç. XLV(3), 253-260.

- ORIA DE RUEDA J.A., MARTÍNEZ DE AZAGRA A., ÁLVAREZ A., 2006. Botánica forestal del género *Sorbus* en España. Invest. Agr.: Sist. Recur. For. fuera de serie, 166-186.
- PIOTTO B., 1992. Semi di alberi e arbusti in Italia: come e quando seminarli. Società Agricola e Forestale (Grupo ENCC), Roma.
- PIOTTO B., DI NOI A. (eds.), 2001. Propagazione per seme di alberi e arbusti della flora mediterranea. ANPA, Roma.
- QUÉZEL P., 1980. *Sorbus*. En: Flore de L' Afrique du Nord. (Maire R., ed.). Lechevalier S.A.R.L., Paris. Vol. XV. pp. 114-121.
- RASPÉ O., FINDLAY C., JACQUEMART A.L., 2000. *Sorbus aucuparia* L. Biological Flora of the British Isles. No 214 List Br. Vasc. Pl. 232. J. Ecol. 88, 910-930.
- ROBERTSON K.R., ROHRER J.R., PHIPPS J.B., SMITH P.G., 1991. A synopsis of genera in subfamily *Maloideae* (*Rosaceae*). Syst. Bot. 16, 376-394.
- RUIZ DE LA TORRE J., 2006. Flora Mayor. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Dirección General para la Biodiversidad, Madrid. pp. 848-852.
- USDA, 1963. *Sorbus* L. En: Woody-plant Seed Manual. U.S. Department of Agriculture, Miscellaneous publication no. 654. United States Government Printing Office, Washington, USA. pp. 341-343.
- USDA, 2010. *Sorbus aucuparia*. En: Germplasm Resources Information Network - (GRIN) [Base de Datos en línea]. National Genetic Resources Program. National Germplasm Resources Laboratory, Beltsville, Maryland. Disponible en: <http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/family.pl?972>. [20 Oct, 2010].
- VALDÉS B., TALAVERA S., FERNÁNDEZ GALIANO E. (eds.), 1987. *Sorbus*. En: Flora vascular de Andalucía Occidental. Ed. Ketres. Vol. 2. Barcelona.
- VOGT U.K., 2001. Hydraulic vulnerability, vessel refilling, and seasonal courses of stem water potential of *Sorbus aucuparia* L. and *Sambucus nigra* L. J. Exp Bot. 52(360), 1527-36.
- WARBURG E.F., KÁRPÁTI Z.E., 1968. *Sorbus* L. En: Flora Europaea, 2, *Rosaceae* to *Umbelliferae* (Tutin T.G., Heywood V.H., Burges N.A., Moore D.M., Valentine D.H., Walters S.M., Webb D.A., eds.). Cambridge Univ. Press., Cambridge.

Sorbus domestica L.

Serbal común, acerolo, jerbo, zarolera, acafresno; *cat.*: server, servera, moixera;
eusk.: gurbea, udalaxa; *gall.*: serbal, sorbeira

Carlos SORIANO MARTÍN, Óscar CISNEROS GONZÁLEZ

1. Descripción

1.1. Morfología

Árbol sin espinas, caducifolio, de hasta 20 m de altura, que alcanza los 30 m y 60 cm de diámetro a los 130 años cuando vive en suelos ricos y frescos (Rotach, 2003), de corteza teselada, muy longevo. El pie mayor y quizás el más viejo de los conocidos en Europa alcanza 1,5 m de diámetro, tiene una edad estimada de 400 años y se encuentra en Moravia, en la República Checa. Las ramas jóvenes son pubescentes, más tarde con corteza escamosa. Las yemas hibernantes miden de 5 a 14 mm, son viscosas, glabras, a veces ciliadas. Las hojas son compuestas imparipinnadas, de disposición alterna, con 5-9 pares laterales de folíolos oblongo-lanceolados y con el folíolo terminal semejante a los laterales. Desarrolla una raíz pivotante con raíces laterales de distinta importancia.

1.2 Biología reproductiva

Las inflorescencias son más o menos piramidales, de desarrollo primaveral, simultáneo con la foliación. Las flores son hermafroditas, de pétalos de color blanco, generalmente 5. Presentan de 15 a 20 estambres, casi tan largos como los pétalos, con anteras de color crema. El ovario es ínfero, con los carpelos soldados en toda su longitud, unidos con el hipantio. Los estilos, en número de 5, están libres. *Sorbus domestica* florece en abril o mayo, con el brote primaveral. Los árboles alcanzan su madurez reproductiva a una edad comprendida entre 10 y 15 años.

Es una especie diploide ($2n=34$) y anfimíctica. Florece regularmente y las flores son polinizadas por insectos. Probablemente es autoincompatible. A pesar del aislamiento y de lo reducido de sus poblaciones el flujo de genes entre poblaciones resulta ser sorprendentemente elevado, lo que sugiere que la especie está bien adaptada a las bajas densidades poblacionales (Rotach, 2003).

Su fruto es un pomo verdoso-amarillento o parcialmente rojizo o rojo en la madurez, pardo después, subgloboso o piriforme, de 25-28 x 21-25 mm, con numerosas lenticelas y parte carnosa con grupos de esclereidas grandes y células taníferas aisladas; con corazón no diferenciado, con cavidad central con 1 a 3 semillas. Produce gran cantidad de frutos. Su maduración tiene lugar en septiembre u octubre. Las semillas son lisas, brillantes, de color pardo, de 6-9 x 4-6,5 mm, estrechamente elípticas en sección transversal. Son dispersadas, a menudo a grandes distancias, por aves y mamíferos, lo que combinado con el eficaz flujo de genes en la polinización y la dinámica de estructura metapoblacional,

de extinción local y recolonización, resultan elementos clave en el mantenimiento de la diversidad genética de la especie, a cuya conservación contribuye su capacidad de expansión local por vía vegetativa, mediante renuevos de raíz y, en menor medida, por rebrotes de cepa (Rotach, 2003). Los rebrotes caulinares pueden contribuir a la persistencia de los pies mientras que los renuevos a formar golpes clonados. Oria de Rueda *et al.* (2006) resaltan el tipo de dispersión por mamíferos y atribuyen al mismo el que las plántulas aparezcan con frecuencia en las cunetas, bordes de caminos y márgenes de los montes, lo que también es explicable por sus exigencias en luz. Ha mostrado una buena capacidad de rebrote tras los incendios (Quevedo *et al.*, 2007).



Figura 1. Frutos de *Sorbus domestica*
(Foto: C. Soriano).



Figura 2. Semillas de *Sorbus domestica*.

No se conocen híbridos con otras especies. Como frutal se distinguen dos formas, *S. domestica* L. f. *pomifera* (Hayne) Rehd., con fruto globoso de 2-3 cm de diámetro, y *S. domestica* L. f. *pyriformis* (Hayne) Rehd., con fruto en forma de pera, de 3-4 cm (Ruiz de la Torre, 2006). Miko y Gazo (2004), en un trabajo realizado en Eslovaquia, encuentran hasta 18 genotipos en el mismo rodal, que difieren en las dimensiones y en el peso de sus frutos o semillas. *Sorbus domestica* es muy raro y su diversidad genética está amenazada en muchos países europeos por la reducción general del número de individuos y por la alteración de la estructura de las metapoblaciones naturales debido al impacto humano. La silvicultura intensiva, por exceso de existencias y de rodales densos, las prácticas silvícolas, la pérdida de hábitats adecuados y el abandono e insuficiente conocimiento y percepción, contribuyen a una reducción de tamaño de la población. La insuficiencia o carencia de oportunidades de recolonización conducen a un cambio en la estructura de edades poblacional, a una reducción en el tamaño de la población y a un mayor nivel de fragmentación y de aislamiento. Debido a su escaso número, baja densidad y elevado grado de dispersión y desconexión, cabe esperar una reducida variabilidad genética. No obstante, en un estudio realizado en poblaciones alemanas y suizas no se ha confirmado esta presunción, ya que se encontró que la variabilidad genética es semejante a la de especies de distribución más amplia. Incluso golpes de menos de 20 árboles tenían un elevado grado de diversidad. Las subpoblaciones están genéticamente más diferenciadas que las de especies de distribución mayor, pero menos de lo esperado para poblaciones aisladas de especies con áreas fragmentadas (Rotach, 2003).

1.3. Distribución y ecología

Cultivada como frutal desde la antigüedad en la región mediterránea, se admite que desde hace más de 2.000 años, (la primera descripción de esta especie se debe a Theophrastos, 371 y 285 a.C.), se presenta naturalizada, asilvestrada o como cimarrón en numerosas localidades, sin que con certeza pueda considerarse autóctona en muchas de sus localizaciones aunque se encuentre en áreas forestales.

Su área de distribución es fundamentalmente el centro y sur de Europa, hasta Crimea, Magreb, Chipre, Anatolia y Cáucaso (Aedo y Aldasoro, 1998; Ruiz de la Torre, 2006). Según indican Warburg y Kárpáti (1968), su distribución en Europa se extiende por el norte hasta Alemania central, no incluyendo Gran Bretaña. Sin embargo, se han detectado algunas poblaciones, aparentemente naturales, en Gales (Hampton, 1995). En Alemania alcanza su localización más boreal, aproximadamente a 51° N (Paganová, 2008). Oria de Rueda *et al.* (2006) atribuyen su presencia en Europa Central a su expansión por el cultivo e indican su introducción en Estados Unidos, Chile y Brasil. Charco (2001) esquematiza su presencia en África del Norte y Rotach (2003) muestra una representación cartográfica esquemática de su distribución general. En la Península Ibérica se presenta dispersa por gran parte de su territorio, fundamentalmente por su mitad oriental (Aedo y Aldasoro 1998; Rodríguez-Marzal y Pérez-Carral, 2000; Oria de Rueda *et al.*, 2006; Ruiz de la Torre, 2006). Aedo y Aldasoro (1998), al igual que López González (2001), lo consideran como asilvestrado en Mallorca, aunque, de ser así, su introducción debe ser muy antigua, ya que el municipio de Son Servera lleva el nombre vernáculo mallorquín de esta especie.

En España, el serbal común se ubica en el dominio del bosque subesclerófilo o en el del esclerófilo fresco. Se encuentra salpicado en claros o bordes de quejigares de *Quercus cerrroides*, *Q. faginea*, melojares, alcornocales y encinares, en pinares de *Pinus nigra* subsp. *salzmannii*, *P. pinaster*, *P. pinea* y *P. halepensis* o en matorrales arbustivos o subarbustivos derivados; a menudo en fondos de barrancos, donde encuentra un mayor aporte de agua en el suelo, o cimarrón en antiguos campos de cultivo hoy abandonados o en sus márgenes. Aunque se lo considera de tendencia termófila, es capaz de resistir fríos invernales con mínimas absolutas de -25 °C (Oria de Rueda *et al.*, 2006) y, al parecer, aún más bajas. En Crimea parecen haber sobrevivido con éxito a mínimas absolutas de -30 °C (Paganová, 2008). Asimismo, parece capaz de sobrevivir a temperaturas estivales muy elevadas siempre que no esté sometido a un estrés hídrico muy prolongado o puntualmente muy intenso; resiste mejor que los robles las heladas tardías. Su rango altitudinal en España oscila entre 0 y 1.700 m (Aedo y Aldasoro, 1998; López González, 2001), pero Oria de Rueda *et al.* (2006) señalan que alcanza 1.800 m en la Alpujarra granadina y consideran que es propio de tierras comprendidas entre 300 y 1.200 m de altitud. En España suele calificarse de media luz (Ruiz de la Torre, 2006) o de media sombra en las áreas más cálidas y secas (Oria de Rueda *et al.*, 2006).

En la caracterización del hábitat climático de esta especie realizada por Gastón y García Viñas (Anexo I), la temperatura media anual se sitúa entre 10,6-14,6 °C, la temperatura media de las mínimas del mes más frío entre -3 y 1,2 °C, y la temperatura media de las máximas del mes más cálido se sitúa entre 25,7 y 31,2 °C. La precipitación anual media se encuentra entre 490 y 860 mm y la precipitación estival media entre 95 y 245 mm.

Aunque puede crecer en todo tipo de terrenos (Aedo y Aldasoro, 1998; López González, 2001), su preferencia por los suelos derivados de calizas y dolomías está conforme con su distribución peninsular. Ya Laguna (1890) escribió “Prefiere este serbal los suelos calizos”, lo que es ratificado por Ceballos y Ruiz de la Torre (1971), Ruiz de la Torre (2006) y Oria de Rueda *et al.* (2006). Esta preferencia parece manifestarse también en otros países de Europa (Paganová, 2008). Sin embargo, crece también en suelos derivados de rocas descarbonatadas, o sobre sustratos silíceos de micacitas (Oria de Rueda *et al.*, 2006) o de cuarcitas (Rodríguez-Marzal y Pérez-Carral, 2000). En lo referente a suelos, Paganová (2008) señala la presencia del serbal común, en la mayor parte de las localidades, sobre cambisoles eútricos y luvisoles, especialmente luvisoles cálcicos. En general son suelos con buenas características físicas y del complejo adsorbente, fértiles, bien provistos de nutrientes. En menor proporción vive sobre rendzinas, suelos ricos en minerales, pero cuya química está descompensada, por lo que son en su mayoría poco fértiles. Los rangos de pH de este tipo de perfiles, entre 5,5 y 6,5 en cambisoles eútricos y de 7,2 a 8,0 en rendzinas, definen los suelos adecuados para el sistema radical del serbal común en cuanto a su reacción (de moderadamente ácidos a moderadamente alcalinos). En relación con la disponibilidad hídrica, los cambisoles pueden suministrar un abastecimiento de agua suficiente. Los luvisoles tienen una menor capacidad de suministro hídrico, con posibilidad de su aridificación. Las rendzinas son, en su mayoría, suelos sueltos, permeables, con menor capacidad de retención de agua, por lo que muestran, por lo general, la menor oferta de agua.

2. Materiales forestales de reproducción

2.1. Marco normativo. Identificación de los materiales de reproducción

Sorbus domestica no tiene regulada la producción y comercialización de sus materiales forestales de reproducción a nivel estatal, aunque sí lo está en el ámbito de la Comunidad de Castilla y León y de la Comunidad Valenciana. Las regiones de identificación donde se encuentran poblaciones naturales de esta especie se recogen en la Figura 3 (García del Barrio *et al.*, 2001). Estas regiones tienen categoría oficial de regiones de procedencia dentro del ámbito territorial de las Comunidades Autónomas reseñadas y pueden asignarse de forma oficiosa en el resto de los casos, lo que facilita la aplicación de las recomendaciones de uso. El uso de esta especie es escaso y no motivó, en su momento, su inclusión en el Real Decreto 289/2003, opción que puede parecer algo insólita, si se tiene en cuenta que otras especies de utilización igualmente limitada y de menos interés productivo sí están reguladas. Sin embargo, su empleo en restauración e incluso en plantaciones ha crecido en los últimos años.

En el Catálogo de materiales de base de Castilla y León se incluyen 12 fuentes semilleras de 6 regiones de procedencia, así como 2 clones catalogados como material cualificado, destinados a la producción de madera. Además, son varias las Comunidades Autónomas en las que se ensaya con esta especie en la reforestación, por lo que es probable que en el futuro exista un mayor número de materiales disponibles (Fig. 3).

Se trata de una especie catalogada como “De interés especial” en Murcia (D. 50/2003) y en Castilla-La Mancha (D. 200/2001), especificando en este caso que se refiere a



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

ejemplares no cultivados. Esta especie, como integrante del género *Sorbus*, está incluida en la normativa sobre pasaporte fitosanitario.

2.2. Técnicas de manejo y propagación

2.2.1. Semillas

Los frutos deben recolectarse en otoño, cuando están maduros. Las semillas se extraen por maceración y despulpado de los frutos, lavándolas posteriormente y dejándolas secar al aire de forma progresiva. Su limpieza se lleva a cabo por cribado y aventado. Las semillas presentan un elevado grado de latencia. A la misma parece contribuir la carne del fruto, además de la cubierta de la semilla. Catalán (1991) indica que el fruto de esta especie contiene una sustancia fuertemente inhibidora de la germinación, siendo inútil sembrar el fruto entero. El consumo del fruto por animales elimina la parte carnosa, pero también es probable que, de forma natural, la fermentación de la carne, al originar alcohol, contribuya a favorecer la ruptura del letargo provocado por la cubierta de la semilla (el método de tratamiento por fermentación alcohólica se recomienda ocasionalmente para la germinación de sus semillas). Ruiz de la Torre (2006) indica el reclutamiento de pies alrededor de uno ya establecido por germinaciones de semillas de frutos caídos. Los fríos invernales parecen necesarios para la ruptura de la latencia de las semillas. Las semillas dispersadas en otoño no germinarán hasta la primavera siguiente o transcurridos dos

inviernos o quizás más. Los climas de inviernos suaves parecen impedir la germinación natural, lo que explicaría la mayor rareza de esta especie en cotas bajas. Antes de sembrarlas se precisa, por tanto, aplicar un pretratamiento para interrumpir el letargo del embrión. Los tratamientos que se recomiendan son:

- Estratificación fría y húmeda. Catalán (1991) indica un período de estratificación en arena húmeda entre 90 y 120 días a 4 °C, pero parece que se obtienen mejores resultados si previamente se han estratificado durante dos semanas a 18-20 °C.
- Escarificación. Arrillaga *et al.* (1992) obtienen mejores germinaciones extrayendo el embrión o haciendo cortes en la testa de las semillas.

En un estudio realizado con frutos de diversas localidades de Eslovaquia, Miko y Gazo (2004) encuentran una alta variabilidad en el peso medio de los mismos, tanto entre pies de una misma localidad como entre localidades distintas, y señalan que el peso medio de los frutos depende del genotipo y está correlacionado con el peso medio de mil semillas. Si bien, los citados autores no encuentran correlación entre este peso y la tasa de germinación, también muy variable. Asimismo señalan que el período de estratificación en frío de 10 a 14 semanas recomendado en la literatura es insuficiente, ya que muchas semillas germinan en la segunda primavera.

Para los lotes de semillas de *S. domestica*, al igual que para el resto de las especies del género, la ISTA (2011) establece como método estándar para evaluar su viabilidad, la germinación en arena con una alternancia térmica de 20-30 °C, según un ciclo de 16-8 horas, durante 28 días, previa estratificación en frío durante 4 meses. La Forestry Commission (2010) señala que la oscilación térmica debe ser 3-20 °C. Sin embargo, habida cuenta de la duración de estos ensayos, en ambos casos recomiendan realizar un test con tetrazolio como forma alternativa de evaluación. Los valores de referencia de los análisis de los lotes de semillas se recogen en la Tabla 1.

La germinación de las semillas de esta especie es epigea. Sus plántulas miden 3-4 cm, y presentan dos cotiledones elipsoidales y hojas primordiales oblongas, profundamente dentadas, de color verde brillante.

Tabla 1. Datos característicos de lotes de semillas de *Sorbus domestica*.

Rendimiento semilla/fruto (% en peso)	Pureza (%)	Facultad germinativa (%)	Nº semillas kg ⁻¹	Referencia
			34.626-42.017	García-Fayos (2001)
	87-100	98-100	29.145-49.000	Navarro-Cerrillo y Gálvez (2001)
			32.000	Piotto y Di Noi (2001)
0,2-0,6	72-99	54-93	33.600-54.800	Banc de Llavors Forestals (Anexo II)
0,15-0,55	95-98	(65-88)	33.000-44.000	CNRGF <i>El Serranillo</i> (Anexo III)
0,3-0,4	86-100	81-100 ⁽¹⁾	31.000-46.000	Vivero Central JCyL (Anexo IV)

⁽¹⁾ Ensayos al tetrazolio

2.2.2. Vegetativa

Los rebrotes y renuevos que emite pueden enraizar y utilizarse para reproducir la planta o como portainjertos de variedades seleccionadas. Se han desarrollado métodos de micropropagación.

3. Producción de plantas

Se consiguen plantones adecuados tanto a raíz desnuda como en envase, si bien el rigor de las estaciones en las que previsiblemente se va a emplear el serbal invita a emplear preferentemente plantas producidas en envases.

Catalán (1991) recomienda sembrar en otoño, al igual que Oria de Rueda *et al.* (2006). En áreas de inviernos rigurosos, la estratificación fría que supone el paso del invierno es suficiente para conseguir una buena nascencia en la primavera, aunque es más adecuado emplear semillas previamente estratificadas en cámara de 4 °C para homogeneizar resultados.



Las plantas en alvéolo de una savia deben estar en torno a 30 cm de altura y contar con un volumen de cepellón de al menos 300 cm³. Para su cultivo a dos savias, las plantas deben repicarse a envases de menos 600 cm³, como mínimo, y alcanzar alturas de unos 80 cm. Cuando se produce a raíz desnuda, la primera savia da lugar a plantas más bajas, por lo que parece adecuado producir siempre 1+1.

Figura 4. Brinzal de *Sorbus domestica* de una savia cultivado en alvéolo de 300 cm³ (Foto: CNRGF El Serranillo).

4. Uso en repoblaciones y restauraciones

Al igual que numerosas rosáceas arbóreas, el serbal desempeña un importante papel para la fauna, por la abundancia de su floración y de su fructificación. La peculiaridad del jerbo es que cumple esta función en estaciones áridas, en las que los frutos jugosos son muy escasos. Con este objetivo, se incluye como especie accesoria en forestaciones de especies mediterráneas de los géneros *Pinus* y *Quercus*.

Otra razón para contar con esta especie en los ambientes concordantes con su autoecología es su comportamiento rústico, asegurando buenos porcentajes de arraigo, incluso sobre

suelos someros, en estaciones expuestas y con suelos de reacción caliza, presencia de yeso o encharcamientos puntuales en primavera. Se trata por lo tanto de una especie que se debe tener en cuenta en la restauración de la vegetación con carácter protector dentro del área mediterránea y continental, hasta los 1.000-1.300 m de altitud.

El serbal también puede emplearse para la producción de madera. Como en otras rosáceas, la madera cuenta con las propiedades estéticas y tecnológicas necesarias para destinarla a la producción de muebles, decoración, ebanistería, etc. La conformación del tronco y de las ramas favorece la formación de un tronco recto y cilíndrico, sin graves problemas para producir un elevado porcentaje de madera libre de nudos. No alcanza en productividad a otras frondosas destinadas al mismo fin, como el cerezo, el fresno o el nogal, por lo que el objetivo no es competir con estas especies, sino alcanzar dimensiones maderables en un turno razonable, en terrenos en los que otras alternativas forestales no son viables (Turrientes *et al.*, 2009). En parcelas experimentales instaladas en Soria y Segovia por Turrientes *et al.* (2009), en estaciones con menos de 500 mm de precipitación anual, a los seis años el serbal común ha mostrado una supervivencia media del 75% con unos crecimientos medios anuales de 23,8 cm. La altura media registrada fue de 2,3 m con altura máxima de 4,7 m. El diámetro normal medio a los seis años fue de 1,2 cm. La aptitud de los fustes para la producción de madera de calidad es, en términos generales, buena, no necesitándose en la mayoría de los casos podas de formación. Ha mostrado una gran dominancia apical y la presencia de ramas de un grosor medio con un ángulo medio de inserción entre 30 y 60°. En las fincas más secas y de menor suelo se deben conseguir árboles de troza corta, de 2,5-3 m, incluso menos, y dejar pronto que la copa crezca libre. En las estaciones más fértiles es factible alcanzar trozas limpias de 4 a 6 m. La producción de madera de serbal de manera simultánea al cultivo agrícola es una opción que se ha demostrado viable; Moreno (2004) indica que algunos cultivos intercalares posibles son la soja, los cereales o la vid. Los serbales que medran aislados entre campos de cultivo atestiguan la aptitud de esta especie para el crecimiento a grandes espaciamientos.

5. Planificación de la repoblación

En las forestaciones de carácter protector, la densidad de plantación y los trabajos de preparación del terreno son los que se aplican a la especie o especies principales, por lo tanto se trata de plantar cerca de 1.100 pies ha⁻¹, con ahoyado superficial, ahoyado mecanizado o subsolado. No obstante, conviene recordar que el serbal puede crecer de forma explosiva si cuenta con buenas condiciones ecológicas en los primeros momentos de su desarrollo. Por ello, está justificada una preparación del terreno específica que pueda profundizar hasta cerca de un metro mediante ahoyado. Consecuentemente, el espaciamiento y el tamaño de las plantas pueden superar al de la especie principal. Es razonable plantar en torno a 800 pies ha⁻¹ y emplear planta de dos savias. Hay que insistir en las peculiaridades ecológicas de esta especie a la hora de distribuirla, para optimizar la existencia de microestaciones en las que la especie principal pueda encontrar alguna carencia. Para ello, aunque el jerbo sólo está incluido en la normativa relativa a materiales forestales de reproducción de algunas CC.AA., conviene seguir las recomendaciones de uso asociadas a las Regiones de Procedencia o Identificación que de manera oficial u oficiosa se asignen, y asegurar en lo posible la necesaria adaptación.

Cuando el destino es la producción de madera, el serbal se emplea habitualmente en golpes, en las zonas más secas o someras de la finca, reservando para otras especies más productivas los mejores sitios. Sin embargo, los resultados que se están obteniendo hasta la fecha en las plantaciones de cerca de 10 años invitan a aumentar tanto el número de fincas como su superficie, con las precauciones necesarias. Al no estar sometido de forma general a la reglamentación de comercialización del material forestal de reproducción pueden existir menos garantías respecto a su origen y calidad. Resulta conveniente seleccionar muy bien las plantas; el material cualificado está especialmente concebido para este objetivo, pero su distribución es aún escasa, por lo que se deben buscar plantas de dos savias, con altura de al menos 80 cm, con buena conformación, dominancia apical y sin presencia de enfermedades. El serbal muestra una extraordinaria conformación natural para la producción de madera de calidad en antiguos terrenos agrícolas. Se puede observar en las plantaciones que la mayoría de los árboles son aptos para la producción de madera; por lo tanto, se puede reducir la densidad de plantación hasta 600-800 pies ha⁻¹.



Figura 5. Plantación de *Sorbus domestica* en monte
(Foto: O. Cisneros).

Como ya se indicó, la necesidad de podas de formación es escasa, porque el fuste de los árboles es habitualmente único y no suele bifurcarse. Las ramas son delgadas y, aunque en algunos ejemplares se agrupan en pisos, es frecuente que se distribuyan por el tronco. Un defecto habitual es que las ramas crezcan verticalmente a cierta distancia del tronco, por lo que deben terciarse o podarse para evitar esta competencia. En cualquier caso, parece que el crecimiento de la especie permite que las podas sean bianuales, sin que se resienta la calidad de la troza. La protección frente a la fauna es necesaria en zonas de elevada densidad cinegética o de paso de ganado. Para ello, salvo que se disponga de un cerramiento perimetral de la plantación, es habitual usar tubos protectores aireados, cuyo empleo se ha demostrado recomendable en términos de crecimiento (Oliet *et al.*, 2003).

6. Bibliografía

- AEDO C., ALDASORO J.J., 1998. *Sorbus* L. En: Flora Ibérica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares. Vol VI. *Rosaceae*. (Muñoz Garmendia F., Navarro C., eds.). Real Jardín Botánico, Madrid. pp. 414-429.
- ARRILLAGA I., MARZO T., SEGURA J., 1992. Embryo culture of *Fraxinus ornus* and *Sorbus domestica* removes seed dormancy. *Hortscience* 27, 371.
- 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. 359-361.
- CEBALLOS L., RUIZ DE LA TORRE J., 1971. Árboles y arbustos de la España peninsular. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes, Madrid. pp. 295.
- CHARCO J., 2001. Guía de los árboles y arbustos del Norte de África. Ed. Agencia Española de Cooperación Internacional, Madrid.
- FORESTRY COMMISSION, 2010. Draft guidance for seed testing at Forestry Commission approved forest tree seed testing facilities. Disponible en: [http://www.forestry.gov.uk/pdf/STC-Appendix_1.pdf/\\$FILE/STC-Appendix_1.pdf](http://www.forestry.gov.uk/pdf/STC-Appendix_1.pdf/$FILE/STC-Appendix_1.pdf) [5 Jul, 2010]
- GARCÍA DEL BARRIO J.M., DE MIGUEL J., ALÍA R., IGLESIAS S., 2001. Regiones de identificación y utilización de material forestal de reproducción. Dirección General de Conservación de la Naturaleza. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- 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. 43.
- HAMPTON M., 1995. *Sorbus domestica* L., new to Wales and the British Isles. *Watsonia* 20, 379-384.
- ISTA (International Seed Testing Association), 2011. International rules for seed testing. Edition 2011. ISTA, Bassersdorf, Switzerland.
- LAGUNA M., 1890. Flora Forestal española. Tomo II. Imprenta Nacional del Colegio de sordomudos y ciegos. Madrid. pp. 202-203.
- LÓPEZ GONZÁLEZ G.A., 2001. Los árboles y arbustos de la Península Ibérica e Islas Baleares. Tomo I. Ed. Mundi-Prensa, Madrid. pp. 770-771.
- MIKO M., GAŽO J., 2004. Morphological and biological characteristics of fruits and seed of the service tree (*Sorbus domestica* L.). *J. Fruit Ornament. Plant Res.* 12, 139-146.
- MORENO G., 2004. El árbol en el medio agrícola. *Foresta* 27, 170-176.
- 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. 336-338.

- OLIET J., NAVARRO CERRILLO R.M., CONTRERAS O., 2003. Evaluación de la aplicación de tubos y mejoradores en repoblaciones forestales. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, Córdoba.
- ORIA DE RUEDA J.A., MARTÍNEZ DE AZAGRA A., ÁLVAREZ A., 2006. Botánica forestal del género *Sorbus* en España. Invest. Agr.: Sist. Recur. For. Fuera de serie, 166-186.
- PAGANOVÁ V., 2008. Ecology and distribution of service tree *Sorbus domestica* (L.) in Slovakia. Ekologia (Bratislava) 27 (2), 152-167.
- PIOTTO B., DI NOI A. (eds.), 2001. Propagazione per seme di alberi e arbusti della flora mediterranea. ANPA, Roma.
- QUEVEDO L., RODRIGO A., ESPELTA J.M., 2007. Post-fire resprouting ability of 15 non-dominant shrub and tree species in Mediterranean areas of NE Spain. Ann. For. Sci. 64, 883-890.
- RODRÍGUEZ MARZAL J.L., PÉREZ-CARRAL C., 2000. Sobre la presencia de *Sorbus domestica* L. (*Rosaceae*) en Ciudad Real. Stud. Bot. 19, 109-112.
- ROTACH P., 2003. EUFORGEN Technical Guidelines for genetic conservation and use for service tree (*Sorbus domestica*). International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy. Disponible en: <http://www.euforgen.org/> [20 Oct, 2010].
- RUIZ DE LA TORRE J., 2006. Flora Mayor. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Dirección General para la Biodiversidad, Madrid. pp. 852-855.
- TURRIENTES A., LIGOS J., CISNEROS Ó., ALONSO PONCE R., 2009. *Sorbus domestica* L. como alternativa para forestación de tierras agrarias en Castilla y León. En: Actas del 5 Congreso Forestal Español. [cd-rom]. (Sociedad Española de Ciencias Forestales, Junta de Castilla y León, eds.). Ávila. Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- WARBURG E.F., KÁRPÁTI Z.E., 1968. *Sorbus* L. En: Flora Europaea, 2, *Rosaceae* to *Umbelliferae* (Tutin T.G., Heywood V.H., Burges N.A., Moore D.M., Valentine D.H., Walters S.M., Webb D.A., eds.). Cambridge Univ. Press., Cambridge.

Sorbus torminalis (L.) Crantz

Mostajo, capudio, peral de monte; *cat.*: moixera de pastor, aliquer; *eusk.*: basagurbea, gurbea, maspila; *gall.*: sorva, sorveira

Carlos SORIANO MARTÍN, Óscar CISNEROS GONZÁLEZ

1. Descripción

1.1. Morfología

Árbol sin espinas, caducifolio, de hasta 20 m de altura (20-25 m y 50-70 cm de diámetro a los 80-100 años, excepcionalmente 30 m y 1 m de diámetro a los 200 años (Demesure-Mush y Odu-Muratorio, 2004), aunque Espahbodi *et al.* (2007) indican que puede superar los 32 m de altura y más de 1 m de diámetro. La corteza es teselada. Las ramas jóvenes son pubescentes, con lenticelas abundantes, más tarde con corteza escamosa. Las yemas hibernantes miden de 5-9 mm, son obovoides, obtusas, glabras, viscosas, con 5-7 escamas de borde escarioso. Las hojas son simples, de disposición alterna, con pecíolo de 1,2-4,6 cm de longitud y limbo de 5-12 cm de longitud y de 3,5-10,5 cm de anchura, de contorno poligonal, con ápice agudo, base de truncada a subcordada y margen profundamente lobulado, con 3- 5 lóbulos triangulares o lanceolados, acuminados, a cada lado, glabro en ambas caras. Se conocen variedades morfológicas que difieren en la longitud de los lóbulos, con senos más o menos profundos, algunas de las cuales se han descrito como especies diferentes. Es el caso de *Sorbus orientalis* Schönbeck-Temesy, de Irán, variedad de limbos foliares profundamente lobulados. El sistema radical es pivotante con raíces laterales de distinta importancia. Es generalmente micorrizado por ectomicorrizas (Fitter y Peat, 1994).

1.2. Biología reproductiva

La inflorescencia es corimbiforme, glabra. Las flores son hermafroditas, de sépalos agudos y persistentes, pétalos blancos, 16-18 estambres con anteras de color crema, ovario ínfero, con dos carpelos soldados en toda su longitud y estilos soldados hasta más de la mitad de su longitud. Florece entre mayo y julio, raramente en abril (Aedo y Aldasoro, 1998; Ruiz de la Torre, 2006). En condiciones favorables la floración puede iniciarse en árboles con diámetro menor de 10 cm, a menudo a una edad de unos 15 años.

La polinización es entomófila, por un amplio abanico de insectos generalistas, como abejas, abejorros y escarabajos (Demesure-Mush y Odu-Muratorio, 2004). Los patrones de intercambio de polen en árboles silvestres muestran dos tendencias principales: el apareamiento preferencial entre pies vecinos a causa de la dispersión local de polen, combinado con una difusión del mismo a larga distancia (hasta 2,5 km). Esto tiene como consecuencia una baja polinización efectiva: como media, de una nube de donantes de polen pueden llegar seis tipos efectivos de polen a un árbol madre. Pero, al mismo tiempo, una proporción de los donantes polínicos está lejos del árbol madre. Estos patrones de

apareamiento están de acuerdo con la ecología de la polinización de los árboles en el medio natural: las abejas sociales explotan intensamente los recursos locales, pero algunas de ellas y, especialmente, los abejorros también son capaces de volar largas distancias para encontrar nuevos recursos de néctar (Demesure-Mush y Odu-Muratorio, 2004). En cuanto a la tasa de autofecundación, Demesure-Mush y Odu-Muratorio (2004) la estiman como inferior al 1% en polinización abierta, siendo muy variable según árboles madre, lo que sustenta la hipótesis de un sistema de autoincompatibilidad parcial, como en *S. aucuparia*. Oria de Rueda *et al.* (2006) indican también una tasa de autofecundación muy baja, alrededor del 1%. Wojciechowski y Bednorz (2000) encuentran dos árboles autocompatibles y uno autoincompatible en tres árboles analizados.

El fruto, en pomo, es de color pardo, subgloboso o elipsoidal, de 11-18 x 8-15 mm, con numerosas lenticelas y parte carnosa con corazón claramente diferenciado, sin cavidad central, con 1 a 3 semillas, de 5-7,5 x 2-4,5 mm. Éstas son de sección transversal ovada u ovadodepresa, lisas y de color pardo oscuro. La madurez de los frutos se alcanza entre septiembre y octubre (Ruiz de la Torre, 2006). La dispersión de las semillas se produce por aves frugívoras y mamíferos, especialmente zorzales entre las primeras y zorros y martas entre los segundos. Oria de Rueda *et al.* (2006) exponen una relación de animales consumidores de sus frutos en España, destacando, entre las aves, a los arrendajos. En los patrones de dispersión de semillas se han observado tendencias similares a los de polinización. La mayoría de las semillas se dispersan en el entorno próximo, como promedio 174 m entre una plántula establecida y su árbol madre. Pero, al menos el 17% de las plántulas recolectadas en medio de un bosque de 470 ha proceden de fuera de dicha población (Demesure-Mush y Odu-Muratorio, 2004).

Las semillas dispersadas por aves y mamíferos no germinan en ese otoño. En condiciones naturales sólo lo hacen tras un largo invierno aunque muchas semillas pueden prolongar su latencia hasta germinar transcurrido dos inviernos, o aún más, desde el otoño de su diseminación. Takos y Efthimiou (2003) obtuvieron a partir de semillas sembradas en diciembre solamente un 1% de germinación en la siguiente primavera (las semillas procedían de un lote con un 95% de viabilidad en el test de tetrazolio). La duración de este período de dormición parece estar relacionado con su genotipo y difiere de unos árboles a otros según su procedencia, dependiendo también de su edad y de las características



Figura 1. Frutos de *Sorbus torminalis*
(Foto: C. Soriano).



Figura 2. Semillas de *Sorbus torminalis*.

del sustrato en el que tienen que germinar (Espahbodi *et al.*, 2007). Presenta buena regeneración de semilla, pero plántulas y brinzales son consumidos por los herbívoros, tanto silvestres como domésticos.

Sorbus torminalis es una especie diploide, $2n=34$, aunque Ruiz de la Torre (2006) indica también $2n=63$. Según Demesure-Mush y Odu-Muratorio (2004), hibrida al menos con dos especies de *Sorbus*, *S. aria* y *S. aucuparia* L. La hibridación con el mostajo tiene lugar con mucha frecuencia en las áreas en las que se solapan las dos especies. La mayor parte de estos híbridos es triploide ($3n=51$) y unos pocos tetraploides (Demesure-Mush y Odu-Muratorio, 2004). Las únicas formas triploides de *Sorbus* que se han detectado en España, según Aedo y Aldasoro (1998), tienen una morfología muy parecida a la de *S. aria* y han sido incluidas por estos autores dentro de la variabilidad de esta especie. El origen híbrido de estas formas ha sido admitido por los mismos, comparándolas con *S. intermedia*, pero esta última especie, híbridógena tetraploide, se considera híbrida de *S. aria* y *S. aucuparia*, sin intervención de *S. torminalis* (Aedo y Aldasoro, 1998). De híbridos tetraploides de *S. torminalis* x *S. aria* se habría originado *S. latifolia* (Lam.) Pers. Probablemente *S. torminalis* también hibrida con ésta especie híbridógena (Aedo y Aldasoro, 1998). Musch *et al.* (2008) publican un detallado estudio de los híbridos entre *S. aria* y *S. torminalis*.

El nivel de diferenciación entre poblaciones, observado mediante marcadores citoplasmáticos es sorprendentemente bajo en comparación con la de otros árboles y arbustos planifolios europeos. En *S. torminalis* no predomina un flujo génico debido al polen o a las semillas (los genes, en promedio, son propagados a igual distancia por semilla y polen). Los patrones de diversidad genética a gran escala indican que, a pesar de que el polen y las semillas son dispersados en su mayoría a corta distancia, en esta especie, como en la mayoría de las especies de plantas, perturbaciones a larga distancia que afecten a la dispersión de polen o a la dispersión de semillas inciden profundamente a largo plazo en la dinámica de su diversidad genética (Demesure-Mush y Odu-Muratorio, 2004).

Sorbus torminalis rebrota de cepa y emite vigorosos renuevos de raíces cundidoras superficiales, que tienden a formar clones alrededor de la planta madre. Rebrotan tras los incendios. En diversos trabajos se considera que la propagación por renuevos es más común que por semillas en medios en los que las condiciones del medio no son favorables a la germinación. Pleines (2004), en un estudio realizado en Suiza sobre cuatro poblaciones, indica que todos los rebrotes observados proceden de renuevos de raíz. Sin embargo, se ha constatado que existen diferencias muy marcadas de aptitud a emitir renuevos de un individuo a otro, diferencias que podrían estar ligadas a la profundidad de los sistemas radicales y a la abundancia de raíces cundidoras. En condiciones favorables se han constatado renuevos de raíz hasta a 25 m del pie madre, pero en la mayor parte de los casos tal distancia no excede de 15 m. Las distancias observadas, de más 70 m entre pies en algunos casos, no son, sin duda, de la misma raíz de un individuo, pero podrían ser consecuencia de una sucesión de renuevos colonizando el espacio. En los corros de regeneración alrededor de un árbol el número real de renuevos varía entre el 10% y el 90%. Parece que los renuevos necesitan un ambiente forestal bajo la cubierta del propio peral de monte (Bellefontaine y Monteuis, 2002).

1.3. Distribución y ecología

Warburg y Kárpáti (1968) señalan, para su distribución europea, el sur, oeste y centro de Europa, extendiéndose hasta el este de Dinamarca. Aedo y Aldasoro (1998) refieren la presencia de esta especie también en Cáucaso, noroeste de África, Anatolia y norte de Siria. En USDA (2010) se cita en todos los países del Magreb, Chipre, Líbano e Irán, pero no en Siria. Quézel (1980) la incluye en la Flora de África del Norte, donde según Charco (2001) es la especie del género más habitual. Demesure-Mush y Odu-Muratorio (2004) la ubican también en Siria y en Marruecos y Argelia, pero no en Túnez. En el mapa de Charco (2001), por el contrario, figura también en este país.

En la Península Ibérica se presenta en casi todas las provincias, con excepción de la mayor parte de las del cuadrante sudoeste (Aedo y Aldasoro, 1998). No se incluye en la Flora de Andalucía Occidental (Valdés *et al.*, 1987). Ruiz de la Torre (2006) al exponer su distribución peninsular señala que falta en Galicia, aún cuando en el listado provincial de Flora Ibérica figura Lugo y Orense. Oria de Rueda *et al.* (2006) pormenorizan con mayor detalle sus ubicaciones y señalan su presencia en las montañas orientales gallegas, Sierra del Caurel y montañas próximas a El Bierzo. Su distribución excluye las Islas Baleares y tampoco se cría en las Canarias.

Su rango altitudinal en España se sitúa entre 0 y 1.400 m (Aedo y Aldasoro, 1998; López González, 2001). Oria de Rueda *et al.* (2006) indican su mayor frecuencia entre 800 y 1.200-1.300 m, señalando su presencia a nivel del mar en la Cornisa Cantábrica. Ruiz de la Torre (2006) señala que se ubica entre 700 y 1.500 m. En el extremo oriental de su área de distribución, en las montañas iraníes que bordean el Mar Negro, vive en hayedos claros entre 1.700-2.200 m de altitud (Espahbodi *et al.*, 2007). En Europa occidental y central no suele sobrepasar los 1.000 m de altitud.

Sorbus torminalis se considera especie submediterránea, del dominio de los robles, aunque también se cría en hayedos. Requiere climas cálidos. Aunque presenta buena resistencia a los rigores invernales, es sensible a las heladas tardías (hasta -5 °C en abril). Precisa un mínimo de precipitación anual de 600 mm. En la caracterización del hábitat climático de esta especie realizada por Gastón y García Viñas (Anexo I), la temperatura media anual se sitúa entre 11 y 14,7 °C, la temperatura media de las mínimas del mes más frío entre $-1,2$ y 2,4 °C, y la temperatura media de las máximas del mes más cálido entre 27,4 y 33,3 °C. La precipitación anual media se encuentra entre 590 y 1.070 mm.

Crece en suelos muy diversos, tanto ácidos como ricos en bases (pH entre 3,5 y 8), con tipos de humus que varían entre dysmoder y mull carbonatado. Está bien adaptado a suelos que se encharcan temporalmente, aunque en períodos cortos, alternando con períodos secos (Larrieu y Gonin, 2009). Ruiz de la Torre (2006) señala que prefiere los suelos frescos, sean los sustratos silíceos o calizos, y rechaza los muy húmedos o muy secos. Es indiferente a la caliza activa y parece tener importantes requerimientos nutritivos, pero presenta una gran capacidad para explotar los recursos del suelo de forma más eficiente que otras especies.

Se considera generalmente especie de luz o de media sombra en edades juveniles, postpionera. A menudo es excluida por otras especies, especialmente por el haya, y

responde positivamente a los aclareos. En España se encuentra en matorrales y bosques de montaña, buscando a menudo exposiciones de umbría y fondos de vaguada. En la España mediterránea es calificable como de media sombra o de sombra, al menos en las primeras edades. *Sorbus torminalis* se encuentra salpicado o formando pequeños rodales en su área de distribución, apareciendo en claros de bosques o en matorrales arbustivos. Se han observado distribuciones en rodales de 150-300 m de radio, formando grupos que corresponden a individuos más relacionados genéticamente de lo que cabe suponer al azar. Estos grupos se corresponden, probablemente, con el éxito colonizador de sitios favorables por árboles hermanos. En contraste, los muestreos genéticos a escala regional y superior revelan mayores niveles de diversidad genética. La estructura genética muestra escasas evidencias de las repercusiones del impacto de la actividad humana sobre la dinámica del peral de monte. En unidades de gestión territorial, se han detectado mezclas de progenies de árboles maduros locales y distantes, procedentes de árboles maduros de unidades vecinas. Por lo tanto, la regeneración dentro de unidades de gestión debe tener en cuenta la presencia de todos los árboles semilleros del bosque (Demesure-Mush y Odu-Muratorio, 2004).

El clima que le va mejor es el submediterráneo, viviendo en los dominios de los bosques caducifolios mesófilos y subesclerófilos, alcanzando los del esclerófilo más fresco, formando parte de melojares, quejigares y encinares (Ruiz de la Torre, 2006). También vive en hayedos, robledales de *Q. petraea* y *Q. robur* y pinares de *P. nigra* subsp. *salzmannii*, *P. pinaster* y *P. sylvestris* (Oria de Rueda *et al.*, 2006).

2. Materiales forestales de reproducción

2.1. Marco normativo. Identificación de los materiales de reproducción

Sorbus torminalis no está regulado por la normativa estatal de comercialización de materiales forestales de reproducción, a diferencia de *S. aria* y *S. aucuparia*. Resulta algo difícil de entender su no inclusión dada su relativa relevancia ecológica, si se tiene en cuenta que otras especies de uso igualmente limitado y de menos potencial productivo sí lo hicieron. En la Comunidad Valenciana, sí 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. A nivel nacional las regiones de identificación donde se encuentran poblaciones naturales de esta especie se recogen en la Figura 3 (García del Barrio *et al.*, 2001). Estas regiones tienen categoría oficial de regiones de procedencia, dentro del ámbito territorial de las Comunidades Autónomas reseñadas, y pueden asignarse de forma oficiosa en el resto de los casos, lo que facilitará la aplicación de las recomendaciones de uso.

Está incluida bajo diferentes figuras de protección en los catálogos de flora amenazada de las Comunidades de Andalucía (D. 23/2012), Castilla-La Mancha (D. 33/1998), Castilla y León (D. 63/2007), Extremadura (D. 37/2001), Madrid (D. 18/92), Murcia (D. 50/2003) y Comunidad Valenciana (0. 6/2013). Al igual que el resto de las especies de su género, *S. torminalis* está incluido en la normativa sobre pasaporte fitosanitario.



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

2.2. Técnicas de manejo y propagación

2.2.1. Semillas

Los frutos deben colectarse en cuanto terminan de madurar, a finales del verano o inicios del otoño, antes de que la cosecha sea consumida por los pájaros. Las semillas de frutos inmaduros tienen problemas en el desarrollo de la radícula después de germinar. Hay que evitar el almacenamiento más o menos prolongado de los frutos, ya que el pericarpio parece inducir pérdida de viabilidad de las semillas, por lo que se recomienda eliminar la pulpa y dejar la semilla limpia poco después de la recolección del fruto. Muller y Laroppe (1993) registraron que tras un mes de almacenamiento de los frutos, las semillas habían reducido su viabilidad a la mitad. La extracción de las semillas puede realizarse manualmente en un macerador o con la ayuda de una prensa de fruta. Una vez extraídas conviene dejarlas secar al aire antes de su almacenamiento, pero evitando que queden expuestas al sol, pues un secado rápido o intenso puede provocar que se abra la cubierta protectora y quede menos protegida la simiente.

Las semillas tienen un comportamiento ortodoxo, recomendándose su almacenamiento con un contenido de humedad de 10-12% y a una temperatura menor de 0 °C (Gosling, 2007). Muller y Laroppe (1993) mostraron que en las semillas almacenadas durante dos años con contenidos de humedad del 7-10% y a temperaturas de -5 °C a 4 °C no se

constataba disminución de la facultad germinativa, siendo prácticamente inapreciables las diferencias en la tasa de germinación cualquiera que fuera el valor de los factores dentro de los intervalos citados. Las semillas de *S. torminalis* están afectadas por un profundo letargo embrionario (Devillez, 1979), por lo que precisan un tratamiento pregerminativo. Así, cabe considerar los siguientes:

- Estratificación cálida (15 °C) durante 2(-4) semanas, seguida de 30 (16-30) semanas de estratificación fría (4 °C) (Gosling, 2007). El tratamiento suele ser efectivo pero su duración y el número de ciclos que hay que repetir varía mucho entre lotes. Debe iniciarse sobre el 19 de julio para poder sembrar a 1 de marzo.
- Muller y Laroppe (1993), tras ensayar diversos métodos de estratificación en sustrato húmedo, confirman que la ruptura de la durmancia puede hacerse por un tratamiento, con o sin medio, en frío continuo (3 °C) de 13-15 semanas de duración, mejorable si previamente al período frío citado se alternan fases calientes y frías. En tal sentido y para dominar la heterogeneidad de los lotes, recomiendan la utilización de un tratamiento sin medio y con alternancia de fases (2 semanas 25 °C, 2 semanas 3 °C, 2 semanas 25 °C, 17-20 semanas 3 °C), en el que el contenido de humedad de las semillas se mantiene en el 38-40%. Este tratamiento evita las germinaciones prematuras durante la estratificación y permite conservar de nuevo las semillas tratadas, ya sin letargo. No obstante, para almacenar de nuevo las semillas habría que volverlas a desecar hasta el 10-12% de humedad y este proceso puede reducir notablemente la tasa de viabilidad.

Las semillas de *S. torminalis* germinan relativamente bien a temperaturas de estratificación de 3-4 °C, mientras que a temperaturas de 20-25 °C, mantenidas constantemente, pueden volver a aletargarse. Puede conseguirse aumentar su rapidez de emergencia mediante alternancia de ciclos térmicos diarios de 16 horas a 3-5 °C y 8 horas a 20-15 °C (Muller y Laroppe, 1993).

En un estudio realizado en Irán con semillas procedentes árboles de distintas clases diamétricas y de diversas localidades, Espahbodi *et al.* (2007) ponen de manifiesto que, a la intemperie, no todas las semillas germinan el primer año; hay semillas que germinan el segundo (del 55,18% de semillas sembradas en el otoño de la recolección, un 41,60% germinaron transcurrido el primer invierno, en la primavera siguiente, y un 13,58% tras pasar dos inviernos después de sembradas). Tanto para semillas germinadas tras un invierno como para las retrasadas, encuentran que las mejores tasas de germinación y el menor período de latencia corresponden a las semillas recolectadas en árboles que tienen entre 25 y 35 cm de diámetro. En ensayos de germinación de semillas colectadas en cuatro localidades de la región del Mar Negro en Turquía, Var *et al.* (2010) encontraron importantes diferencias entre las tasas de germinación (96,6% a 13,3%) según el lugar de recogida, así como entre las sembradas en distintos sustratos tras haber sido sometidas a distintos períodos de estratificación húmeda a 2 °C en un medio de turba y perlita al 50%. Estos investigadores ensayan períodos de estratificación de 1, 2, 3 y 4 meses, obteniendo los porcentajes de germinación más elevados, para todas las procedencias, con la duración más larga; a su vez esta tasa varía entre localidades y según el sustrato de siembra utilizado. Encontraron que el máximo período de estratificación ensayado, 4 meses, es suficiente, y que las semillas que han completado su pregerminación pierden

su capacidad de germinar en el caso de permanecer más tiempo en estratificación. En lo que respecta a los sustratos, salvo para una de las localidades de procedencia, obtienen los mejores resultados en la germinación en sustratos con el 80% de turba y 20% de arena de río. No parece existir correlación entre el peso medio de mil semillas y su tasa de germinación (Espahbodi *et al.*, 2007).

Según las reglas ISTA (2011), el método propuesto para la valoración de la viabilidad de los lotes de semillas de *Sorbus* spp. es la germinación en arena con alternancia térmica (20-30 °C), según un ciclo de 16-8 horas, durante 28 días, previa estratificación en frío de 4 meses de duración. La Forestry Commission (2010), recomienda, al igual que para otras especies que requieren estratificación previa, que la alternancia de temperaturas sea de 3-20 °C. No obstante, con el fin de disponer más rápidamente de los datos de calidad de un lote, se aconseja como alternativa la realización del ensayo con tetrazolio, habiéndose comprobado para esta especie una correlación muy alta entre los resultados del test bioquímico y los del ensayo de germinación (Muller y Laroppe, 1993). La germinación es epigea. En la Tabla 1 se ofrecen valores de referencia de lotes de semillas de esta especie.

Tabla 1. Datos característicos de lotes de semillas de *Sorbus torminalis*.

Rendimiento semilla/fruto (% en peso)	Pureza (%)	Facultad germinativa (%)	Nº semillas kg ⁻¹	Referencia
		70-80	28.000-56.000 (40.000-50.000)	Piotto y Di Noi (2001)
2-4				Louro y Pinto (2011)
2,5-4	96-99	84-99	35.000-43.900	Banc de Llavors Forestals (Anexo II)
1,2-3,2	95-98	65-90 ⁽¹⁾	30.000-54.000	CNRGF <i>El Serranillo</i> (Anexo III)
1-5	84-100	(81) ⁽¹⁾	49.000-65.000	Vivero Central JCyL (Anexo IV)

⁽¹⁾ Ensayos al tetrazolio

2.2.2. Propagación vegetativa

Para su propagación vegetativa suelen utilizarse renuevos de raíz. Se han desarrollado técnicas de micropropagación *in vitro* y cultivo de embriones.

3. Producción de plantas

En las repoblaciones con esta especie se emplean tanto plantas a raíz desnuda como en contenedor. El primer caso se circunscribe a las estaciones más húmedas dentro del rango ecológico de la especie, ya que en el área submediterránea el manejo de plantas es más sencillo y seguro con alvéolo.

Las plantas que se deben emplear en repoblaciones y restauraciones son, generalmente, las de 1 ó 2 savias. El tamaño de la planta debe permitir que supere la competencia herbácea sin que implique desequilibrios entre raíz y parte aérea. Los requerimientos básicos para las plantas a raíz desnuda son que su tamaño supere los 15 cm y que esté repicada en

caso de dos savias. Las plantas en envase o alvéolo deben haber sido cultivadas en un volumen de 300 cm³ y tener una altura superior a 20 cm en el caso de una savia, y a 60 cm en el de dos savias. Aunque es fácil producir plantas de más de 125 cm con la segunda o tercera savia, es recomendable emplear plantas de menor tamaño, para evitar el riesgo de falta de adaptación, y reservar los grandes plantones para estaciones fértiles con un buen mantenimiento.



Figuras 4 a y b. Plantas de *Sorbus torminalis* de una savia producida en alvéolo de 300 cm³ (izquierda) y de dos savias cultivada durante el primer año en el mismo tipo de alvéolo y trasplantada a envase de 1 litro para su segundo año de cultivo (derecha) (Fotos: CNRGF *El Serranillo*).

4. Uso en repoblaciones y restauraciones

El objetivo más común en el uso de esta rosácea es aumentar la diversidad en forestaciones en las que los géneros *Pinus* y *Quercus* son la especie principal. No se trata de una especie colonizadora, por lo tanto se reserva para las microestaciones con mayor potencialidad, en las que muestra un crecimiento superior al de la especie principal. Es un árbol muy interesante para la avifauna por sus frutos y para los insectos por su abundante floración. Se ha constatado cierta capacidad para tolerar el encharcamiento temporal y para convivir en competencia con otros árboles, por lo que es adecuado para enriquecer setos y otras bandas de vegetación que sirven de refugio a la fauna. Del mismo modo, se plantea el uso de esta especie para enriquecer montes dentro de su área de distribución, desde hayedos a quejigares, en bordes de masa o claros.



Figura 5. Plantación de *Sorbus torminalis* (Foto: O. Cisneros).

La madera es de elevada calidad, alcanza elevados precios en el mercado europeo y ha favorecido su gestión y promoción en algunos países. Si bien en España es una especie forestal de escasa presencia en monte y poco uso en forestaciones, es razonable contar con su capacidad para revalorizar fincas a medio y largo plazo, mediante plantaciones gestionadas para la producción de madera. No puede competir en rentabilidad con otras especies de crecimiento más rápido, pero puede ser una buena alternativa cuando no se dan los requisitos ecológicos o técnicos que justifican la plantación en turno corto o medio (Coello y Piqué, 2009).

5. Planificación de la repoblación

Las repoblaciones en las que se emplea el mostajo tienen un carácter protector, con una densidad en torno a 1.100 pies ha⁻¹. Como otras rosáceas, el mostajo se planta en golpes o bosquetes, en zonas de mayor humedad edáfica o con mejor suelo dentro del área a reforestar. En cualquier caso, habitualmente se trata de pequeños golpes, por lo que la preparación del terreno suele ser la misma que se utiliza para la especie principal (ahoyado superficial, ahoyado mecanizado, subsolado). Sin embargo, es susceptible de

aprovechar con eficacia el beneficio que supone una mayor remoción del suelo, hasta 1 metro de profundidad. Para el enriquecimiento de montes en los que hayas, robles o pinos son la especie principal, Lanier *et al.* (1990) recomiendan plantar en bosquetes de un cuarto a media hectárea.

En el caso de plantar para producir madera, el mostajo puede considerarse como especie principal en estaciones en las que otras frondosas de mayor productividad como nogal, cerezo o fresno no alcancen los objetivos productivos, por sequía o frío. También se puede emplear como acompañante de estas especies, para aprovechar zonas de encharcamiento temporal o suelos menos fértiles. El crecimiento del mostajo es menor y puede reservarse tras el aprovechamiento de la especie principal para obtener un ingreso tras la corta final. En estos casos, la densidad de plantación del mostajo debería estar entre 50 y 100 pies ha⁻¹, distribuidos en golpes entre la especie principal. La preparación del terreno en este caso debe ser más exigente y alcanzar, al menos, 60-100 cm de profundidad, mediante ahoyado.

Las labores de mantenimiento para limitar la competencia herbácea y de protección frente a mamíferos son similares a otras frondosas de crecimiento medio. La ramificación del mostajo se agrupa en pisos, pseudovercillos similares a los del cerezo. El tronco se desarrolla con claridad en los primeros años, pero es muy frecuente que varias ramas cuya inserción es cercana a la horizontal, se desarrollen con tendencia vertical a lo largo de los años. Se forma una copa en la que varias ramas compiten con el tronco, por lo que es necesario eliminarlas mediante podas de formación. También se sube progresivamente la altura del tronco limpio, con la habitual norma de podar 1/3 de la altura total. A diferencia de otras frondosas, no se ha detectado en el mostajo tendencia a emitir de forma explosiva chupones tras una intervención severa o una puesta brusca en luz, por lo que las podas pueden ser relativamente fuertes sin temor a desequilibrar el árbol, siempre que cuente con vigor suficiente (Bidini y Buresti, 2004). Estos autores tampoco han encontrado problemas respecto al momento de poda, por lo que ésta puede realizarse en parada vegetativa o en verde.

6. Bibliografía

- AEDO C., ALDASORO J.J., 1998. *Sorbus* L. En: Flora Ibérica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares. Vol VI. *Rosaceae*. (Muñoz Garmendia F., Navarro C., eds.). Real Jardín Botánico, Madrid. pp. 414-429.
- BELLEFONTAINE R., MONTEUUIS O., 2002. Le drageonnage des arbres hors forêt: un moyen pour revégétaliser partiellement les zones arides et semi-arides sahéliennes? En: Multiplication végétative des ligneux forestiers, fruitiers et ornementaux (Verger M., ed.). Actes [Cd Rom]. Troisième Rencontre du groupe de la Sainte Catherine, Orléans, France. Ed. Cirad-INRA. pp. 135-148.
- BIDINI C., BURESTI E., 2004. La potatura del ciavardello (*Sorbus torminalis* L.). Sherwood 105, 35-37.
- CHARCO J., 2001. Guía de los árboles y arbustos del Norte de África. Ed. Agencia Española de Cooperación Internacional, Madrid
- COELLO J., PIQUÉ M., 2009. Plantaciones mixtas de nogal, serbal y fresno para la producción de madera de calidad y restauración forestal. 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>

- DEMESURE-MUSH B., ODU-MURATORIO S., 2004. EUFORGEN Technical Guidelines for genetic conservation and use for wild service tree (*Sorbus torminalis*). International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy, 6pp. Disponible en: <http://www.euforgen.org/> [25 Oct, 2010].
- DEVILLEZ F., 1979. Influence de la stratification chaude sur la germination des graines et des embryons de *Sorbus aria* (L.) Crantz, de *S. aucuparia* L. et de *S. torminalis* (L.) Crantz. Bulletin de la Classe des Sciences, Académie royale de Belgique LXV, 470-486.
- ESPAHBODI K., HOSSEINI S.M., MIRZAIE-NODOUSHAN H., TABARI M., AKBARINIA M., DEGHAN-SHOORAKI Y., 2007. Tree age effects on seed germination in *Sorbus torminalis*. Genet. Appl. 33(1-2), 107-119.
- FITTER A.H., PEAT H.J., 1994. The Ecological Flora Database. J. Ecol. 82, 415-425.
- FORESTRY COMMISSION, 2010. Draft guidance for seed testing at Forestry Commission approved forest tree seed testing facilities. Disponible en: [http://www.forestry.gov.uk/pdf/STC-Appendix_1.pdf/\\$FILE/STC-Appendix_1.pdf](http://www.forestry.gov.uk/pdf/STC-Appendix_1.pdf/$FILE/STC-Appendix_1.pdf) [5 Jul, 2010]
- GARCÍA DEL BARRIO J.M., DE MIGUEL J., ALÍA R., IGLESIAS S., 2001. Regiones de identificación y utilización de material forestal de reproducción. Dirección General de Conservación de la Naturaleza. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- GOSLING P.G., 2007. Raising trees and shrubs from seed. Forestry Commission, Edinburgh.
- ISTA (International Seed Testing Association), 2011. International rules for seed testing. Edition 2011. ISTA, Bassersdorf, Switzerland.
- LANIER L., RAMEAU J.C., KELLER R., JOLY H.I., DRAPIER N., SEVRIN E., 1990. L'alisier torminal - *Sorbus torminalis* (L.) Crantz. Rev. For. Franç. XLII(1), 13- 34.
- LARRIEU L., GONIN P., 2009. Autécologie des fruitiers forestiers : merisier, alisier torminal, cormier, poirier commun et pommier sauvage. Forêt Entreprise 184, 14-21.
- LÓPEZ GONZÁLEZ G.A., 2001. Los árboles y arbustos de la Península Ibérica e Islas Baleares. Tomo I. Ed. Mundi-Prensa, Madrid. pp. 773-775.
- 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.
- MULLER C., LAROPPE E., 1993. *Sorbus torminalis*. Conservation et germination des semences. Rev. For. Franç. XLV(3), 253-260.
- MUSCH B., ODDOU-MURATORIO S., LÉVÈQUE L., VALLANCE M., LE GUERROUE B., 2008. Alisier torminal, alisier blanc, hybrides comment s'y retrouver ? Rendez-vous techniques 22, 61-67. Disponible en: http://www.orleans.inra.fr/les_unites/ur_agpf/conservatoire [24 Oct, 2010].
- ORIA DE RUEDA J.A., MARTÍNEZ DE AZAGRA A., ÁLVAREZ A., 2006. Botánica forestal del género *Sorbus* en España. Invest. Agr.: Sist. Recur. For. fuera de serie 166-186.
- PIOTTO B., DI NOI A. (eds.), 2001. Propagazione per seme di alberi e arbusti della flora mediterranea. ANPA, Roma.
- PLEINES V., 1994. Comportement écologique et sylvicole de l' alisier torminal dans quatre région de Suisse. Rev. For. Franç. XLVI(1), 59-68.
- QUÉZEL P., 1980. *Sorbus*. En : Flore de L' Afrique du Nord. (Maire R., ed.). Lechevalier S.A.R.L., Paris. Vol. XV. pp. 114-121.
- RUIZ DE LA TORRE J., 2006. Flora Mayor. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Dirección General para la Biodiversidad, Madrid. pp. 855-858.
- TAKOS I.A., EFTHIMIOU G., 2003. Germination results on dormant seeds of fifteen tree species autumn sown in a Northern Greek Nursery. Silvae Genet. 52(2), 67-71.

USDA, 2010. *Sorbus aucuparia*. En: Germplasm Resources Information Network - (GRIN) [Base de Datos en línea]. National Genetic Resources Program. National Germplasm Resources Laboratory, Beltsville, Maryland. Disponible en: <http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/family.pl?972>. [20 Oct, 2010].

VALDÉS B., TALAVERA S., FERNÁNDEZ GALIANO E. (eds.), 1987. *Sorbus*. En: Flora vascular de Andalucía Occidental. Ed. Ketres. Vol. 2. Barcelona.

VAR M., BEKCI B., DINÇER D., 2010. Effect of stratification treatments on germination of *Sorbus torminalis* (L.) Crantz (wild service tree) seeds with different origins. Afr. J. Biotech. 9(34), 5535-5541.

WARBURG E.F., KÁRPÁTI Z.E., 1968. 28. *Sorbus* L. En: Flora Europaea, 2, *Rosaceae* to *Umbelliferae* (Tutin T.G., Heywood V.H., Burges N.A., Moore D.M., Valentine D.H., Walters S.M., Webb D.A., eds.). Cambridge Univ. Press., Cambridge.

WOJCIECHOWSKI A., BEDNORZ L., 2000. Estimation of mating-compatibility of the wild service tree (*Sorbus torminalis* L. Crantz) by observing pollen tube germination. J. Appl. Genet. 41(4), 253-258.

Stipa tenacissima L.

Atocha, esparto

Rafael M^a NAVARRO CERRILLO, Jordi CORTINA SEGARRA, Fernando T. MAESTRE GIL, David RAMÍREZ COLLANTES

1. Descripción

1.1. Morfología

La atocha es una herbácea vivaz de gran porte, que puede alcanzar hasta 1 m de altura, lastoniforme, formando macollas o cepas que se van expandiendo en forma de coronas por la muerte de sus raíces centrales, extendiéndose por aumento progresivo de su diámetro, pasando a formar un arco que, en ladera, vuelve la concavidad hacia la parte alta (Fig. 1). Estas matas llegan a los 70 años, hasta que se convierten en una corona circular integrada por diversas matas en círculo. El sistema radical, provisto de rizomas, presenta numerosas raíces superficiales (Ruiz de la Torre, 2006). Las hojas son esclerófilas y filiformes, con 1-2 (4) mm de diámetro y entre 30 y 120 cm de longitud, glabras y lisas; abiertas cuando están verdes y encorvadas en forma de media luna hasta unir los bordes, cuando están secas (Ruiz de la Torre, 2006). Poseen un alto contenido en ceras (Miet *et al.*, 1972). Se encuentran unidas al tallo por un estrechamiento en su base. Los tallos estériles tienen en el ápice dos prolongaciones lanosas de 2,5-3 cm; la lígula es muy corta y pelosa. Si bien las hojas del esparto están prácticamente en continua actividad vegetativa, los períodos en que ésta es máxima ocurren durante primavera y otoño, con una longevidad foliar media comprendida entre 12 y 24 meses (Sánchez, 1994; Rejos, 2000).

1.2. Biología reproductiva

El esparto se reproduce por vía sexual y asexual. Florece de abril a junio, aunque este proceso depende de condiciones ambientales favorables (lluvias otoñales y temperatura adecuada) (Haase *et al.*, 1995). Durante estaciones con condiciones ambientales muy favorables (lluvias en invierno, altas temperaturas en primavera y lluvias estivales excepcionales), el esparto muestra vecería en la producción de flores y semillas (Haase *et al.*, 1995; Gasque, 1999), aunque este aspecto ha sido discutido (Schöning *et al.*, 2004). Las flores aparecen en la finalización de tallos fértiles, fuertes y rígidos, agrupadas en una panícula larga (la caña floral recibe el nombre de “atochón”), densa, estrecha, de 25-35 cm de larga, a modo de plumero, y que tiene muchas espiguillas. Las glumas miden 25-30 mm, la lema 10 mm aproximadamente y la arista entre 4 y 6 cm. Se trata de una especie hermafrodita, autoincompatible y alógama (Gasque, 1999), de polinización anemófila.

El fruto, en forma de cariósipide linear-oblonga, mide de 7-8 x 1 mm, y es de color ocre, con mácula hilar linear, asurcada, de la base al ápice (Ruiz de la Torre, 2006). La maduración tiene lugar de mayo a junio y la diseminación inmediatamente después, germinando las semillas en el otoño siguiente (Guzmán Giménez, 1954). La diseminación es anemócora.



Figura 2. Semillas de *Stipa tenacissima*.

Figura 1. Mata de *Stipa tenacissima* L. con espigas (Foto: Red de Viveros de Andalucía).

Sin embargo, más del 50% de las semillas dispersadas lo hacen a menos de 2,5 m de distancia de la planta madre, ya que la morfología de la diáspora, provista de una arista geniculada y cubierta de pelos en la parte basal, no presenta estructuras propicias para su dispersión por el viento (Gasque, 1999). Llega a formar bancos de semillas, aunque su viabilidad disminuye rápidamente con el tiempo (Gasque y García-Fayos, 2003). Se ha descrito el papel en la depredación de semillas de las hormigas granívoras del género *Messor* (*M. barbarus*, *M. bouvieri* y *M. capitatus*) y la importancia de la arista y del enterramiento de las semillas por rotación sobre su eje para escapar de tales depredadores (Schöning *et al.*, 2004). La germinación es muy variable en el espacio y el tiempo, entre subpoblaciones y estaciones (Gasque y García-Fayos, 2003). El establecimiento de nuevas plántulas está favorecido por la presencia de matas adultas de esparto, pero no por una cubierta de pinos (Gasque y García-Fayos, 2004; Barberá *et al.*, 2006).

La propagación vegetativa da lugar a la aparición de nuevas matas en los extremos de una mata original y la senescencia de los tallos centrales más viejos generan estructuras en anillo que, con el paso del tiempo, dan lugar a matas independientes (Servicio del Esparto, 1950; White, 1983). Este proceso es muy lento, habiéndose calculado valores de crecimiento radial de las matas de 1 cm año⁻¹ (Le Houérou, 1969).

La regeneración natural del esparto es una alternativa restauradora en muchas zonas degradadas, en particular por su respuesta al fuego. En otros casos, esta regeneración se produce como parte de los procesos de sucesión secundaria (Alados *et al.*, 2003; 2004) o bajo otro tipo de vegetación, principalmente formaciones de matorral o terrenos descubiertos. La escasez de individuos adultos capaces de generar semillas viables (Maestre y Cortina, 2005), la falta de dispersores apropiados y las actuales condiciones ambientales, fuertemente limitantes para el reclutamiento, podrían ser las principales limitaciones para la recuperación de una mayor cubierta arbustiva en los espartales.

1.3. Distribución y ecología

Se extiende por la cuenca del Mediterráneo, principalmente en su mitad occidental (Península Ibérica, sur de Italia, Sicilia, sur de Cerdeña, Magreb y Cirenaica), y alcanza el noroeste de Arabia. En España aparece en las regiones litorales y sublitorales del sur y del este, desde Cádiz a Tarragona, penetrando hacia el interior por los valles del Ebro, alto Tajo, Guadiana, Mancha Alta y Alcarria, hasta Toledo, Madrid y las Sierras Béticas (Ruiz de la Torre, 2006) (Fig. 3).

Habita en zonas esteparias de las regiones áridas y secas (Suárez *et al.*, 1992), desde el nivel del mar hasta altitudes de 1.800 m, llegando hasta los 2.800 en el Magreb, si bien en España no es frecuente verla por encima de los 1.100 m. Habita en suelos calizos, margosos o arcillosos. Aparece también sobre yesos e incluso arenas, evitando los suelos salinos (Costa, 1973; Djebaili, 1988; Suárez *et al.*, 1992; Barber *et al.*, 1997). Puede encontrarse en zonas de hasta 600 mm de precipitación anual, siendo especialmente abundante en zonas con precipitación comprendida entre 200 y 400 mm (Haase *et al.*, 1999).

El esparto es una especie propia de ámbitos secos, dominados por esclerófilos, comunidades muy frágiles y de alta diversidad florística (Sánchez, 1994; Gauquelin *et al.*, 1996; Puigdefábregas *et al.*, 1999; Maestre, 2004; Ramírez, 2006). Existe una tradicional discusión entre el carácter “climácico” o “serial” de los espartizales (o espartales), que dio lugar a un interesante debate científico a principios del siglo pasado (Reyes Prósper, 1915; Huguet del Villar, 1929); discusión que perduró hasta finales del siglo XX (e.g., Costa, 1973; Valdés y Herraz, 1989; Suárez *et al.*, 1992; Barber *et al.*, 1997; Alados *et al.*, 2003).

Desde un punto de vista ecológico los espartales son fundamentales en los ecosistemas forestales de zonas áridas para garantizar la dinámica natural de la vegetación, además de proporcionar alimento y cobijo a la fauna asociada. Desde una perspectiva paisajística, constituyen mosaicos vegetales que se integran en un modelo tradicional de explotación agrosilvopastoral propia de espacios áridos. La atocha forma parte de los dominios de bosques del termomediterráneo (*Quercus ilex*, *Q. coccifera*, *Olea europaea*), pinares (*Pinus halepensis*), sabinares (*Juniperus phoenicea*), enebrales (*J. oxycedrus*). En las comunidades de atocha aparece un importante cortejo florístico de composición muy variable, que incluye gramíneas como *Brachypodium retusum* y *Lygeum spartum*, fanerófitos como *Anthyllis cytisoides*, *Globularia alypum* y *Rosmarinus officinalis*, una larga lista de arbustos de pequeño porte como *Fumana* spp., *Helianthemum* spp., *Teucrium* spp., *Thymus* spp. etc., así como un escaso número de plantas anuales. Los espartales muestran una cobertura vegetal variable, en función de las condiciones del sitio y el estado de degradación, oscilando generalmente entre el 18 y el 60%. En estas estepas, el esparto representa hasta el 95% de la cobertura total (Maestre, 2004; Ramírez, 2006).

La atocha es una especie muy bien adaptada a condiciones de sequía, siendo capaz de colonizar terrenos con escasa cubierta vegetal (Suárez *et al.*, 1992). Es capaz de responder bien al ambiente seco y con fuerte radiación, mediante la modificación de sus características morfológicas y fisiológicas (Maestre *et al.*, 2007). Entre las adaptaciones fisiológicas se encuentra la capacidad de mantener un contenido elevado de humedad

en hojas, la presencia de paredes celulares rígidas, un control estomático muy eficaz y la capacidad para resistir niveles de desecación elevados (Pugnaire y Haase, 1996; Pugnaire *et al.*, 1996; Balaguer *et al.*, 2002; Domingo *et al.*, 2002; Ramírez, 2006). Todo ello permite a esta especie desarrollar una estrategia oportunista o plástica en el uso del agua (Pugnaire *et al.*, 1996; Pugnaire y Haase, 1996). Sus raíces se concentran debajo de las matas y suelen ser poco profundas (Sánchez, 1994; Puigdefábregas *et al.*, 1999), constituyendo la mayor parte de su biomasa (Sánchez, 1994). Este sistema radical facilita una respuesta rápida a variaciones del contenido de agua del suelo (Domingo *et al.*, 1991; Ramírez *et al.*, 2007). Se ha sugerido que el esparto puede utilizar directamente el agua procedente de precipitaciones que apenas llegan a mojar el suelo (Ramírez *et al.*, 2007).

Varios autores han destacado la distribución espacial de la vegetación en los espartales como una estrategia para optimizar el uso de los recursos, en particular el agua y los sedimentos (Puigdefábregas y Sánchez, 1996; Puigdefábregas *et al.*, 1999). El flujo de tales elementos desde las zonas sin vegetación hacia las matas de esparto, mencionado anteriormente, favorece la aparición de una pequeña terraza que modifica la topografía en este lugar (Sánchez y Puigdefábregas, 1994) y las características edáficas: una menor compactación (Bochet *et al.*, 1999), una mejor estructura (Puigdefábregas *et al.*, 1999), un mayor contenido de humedad después de las lluvias (Puigdefábregas y Sánchez, 1996; Maestre *et al.*, 2001) y de materia orgánica (Sánchez, 1994; Puigdefábregas y Sánchez, 1996, Gauquelin *et al.*, 1996; Maestre *et al.*, 2001), un mayor número de propágulos micorrízicos (Azcón-Aguilar *et al.*, 2003) y valores mayores del cociente C:N (Martínez-Sánchez *et al.*, 1994; Sánchez, 1994) que los espacios desnudos contiguos. Junto a estas modificaciones edáficas, la sombra producida por esta especie atenúa el exceso de radiación y temperatura (Sánchez, 1994; Maestre *et al.*, 2001). La mejora de las condiciones edáficas y microclimáticas en las inmediaciones del esparto hace que esta especie forme verdaderas “islas de recursos” (*sensu* Reynolds *et al.*, 1999). Debido a las limitaciones hídricas, la cubierta vegetal en espartales suele ser discontinua, permitiendo la existencia de zonas con escasa vegetación y otras vegetadas. Se ha demostrado que el agua y los sedimentos arrastrados por la escorrentía superficial generada tras eventos lluviosos de cierta magnitud se desplazan desde las zonas sin vegetación hacia las matas de esparto y otras zonas cubiertas por vegetación (Puigdefábregas y Sánchez, 1996; Puigdefábregas *et al.*, 1999; Martín *et al.*, 2003; Imeson y Prinsen, 2004; Cortina *et al.*, 2010). Por otro lado, la tasa de infiltración de agua en la base de los espartos es mayor que fuera de ellos, por lo que éstos actúan a modo de embudo, incrementando localmente el volumen de agua almacenada tras una lluvia (Cerdà, 1997). Esta dinámica constituye una parte esencial del funcionamiento de los espartales, hasta el punto que se ha utilizado como indicadora de su funcionalidad (Maestre y Cortina, 2004 a).

La interacción del esparto con otros organismos del componente biológico del suelo ha sido estudiada por varios autores. Mediante la creación de islas de recursos y la modificación del microclima y los flujos de escorrentía e infiltración, las matas de *S. tenacissima* alteran la distribución y desarrollo de un gran número de organismos y configuran la composición de la costra biológica a distintas escalas espaciales (Martínez-Sánchez *et al.*, 1994; Roldán-Fajardo, 1994; Belnap y Lange, 2001; Maestre y Cortina, 2002; Maestre *et al.*, 2002; Maestre 2003 a y b; Azcón-Aguilar *et al.*, 2003; Goberna *et al.*, 2005 y 2006; Maestre *et al.* 2006 a). Se conoce su interacción con micorrizas

arbusculares (Azcón-Aguilar *et al.*, 2003; Rillig *et al.*, 2003) destacando por su abundancia *Glomus aggregatum* y *G. mosseae* (Roldán-Fajardo, 1994). Por otro lado, también se ha descrito el papel facilitador del esparto, tanto para especies anuales (Sánchez, 1994) como favoreciendo la germinación y la supervivencia de especies leñosas como *Pistacia lentiscus*, *P. halepensis*, *Anthyllis cytisoides* y *Q. coccifera* (Maestre *et al.*, 2001 y 2003 a; García-Fayos y Gasque, 2002; Gasque y García-Fayos, 2004; Maestre y Cortina, 2004 b; Armas y Pugnaire, 2005; Barberá *et al.*, 2006). La mejora de las condiciones microclimáticas ha sido identificada como el principal mecanismo de facilitación por parte del esparto, por encima del aumento de la fertilidad edáfica y la captación de agua procedente de la escorrentía (Maestre *et al.*, 2003 a).

2. Materiales forestales de reproducción

2.1. Marco normativo. Identificación de los materiales de reproducción

La atocha no figura 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

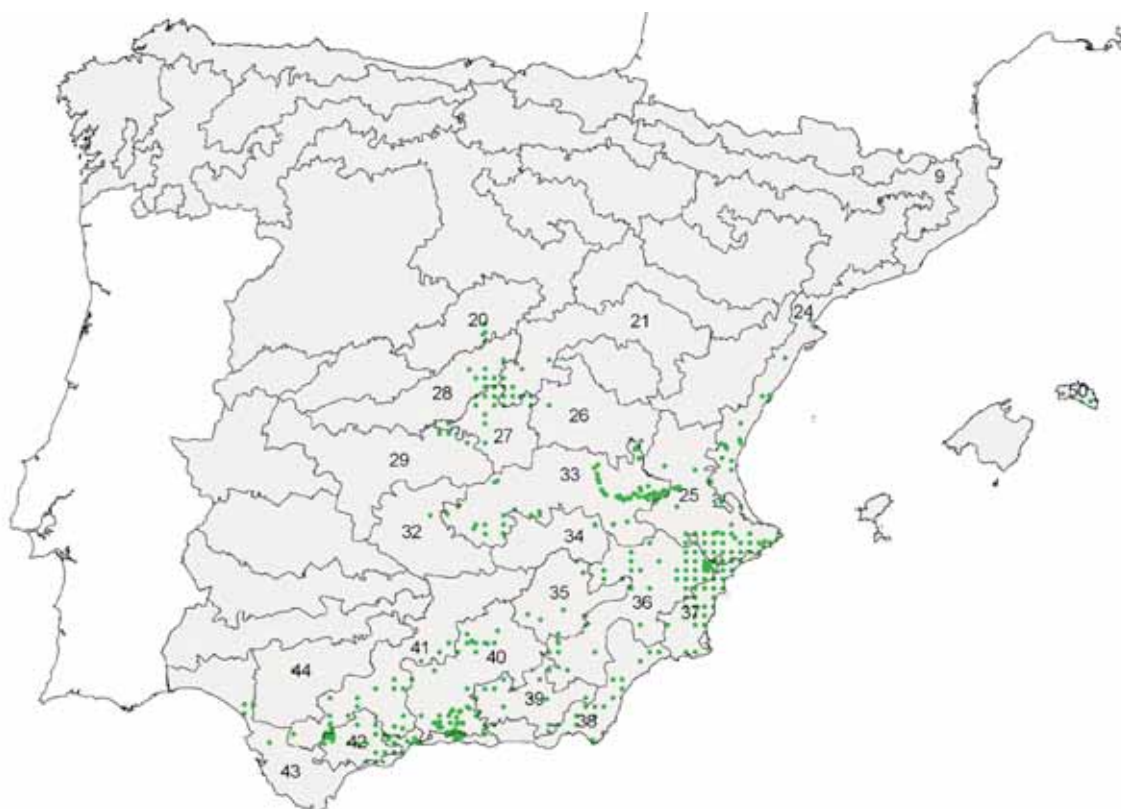


Figura 3. Distribución de *Stipa tenacissima* y Regiones de Identificación de sus materiales de reproducción (Fuente: Anthos).

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

Stipa tenacissima está catalogada por la Comunidad de Aragón (D. 49/1995) como “De interés especial”. La atocha no requiere pasaporte fitosanitario.

2.2. Técnicas de manejo y propagación

2.2.1. Semillas

La cosecha de semillas, así como la producción de semillas vanas es muy variable. La producción de éstas no suele ser muy abundante, en particular en terrenos muy degradados, por lo que conviene elegir las zonas de colecta y acotarlas. Es una especie que se presta al establecimiento sencillo de huertos semilleros, si bien este tipo de dispositivos no promueve la diversificación genética de los lotes de semillas.

La recogida de las espigas se lleva a cabo entre mayo y junio, debiendo recolectarse antes de la diseminación, que es por viento y muy rápida. El momento de la madurez se produce cuando los atochones toman un color más oscuro o cuándo al pasar la mano de abajo a arriba dejan de estar suaves para presentar un tacto áspero (Parra, 1957). La recogida se hace manualmente, a modo de ordeño, arrancando los atochones o cortándolos con una tijera. Se recomienda dejar al menos un 30% de las espigas *in situ* para no suprimir completamente la diseminación natural (García-Fayos, 2001). Una vez recolectados, los atochones se cuelgan para que se sequen y se complete la madurez de la semilla, y se desprende ésta con su raspa, sacudiéndolos en todo caso para obtener la semilla. La extracción de las semillas se realiza mediante trillado, cribado y aventado. La luz del tamiz recomendada para la limpieza es de 1,2-1,4 mm. Tras el acondicionamiento por este método se consigue una pureza del lote en torno al 80%. Una elevada proporción de las semillas pueden estar vacías, por ausencia de polinización, o abortadas (Guzmán Giménez, 1954; Gasque, 1999).

Las semillas presentan un comportamiento ortodoxo, pues son tolerantes a la desecación. Una vez limpias, se almacenan secas (6-8% de humedad), en cámara frigorífica, a 3-4 °C, hasta su fecha de siembra. En lotes almacenados durante cuatro años en estas condiciones no se ha detectado disminución en el porcentaje de germinación. Sin embargo, semillas conservadas a temperatura ambiente pierden su capacidad germinativa en pocos años.

El porcentaje y la velocidad de germinación varían sustancialmente si se realiza o no tratamiento pregerminativo. Las semillas de esparto presentan dormición fisiológica

Tabla 1 - Datos característicos de lotes de semillas de *Stipa tenacissima*.

Rendimiento semilla/fruto (% en peso)	Pureza (%)	Facultad germinativa (%)	Nº semillas kg ⁻¹	Referencia
			156.250-277.778	García-Fayos (2001)
7,3-35,6	79-97	60-91	226.670-289.160	Banc de Llavors Forestals (Anexo II)

que inhibe la germinación, inducida por una cubierta rígida e impermeable (Gasque y García-Fayos, 2003), por lo que se recomienda efectuar un tratamiento pregerminativo por escarificación o someterlas a 50 °C durante una semana (García-Fayos, 2001). La germinación de las semillas de la atocha es hipogea. En la Tabla 2 se recogen datos de caracterización de lotes de semillas de atocha del Levante peninsular.

3. Producción de plantas

El esparto se propaga muy bien por semillas. Se cultiva en contenedor, en envases forestales de 200-300 cm³, a una savia, obteniéndose un tamaño final entre 10-15 y 15-25 cm respectivamente, con un sistema radical bien conformado (Fig. 4), adecuado para plantas destinadas a restauración de infraestructuras y paisajismo. La siembra se realiza a finales de invierno o principios de primavera. Se debe sembrar superficialmente debido al pequeño tamaño de las semillas, obteniéndose las primeras germinaciones en el mes posterior a la siembra y completándose antes de tres meses (García-Fayos, 2001). Admite el trasplante, por lo que se recomienda sembrar en semilleros, debido al alto porcentaje de semillas vanas que presenta y a la dificultad que conlleva su separación.

Los sustratos pueden ser formulaciones convencionales en vivero a partir de componentes orgánicos del tipo turba rubia, turba de humus o fibra de coco principalmente (>75% en volumen) y algún componente inorgánico como perlita, vermiculita o arena de río (<25% en volumen). En la mayor parte de los viveros que producen esparto, se tiende a incorporar un fertilizante de liberación lenta como agregado en la formulación del sustrato, siendo muy frecuente el uso de dosis de 2,5 g l⁻¹ sustrato tipo 14-8-15 (8-9 meses).

Se adapta bien al cultivo a raíz desnuda sobre caballones para la producción de “macollos”, con densidades de siembra entre 6.000 y 10.000 ha⁻¹ y riego a manta (Parra, 1957).

4. Uso en repoblaciones y restauraciones

Aunque históricamente el uso de la fibra de esparto y el manejo de los espartales ha sido una importante actividad en las zonas del sudeste peninsular, la sustitución por materiales sintéticos dio lugar al abandono de las actividades de su explotación y manejo (Parra, 1957; Rejos, 2000). Como parte de esta gestión, era muy frecuente efectuar plantaciones, estimular el desarrollo de las plantas (por medio del entresacado de las matas y la eliminación de las hojas muertas) y la eliminación de aquellas especies que competían con ella, ocasionalmente mediante quemadas que se realizaban cada 4 ó 5 años o con el pastoreo (Yanes, 1993). El esparto se ha utilizado relativamente poco en trabajos de restauración, aunque es una especie frecuente en jardinería. En el primer caso, su establecimiento suele estar asociado a programas de restauración ecológica o mejora de infraestructuras. Los espartales, debido a las características climáticas, geomorfológicas, litológicas y edáficas de las zonas donde se desarrollan y a la formación de “islas de recursos”, puede ser una alternativa útil para la restauración de áreas críticas (Cortina *et al.*, 2012).

En los últimos años ha habido un creciente interés por el uso de especies propias de arbustados y matorrales seriales y subseriales en trabajos de restauración (Ruiz de la Torre, 1996), potenciando aquellas leñosas, muchas de ellas rebrotadoras y productoras



Figura 4. Cultivo de *Stipa tenacissima* en la Red de Viveros de Andalucía (Foto: Red de Viveros de Andalucía).

de frutos carnosos, que pueden facilitar el establecimiento de otras especies de plantas vasculares y promover la diversidad y abundancia de fauna (Cortina *et al.*, 2004 y 2011). Conviene destacar el importante papel que estos arbustos juegan en los espartales, ya que no sólo son determinantes de la función del ecosistema, sino que también lo son de la riqueza específica y diversidad de plantas vasculares perennes, pese a que su cobertura no suele ser muy elevada (Maestre, 2004; Maestre y Cortina, 2005) (Fig. 5). En condiciones adecuadas, las plantas establecidas pueden servir de focos de nuevos propágulos. De acuerdo con la experiencia adquirida en estas plantaciones, sería recomendable que la distribución espacial de las plantas introducidas tendiera a crear mosaicos irregulares de orientación (umbrías y solanas) y dendriforme (vaguadas, lomas, red de drenaje). Teniendo en cuenta la heterogeneidad espacial de la supervivencia de brinzales introducidos y su relación con variables edáficas (Maestre *et al.*, 2003 b), sería interesante establecer un nivel adicional de heterogeneidad que atendiera a esta variación a pequeña escala. Sin embargo, y pese a su relevancia, este objetivo resulta difícil de conseguir en el marco de la gestión actual.

Las plantaciones de esparto pueden mezclarse, formando pequeños rodales, con especies arbóreas, como el pino carrasco (*P. halepensis*) y el araar (*Tetraclinis articulata*), y arbustivas como la coscoja (*Q. coccifera*) y otras antes mencionadas. Las actuaciones de restauración tendrán lugar en terrenos que conserven una cierta capacidad biológica, evitando suelos decapitados, muy erosionados, salvo trabajos de ingeniería ambiental, o con litologías muy limitantes, yesos, launas. El esparto puede ser una especie potencialmente interesante en las siguientes situaciones:

- Como especie dominante de espartales, cuando se pretenda restaurar este tipo de vegetación.
- Trabajos de restauración de infraestructuras viales y de restauración hidrológico-forestal, ingeniería ambiental; albarradas, fajinas vegetales, etc. Es frecuente verla en medianas de carreteras, isletas de autovías o en labores de mejora paisajística de grandes infraestructuras, en particular en las autovías del sur y del Levante peninsular. También es muy frecuente en trabajos de restauración de canteras y graveras.
- Restauración de áreas críticas y recuperación de especies singulares amenazadas de flora y de fauna, asociada a especies como *Anthyllis cytisoides*, *Genista spartioides*, *Rosmarinus officinalis*, *Lavandula multifida*.
- Fijación de elementos estructurales propios de la agricultura mediterránea, y que deban ser conservados por razones paisajísticas o de conservación, como terrazas o balates. Es útil en proyectos de oasisificación.
- Trabajos de jardinería, como plantaciones o setos, por su temperamento y rusticidad. Es frecuente verla en jardines de la zona mediterránea y en xerojardinería.
- No debe renunciarse a su carácter productivo, en un momento en que se buscan nuevas alternativas, por sus aplicaciones industriales (Fernández-Prida, 1957).

Se pueden identificar estrategias diferentes de restauración en función del estado del espartal, siguiendo el concepto de umbrales de degradación sucesivos de Whisenant (Cortina *et al.*, 2012). Así, en los casos en los que el espartal esté muy alterado, el objetivo primordial de la restauración será la conservación de recursos como el agua, el suelo, los nutrientes, la materia orgánica y las semillas. Este objetivo puede conseguirse mediante la creación de sumideros de recursos, en forma de pequeñas alteraciones de la topografía, microcuencas, pilas de ramas, fajinas, etc. Si por el contrario la cubierta vegetal es suficiente para asegurar el control de los recursos, se puede potenciar la entrada de especies leñosas rebrotadoras que aumenten la resiliencia y la complejidad estructural del espartal, restablezcan el ciclo de nutrientes, faciliten la entrada de otras plantas vasculares y proporcionen frutos comestibles a la fauna. Debe tenerse en cuenta, no obstante, que puede no existir una relación clara entre el nivel funcional del espartal y su “restaurabilidad”, evaluada como la supervivencia de brinzales introducidos experimentalmente, lo que sugiere que un buen estado funcional no es un prerrequisito para establecer especies arbustivas en estos ambientes (Cortina *et al.*, 2006; Maestre *et al.*, 2006 b).

5. Planificación de la repoblación

Diversas cuestiones relacionadas con aspectos ecológicos y socioeconómicos de la restauración de espartales, incluyendo discusiones sobre la eficacia de diversas prácticas y estrategias ecotecnológicas, pueden consultarse en Cortina *et al.* (2011, 2012). El método de establecimiento del esparto en trabajos de restauración, tanto en medios forestales como en trabajos de jardinería ha sido la plantación. No obstante, el método de repoblación más



Figura 5. Antigua explotación de *Stipa tenacissima* en Murcia, ahora abandonada (Foto: J. Cortina).

sencillo y económico es la siembra a voleo (Parra, 1957). Debido a las características de los sitios donde se suele plantar, con cubierta vegetal no muy abundante, los trabajos de restauración con esparto no requerirían la eliminación previa de la vegetación.

La plantación debe hacerse en otoño y, aunque puede ampliarse el período de establecimiento a lo largo del invierno, no se recomienda efectuar plantaciones posteriores a enero-febrero, dado el largo período de sequía típico de las zonas de restauración. En las plantaciones de esparto se ha usado tradicionalmente el “embarrado” o “gacheta”, mezcla de agua con arcilla de consistencia pastosa donde se metía la raíz para que quedara adherida a las raicillas, consiguiendo marras entre el 10 y el 40% (Parra, 1957). Sin embargo, en la actualidad, la práctica más frecuente es la plantación de plantas en contenedor. Al colocar la planta en el hoyuelo de plantación debe evitarse enterrar las yemas o brotes incipientes, ya que son las que darán lugar a las nuevas hojas.

Existe poca información específica sobre los requerimientos del esparto. El procedimiento de preparación dependerá del objetivo de la plantación, pero lo más común es el ahoyado manual, mediante casillas. Los procedimientos mecanizados de alta intensidad (subsolados, arado de vertedera) se justifican en el caso de terrenos de poca pendiente (muy degradados por actividades agrícolas o de obras públicas). La densidad de plantación con esta especie puede ser muy variable. En plantaciones donde se requiere un recubrimiento rápido del terreno, las densidades pueden superar las 5.000-6.000 planta ha⁻¹. En plantaciones de

enriquecimiento o densificación, la atocha suele beneficiarse de una cierta protección, por lo que parece más conveniente la repoblación por golpes, agrupada en las localizaciones más favorables, dejando sin repoblar las zonas con más dificultad. 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 cobertura, garantizando el máximo de funcionalidad.

Las plantaciones de esparto no requieren cuidados culturales especiales. Puede ser necesario usar mallas protectoras, dada la alta palatabilidad de los individuos jóvenes, que los hace muy atractivos para los herbívoros. En zonas áridas suele ser innecesario el control de la vegetación competidora.

El establecimiento del esparto ha mostrado algunas dificultades, debidas, en particular, a las limitaciones en las condiciones de los terrenos objeto de restauración y a la propia ecología de la especie. Hasta el tercer año la planta es muy sensible al frío intenso y a las heladas, mostrando un crecimiento inicial muy lento, aunque posteriormente se incrementa, obteniendo una elevada cobertura a partir del quinto año. Los valores de supervivencia han alcanzado hasta el 100% en algunos ensayos (semiárido Albaterra, Alicante) a los 4 años (Vallejo *et al.*, 2007).

6. Bibliografía

- ALADOS C.L., PUEYO Y., GINER L., NAVARRO T., ESCOS J., BARROSO F., CABEZUDO B., EMIEN J.M., 2003. Quantitative characterization of the regressive ecological succession by fractal analysis of plant spatial patterns. *Ecol. Model.* 163(1), 1-17.
- ALADOS C.L., PUEYO Y., BARRANTES O., ESCOS J., GINER L., ROBLES A.B., 2004. Variations in landscape patterns and vegetation cover between 1957 and 1994 in a semiarid mediterranean ecosystem. *Landscape Ecol.* 19, 545-561.
- 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].
- ARMAS C., PUGNAIRE F.I., 2005. Plant interactions govern population dynamics in a semi-arid plant community. *J. Ecol.* 93, 978-989.
- AZCÓN-AGUILAR C., PALENZUELA J., ROLDÁN A., BAUTISTA S., VALLEJO R., BAREA J.M., 2003. Analysis of the mycorrhizal potential in the rhizosphere of representative plant species from desertification-threatened mediterranean shrublands. *Appl. Soil Ecol.* 22, 29-37.
- BALAGUER L., PUGNAIRE F.I., MARTÍNEZ-FERRI E., ARMAS C., VALLADARES F., MANRIQUE E., 2002. Ecophysiological significance of chlorophyll loss and reduced photochemical efficiency under extreme aridity in *Stipa tenacissima* L. *Plant Soil* 240: 343-352.
- BARBER A., CABRERA M.R., GUARDIOLA I., 1997. Sobre la cultura de l'espart al territori valencià. Fundació Bancaixa.
- BARBERÁ G.G., NAVARRO-CANO J.A., CASTILLO V.M., 2006. Seedling recruitment in a semi-arid steppe: The role of microsite and post-dispersal seed predation. *J. Arid Environ.* 67, 701-714.
- BELNAP J., LANGE O.L. (eds.), 2001. *Biological Soil Crusts: Structure, Function, and Management*. Springer, Berlin.
- BOCHET E., RUBIO J.L., POESEN J., 1999. Modified topsoil islands within patchy mediterranean vegetation in SE Spain. *Catena* 38, 23-44.

- CERDÀ A., 1997. Soil erosion after land abandonment in a semiarid environment of southeastern Spain. *Arid Soil Res. Rehab.* 11, 163-176.
- CORTINA J., BELLOT J., VILAGROSA A., CATURLA R., MAESTRE F., RUBIO E., MARTÍNEZ J.M., BONET A., 2004. Restauración en semiárido. En: Avances en el estudio de la gestión del monte mediterráneo. (Vallejo V.R., Alloza J.A., eds.). Fundación CEAM, Valencia. pp. 345-406.
- CORTINA J., MAESTRE F.T., VALLEJO V.R., BAEZA J., VALDECANTOS A., PÉREZ-DEVESA M., 2006. Ecosystem function and restoration success: are they related? *J. Nat. Conserv.* 14, 152-160.
- CORTINA J., MARTÍN N., MAESTRE F.T., BAUTISTA S., 2010. Disturbance of the biological soil crusts and performance of *Stipa tenacissima* in a semi-arid mediterranean steppe. *Plant Soil* 334, 311-322.
- CORTINA J., AMAT B., CASTILLO V., FUENTES D., MAESTRE F.T., PADILLA F., ROJO L., 2011. The restoration of plant cover in the semi-arid Iberian southeast. *J. Arid Environ.* 75, 1377-1384.
- CORTINA J., RUIZ-MIRAZO J., AMAT B., AMGHAR F., BAUTISTA S., CHIRINO E., DERAK M., FUENTES D., MAESTRE F.T., VALDECANTOS A., VILAGROSA A., 2012. Bases para la restauración ecológica de espartales. UICN, Gland, Suiza y Málaga, España.
- COSTA M., 1973. Datos ecológicos y fitosociológicos sobre los espartales de la provincia de Madrid. *Anal. Inst. Bot. Cavanilles* 30, 233-255.
- DJEBAILI S., 1988. Connaissances actualles sur l'alfa (*Stipa tenacissima* L.): autoécologie, phénologie, productivité et valeur nutritive. *Biocénoses* 3, 43-53.
- DOMINGO F., PUIGDEFABREGAS J., CLARK S.C., INCOLL L.D., LOCKWOOD J.G., 1991. Plant physiological behavior in relation to water in a semiarid environment in southeast Spain. En: Hydrological interactions between atmosphere, soil and vegetation. Proceedings of the Vienna Symposium. IAHS Publ, nº 204.
- DOMINGO F., GUTIÉRREZ L., BRENNER A.J., AGUILERA C., 2002. Limitation to carbon assimilation of two perennial species in semi-arid south east Spain. *Biol. Plantarum* 45, 213-220.
- FERNÁNDEZ-PRIDA C., 1957. Química del esparto. En: Conferencias sobre el esparto. ETSIM. Sección de Publicaciones de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes, Madrid. pp. 31-44.
- 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. 45.
- GARCÍA-FAYOS P., GASQUE M., 2002. Consequences of a severe drought on spatial patterns of woody plants in a two-phase mosaic steppe of *Stipa tenacissima* L. *J. Arid Environ.* 52, 199-208.
- GASQUE M., 1999. Colonización del esparto (*Stipa tenacissima* L.) en zonas degradadas de clima semiárido. Memoria de Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.
- GASQUE M., GARCÍA-FAYOS P., 2003. Seed dormancy and longevity in *Stipa tenacissima* L. (*Poaceae*). *Plant Ecol.* 168, 279-290.
- GASQUE M., GARCÍA-FAYOS P., 2004. Interaction between *Stipa tenacissima* and *Pinus halepensis*: consequences for reforestation and the dynamics of grass steppes in semi-arid mediterranean areas. *For. Ecol. Manage.* 189, 251-261.
- GAUQUELIN T., JALUT G., IGLESIAS M., VALLE F., FROMARD F.Y., DEBOUBAT J.J., 1996. Phytomass and carbon storage in the *Stipa tenacissima* steppes of the Baza basin, Andalusia, Spain. *J. Arid Environ.* 34, 277-286.
- GOBERNA M., INSAM H., KLAMMER S., PASCUAL J.A., SÁNCHEZ J., 2005. Microbial community structure at different depths in disturbed and undisturbed semiarid mediterranean forest soils. *Microb. Ecol.* 50, 315-326.

- GOBERNA M., SÁNCHEZ J., PASCUAL J.A., GARCÍA C., 2006. Surface and subsurface organic carbon, microbial biomass and activity in a forest soil sequence. *Soil Biol. Biochem.* 38, 2233-2243.
- GUZMAN GIMÉNEZ G., 1954. Aportaciones a la Química del esparto español (*Stipa tenacissima*). Publicaciones de la Universidad de Murcia. pp. 341-454.
- HAASE P., PUGNAIRE F.I., INCOLL L.D., 1995. Seed production and dispersal in the semi-arid tussock grass *Stipa tenacissima* L. during masting. *J. Arid Environ.* 31, 55-65.
- HAASE P., PUGNAIRE F.I., CLARK S.C., INCOLL L.D., 1999. Environmental control of canopy dynamics and photosynthetic rate in the evergreen tussock grass *Stipa tenacissima*. *Plant Ecol.* 145, 327-339.
- HUGUET DEL VILLAR E., 1929. Geobotánica. Ed. Labor, Barcelona.
- IMESON A.C., PRINSEN H.A.M., 2004. Vegetation patterns as biological indicators for identifying runoff and sediment source and sink areas for semi-arid landscapes in Spain. *Agric. Ecosyst. Environ.* 104, 333-342.
- LE HOUÉROU H.N., 1969. La végétation de la Tunisie steppique. *Annales de l'Institut de la Recherche Agronomique de Tunisie* 42, 1-624.
- MAESTRE F.T., 2003 a. Small-scale spatial patterns of two soil lichens in semiarid mediterranean steppes. *Lichenologist* 35, 71-81.
- MAESTRE F.T., 2003 b. Variaciones en el patrón espacial a pequeña escala de los componentes de la costra biológica en un ecosistema mediterráneo semiárido. *Revista Chilena de Historia Natural* 76, 35-46.
- MAESTRE F.T., 2004. On the importance of patch attributes, abiotic factors and past human impacts as determinants of plant species richness and diversity in mediterranean semi-arid steppes. *Divers. Distrib.* 10, 21-29.
- MAESTRE F.T., CORTINA J., 2002. Spatial patterns of surface soil properties and vegetation in a mediterranean semi-arid steppe. *Plant Soil* 241, 279-291.
- MAESTRE F.T., CORTINA J., 2004 a. Insights into ecosystem composition and function in a sequence of degraded semiarid steppes. *Restor. Ecol.* 12, 494-502.
- MAESTRE F.T., CORTINA J., 2004 b. Do positive interactions increase with abiotic stress? A test from a semi-arid steppe. En: *Proceedings of the Royal Society of London B (Supplement)* 271, S331-S333.
- MAESTRE F.T., CORTINA J., 2005. Remnant shrubs in mediterranean semi-arid steppes: effects of shrub size, abiotic factors and species identity on understorey richness and occurrence. *Acta Oecol.* 27, 161-169.
- MAESTRE F.T., BAUTISTA S., CORTINA J., BELLOT J., 2001. Potential of using facilitation by grasses to establish shrubs on a semiarid degraded steppe. *Ecol. Appl.* 11, 1641-1655.
- MAESTRE F.T., HUESCA M.T., ZAADY E., BAUTISTA S., CORTINA J., 2002. Infiltration, penetration resistance and microphytic crust composition in contrasted microsites within a mediterranean semi-arid steppe. *Soil Biol. Biochem.* 34, 895-898.
- MAESTRE F.T., BAUTISTA S., CORTINA J., 2003 a. Positive, negative and net effects in grass-shrub interactions in semiarid mediterranean steppes. *Ecology* 84, 3186-3197.
- MAESTRE F.T., CORTINA J., BAUTISTA S., BELLOT J., VALLEJO V.R., 2003 b. Small-scale environmental heterogeneity and spatio-temporal dynamics of seedling establishment in a semiarid degraded ecosystem. *Ecosystems* 6, 630-643.
- MAESTRE F.T., MARTÍN N., DÍEZ B., LÓPEZ-POMA R., SANTOS F., LUQUE I., CORTINA J., 2006 a. Watering frequency, fertilization, and slurry-inoculation promote recovery of biological soil crust function in degraded soils. *Microb. Ecol.* 52, 365-377.
- MAESTRE F.T., CORTINA J., VALLEJO R., 2006 b. Are ecosystem composition, structure and functional status related to restoration success? A test from semiarid mediterranean steppes. *Restor. Ecol.* 14, 258-266.
- MAESTRE F. T., RAMÍREZ D. A., CORTINA J., 2007. Ecología del esparto (*Stipa tenacissima* L.) y los espartales en la Península Ibérica. *Ecosistemas* 16: 116-135.

- MARTÍN N., BAUTISTA S., MAESTRE F. T., CORTINA J., 2003. Evaluación del papel de la costra biológica en los flujos de agua en un espartal semiárido: diseño experimental y resultados preliminares. En: Actas del VII Congreso Nacional de la Asociación Española de Ecología Terrestre. Soft Congress S. L. pp 1458-1468.
- MARTÍNEZ-SÁNCHEZ J.J., CASARES-PORCEL M., GUERRA J., GUTIÉRREZ-CARRETERO L., ROS R.M., HERNÁNDEZ-BASTIDA J., CANO M.J., 1994. A special habitat for bryophytes and lichens in the arid zones of Spain. *Lindbergia* 19, 116-121.
- MIET C., FAWAZ F., CHOIX M., PUISIEUX F., 1972. Analysis of ointments, oils and waxes. En: XII Study of the wax (fiber wax) of alfa, *Stipa tenacissima* L., Graminaceae, with gas phase chromatography and mass spectrometry. *Ann. Pharm. Fr.* 30(4), 263-72.
- PARRA J.L., 1957. El esparto: aspectos botánico y forestal. En: Conferencias sobre el esparto. ETSIM. Sección de Publicaciones de las Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes, Madrid. pp. 7-27.
- PUGNAIRE F.I., HAASE P., 1996. Comparative physiology and growth of two perennial tussock grass species in a semi-arid environment. *Ann. Bot.* 77, 81-86.
- PUGNAIRE F.I., HAASE P., INCOLL L., CLARK S.C., 1996. Response of tussock grass *Stipa tenacissima* to watering in a semi-arid environment. *Funct. Ecol.* 10, 265-274.
- PUIGDEFÁBREGAS J., SÁNCHEZ G., 1996. Geomorphological implications of vegetation patchiness on semiarid slopes. En: *Advances in hillslope processes*. (Anderson M.G., Brooks S.M., eds.). John Willey y Sons, Londres. Volume 2, 1027-1060.
- PUIGDEFÁBREGAS J., SOLÉ-BENET A., GUTIÉRREZ L., DEL BARRIO G., BOER M., 1999. Scales and processes of water and sediment redistribution in drylands: results from the Rambla Honda field site in Southeast Spain. *Earth-Sci. Rev.* 48, 39-70.
- RAMÍREZ D.A., 2006. Estudio de la transpiración del esparto (*Stipa tenacissima* L.) en una cuenca del semiárido alicantino: un análisis pluriescalar. Tesis doctoral. Universidad de Alicante, Alicante.
- RAMÍREZ D.A., BELLOT J., DOMINGO F., BLASCO A., 2007. Can water responses in *Stipa tenacissima* L. during the summer season be promoted by non-rainfall water gains in soil? *Plant Soil* 291, 67-79.
- REJOS F. J., 2000. La Atocha (*Stipa tenacissima* Loeff. ex L.) en el centro peninsular: aspectos vegetativos y reproductivos. Tesis Doctoral, Universidad de Alcalá de Henares, Alcalá de Henares.
- REYES PRÓSPER E., 1915. Las estepas de España y su vegetación. Ed. Sucesores de Rivadeneyra, Madrid.
- REYNOLDS J.F., VIRGINIA R.A., KEMP P.R., DE SOYZA A.G., TREMMEL D.C., 1999. Impact of drought on desert shrubs: effects of seasonality and degree of resource island development. *Ecol. Monogr.* 69, 69-106.
- RILLIG M.C., MAESTRE F.T., LAMIT J., 2003. Microsite differences in fungal hyphal length, glomalin and soil aggregate stability in semiarid mediterranean grasslands. *Soil Biol. Biochem.* 35, 1257-1260.
- ROLDÁN-FAJARDO B.E., 1994. Effect of indigenous arbuscular mycorrhizal endophytes on the development of six wild plants colonizing a semi-arid area in south-east Spain. *New Phytol.* 127, 115-121.
- 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. 263-268.
- SÁNCHEZ G., 1994. Arquitectura y dinámica de las matas de esparto (*Stipa tenacissima* L.), efectos en el medio e interacciones con la erosión. Tesis doctoral. ç Autónoma de Madrid, Madrid.
- SÁNCHEZ G., PUIGDEFÁBREGAS J., 1994. Interactions of plant growth and sediment movement on slopes in a semi-arid environment. *Geomorphology* 9, 243-260.
- SCHÖNING C., ESPADALER X., HENSEN I., ROCES F., 2004. Seed predation of the tussock-grass *Stipa tenacissima* L. by ants (*Messor* spp.) in south-eastern Spain: the adaptive value of trypanocarp. *J. Arid Environ.* 56, 43-61.

SERVICIO DEL ESPARTO, 1950. El esparto y su economía. Ministerio de Industria y Comercio de Agricultura, Madrid.

SUÁREZ F., SAINZ H., SANTOS T., GONZÁLEZ F., 1992. Las estepas ibéricas. Ministerio de Obras Publicas y Transportes, Madrid.

VALDÉS A., HERRANZ J.M., 1989. Matorrales de la provincia de Albacete: espartales, romerales y tomillares. Instituto de Estudios Albacetenses. Excma. Diputación de Albacete.

WHISENANT S.G., 1999. Repairing Damaged Wildlands. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

WHITE F., 1983. The vegetation of Africa. Natural Resources Research, vol. XX. UNESCO, París.

YANES M., 1993. La estepa giennense: crónica de una agonía. Quercus 94, 12-15.

Tamarix spp.

Taray, taraga, taraje, atarfe, tamarisco, tamariz, tambariz; *cat.*: farga, gatell, tamaric, tamarell, tamarí, tamaró, tamarit; *eusk.*: millazkia; *gall.*: tamarxeira, tarai

María Aránzazu PRADA SÁEZ, Fernando MAGDALENO MAS, Jesús RUEDA FERNÁNDEZ, Roberto MARTÍNEZ ROMERO

1. Descripción

1.1. Morfología

El género *Tamarix* comprende unas 54 especies de arbustos o pequeños arbolillos con distribución mundial en zonas templadas y cálidas (Baum, 1978). Presentan un sistema radical muy desarrollado, que puede alcanzar grandes profundidades y abundante ramificación. Las ramas más viejas tienen la corteza de color pardo, pardo rojizo o negruzco, con abundantes lenticelas. Las hojas son alternas, simples, sentadas, de tamaño muy reducido, generalmente con aspecto de escamas, y pueden ser glabras o presentar en su epidermis glándulas que acumulan sal. Las especies autóctonas en España son arbustos de hoja caduca, generalmente de 2 a 4 m de altura; algunas de ellas pueden crecer hasta 10 m en lugares con mayor disponibilidad hídrica. Es difícil diferenciar las especies de *Tamarix*, ya que hay pocos rasgos distintivos de fácil visualización; además, la mayoría de estos caracteres de diagnóstico están asociados a las flores, presentes sólo en cierto período del año. En concreto, puede resultar particularmente complejo distinguir, por caracteres externos, *T. canariensis* de *T. gallica*, o éstas de las formas estivales de *T. africana* (Baum, 1978). La dificultad de adscribir un individuo a una u otra especie, teniendo en cuenta rasgos morfológicos, concuerda con los resultados obtenidos por Gaskin y Schaal (2003), que no logran discriminar genéticamente *T. gallica* y *T. canariensis*.

En España está extendido el uso de especies alóctonas con fines ornamentales, en márgenes de carreteras y como setos cortavientos. *T. parviflora*, *T. ramosissima*, *T. aphylla* y *T. chinensis* han sido las más empleadas para estos fines y no deben utilizarse en las acciones de restauración. Se ha constatado la hibridación de *T. ramosissima* con *T. canariensis* y *T. gallica* (Gaskin y Schaal, 2003) y con ello, el peligro de introgresión genética de la especie alóctona en las poblaciones autóctonas.

1.2 Biología reproductiva

Las flores de los tarajes presentes en España son hermafroditas, menudas, tetrámeras o pentámeras, de color blanco o rosado y presentan una bráctea. Se disponen en racimos alargados, que pueden aparecer en ramas del año anterior o de años previos (inflorescencia invernal) o en ramas del año (inflorescencia estival) (Baum, 1978). Las inflorescencias invernales aparecen entre marzo y mayo, mientras que las estivales suelen hacerlo en

verano u otoño. La aparición de las inflorescencias puede variar en una misma especie, en función de las condiciones climáticas del sitio y del año, aunque en algunas de ellas este carácter es más estable que en otras (por ejemplo, *T. boveana* florece en primavera). El androceo, formado por varios estambres insertados en un disco nectarífero, tiene una gran relevancia para la identificación taxonómica. El ovario está formado por 3 ó 4 carpelos, cada uno de ellos con su estigma. La polinización es entomófila.

Los frutos son cápsulas de 2 a 8 mm, que se abren a la madurez liberando gran cantidad de pequeñas semillas. La producción potencial de semillas es muy alta; Tomanek y Zeigler (1962) estiman que un ejemplar maduro puede producir 0,5-1 millón de semillas por año. La dehiscencia tiene lugar en primavera, desde abril, o en otoño, en concordancia con la época de floración. La dispersión se efectúa por el viento, facilitada por el penacho de pelos que presentan las semillas, aunque el agua actúa también como agente secundario. Esta dispersión suele producirse a lo largo del período habitual de crecidas (Sauer, 1988).



Figura 1. Frutos de *Tamarix africana*
(Foto: A. Prada).

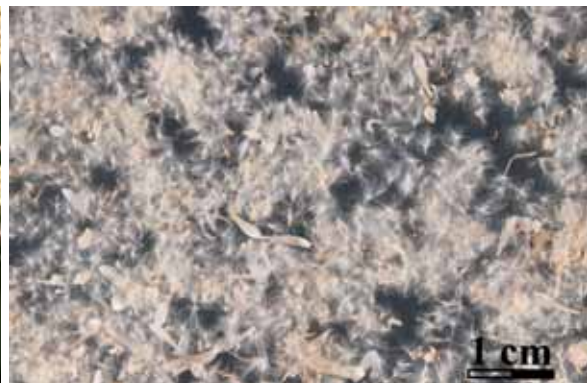


Figura 2. Semillas de *Tamarix boveana*.

La germinación de las semillas, si las condiciones de humedad son las adecuadas, tiene lugar en las 24 horas siguientes a su diseminación (Di Tomaso, 1998). La retirada progresiva de las aguas en las orillas de un río o embalse crea condiciones óptimas para la germinación, aunque la supervivencia de las plántulas depende de que no se produzcan otras crecidas durante varios meses después de la nascencia (Brock, 1994).

Las plántulas de los tarajes encuentran condiciones especialmente favorables para su desarrollo en suelos saturados de terrenos abiertos y soleados con escasa competencia por otras plantas (Frasier y Johnsen, 1991). Una vez que los brinzales se han establecido, son muy resistentes a la desecación. La mortalidad de las jóvenes plantas es alta si se producen crecidas capaces de erosionar la zona en las que están implantadas, o bien si la inundación de las plantas se alarga entre 4 y 6 semanas, o cuando los suelos se secan con demasiada rapidez. Las plántulas pueden ser arrancadas incluso por un flujo débil de agua (Di Tomaso, 1996). Cuando las condiciones no son adecuadas para la germinación, las semillas pierden viabilidad en poco tiempo. Así, en el caso de que estén expuestas a insolación directa, mantienen la capacidad de germinar durante unos 24 días, mientras que, si están más protegidas del calor, pueden alcanzar una viabilidad máxima de 45 días (Zimmerman, 1997; Carpenter, 1998). Asimismo, las semillas producidas durante épocas

más frescas permanecen viables durante un período hasta tres veces superior al de las semillas generadas en los meses de más calor (Zimmerman, 1997).

Los tarajes también se reproducen naturalmente a partir de segmentos de tallos y raíces, que son arrancados y arrastrados en épocas de crecidas. Estos segmentos enraízan rápidamente en suelos húmedos, pero, cuando se produce el secado del suelo, pierden en poco tiempo su capacidad de arraigo. También es frecuente la propagación asexual por acodo, con la producción de nuevas plantas a partir de raíces adventicias, generadas después de que las plantas hayan sido cubiertas total o parcialmente por sedimentos. Los tarajes pueden rebrotar de cepa (Brock, 1994).

1.3. Distribución y ecología

El género *Tamarix* se distribuye en Asia, África y Europa meridional. En España, sus especies crecen principalmente en el este y sur de la Península y en los archipiélagos balear y canario (Tabla 1). Se encuentran en cauces de corrientes discontinuas, en depresiones húmedas, lagunas y arenas litorales, pero también en bordes de cursos de aguas permanentes.

Los tarajes son elementos típicos de climas áridos y semiáridos, que superan prolongados períodos de sequía por su capacidad de prospectar agua a grandes profundidades. Así, la morfología de sus sistemas radicales se adapta a las condiciones hídricas de la zona; pueden llegar a más de 30 m de profundidad (Baum, 1978) y, cuando alcanzan el nivel de las aguas subterráneas, pueden extenderse de manera horizontal, hasta más de 50 metros (Di Tomaso, 1996). Las raíces también se extienden horizontalmente cuando encuentran capas densas de arcillas. Asimismo, son capaces de producir yemas adventicias. Los tarajes son especies heliófilas. Los ejemplares adultos son muy sensibles a la sombra, alterándose su morfología foliar y reduciendo su capacidad de reproducción (Stevens, 1990).

Tabla 1. Distribución general (Baum, 1978) y local (Cirujano, 1993; Anthos, 2012; CEDEX, 2011) de las especies autóctonas del género *Tamarix* potencialmente utilizables en ambientes riparios en España peninsular.

Especie	Distribución general	Distribución en España
<i>Tamarix africana</i>	Mediterráneo occidental y Canarias	Presente en casi toda la Península y Baleares y Canarias; más frecuente en Andalucía, Murcia, Valle del Ebro y cuenca media del Tajo (0-800 m).
<i>Tamarix boveana</i>	España y Norte de África	Valle del Ebro, zonas costeras del este peninsular, Mallorca y Menorca (0-320 m).
<i>Tamarix canariensis</i>	Mediterráneo occidental y Canarias	Presente en casi toda la Península, Baleares y Canarias; más frecuente en Depresión del Ebro, La Mancha, Levante, Murcia, Andalucía, Baleares y Canarias (0-800 m).
<i>Tamarix gallica</i>	Europa occidental	Presente en casi toda la Península y Baleares; más frecuente en Depresión del Ebro, Tajo medio, Andalucía (0-800 m).

No son muy exigentes en cuanto a suelos, aunque tienen una leve preferencia por los alcalinos (pH=7,5) (Di Tomaso, 1998). Se desarrollan en sustratos de textura muy variable, desde arenosa, limo-arenosa, limosa a arcillosa. Son capaces también de instalarse en suelos con un amplio rango de contenido en sales (Tesky, 1992). En suelos con baja salinidad pueden soportar largos períodos de sequía. *Tamarix boveana* y *T. canariensis* se adaptan a ambientes con mayores concentraciones de sal. *T. canariensis*, *T. gallica* y *T. africana* son capaces de tolerar mejor el frío, adentrándose en zonas más continentales.

Son muy tolerantes a las crecidas y a las altas concentraciones de sólidos disueltos (Gladwin y Roelle, 1998; Roelle y Gladwin, 1999). Las plantas adultas pueden sobrevivir con el sistema radical inundado unos 100 días, y con la planta entera bajo las aguas hasta 70 días (Brotherson y Field, 1987). Sin embargo, no son tan resistentes como los sauces a la presión de las corrientes de agua de avenidas, y se descalzan más fácilmente por la menor flexibilidad de sus ramas; por ello, suelen proliferar en ríos en los que la frecuencia y la magnitud de las crecidas son menores o se han visto reducidas por la acción humana. Los tarajes son capaces de rebrotar de cepa después de un incendio, en ocasiones de manera muy intensa.

En lagunas y ramblas salobres con cortos períodos de inundación forman tarayales las especies con mayor capacidad de soportar altas concentraciones de sal, acompañadas por quenopodiáceas y otras especies propias de estos ambientes. En ramblas menos salinas del tercio sur y del este peninsular, *T. canariensis*, *T. africana* y *T. gallica* se mezclan con la adelfa y especies de gramíneas; y con el sauzgatillo (*Vitex agnus-castus*) en Cataluña y en algunos puntos de Andalucía. Los tarajes dan lugar a formaciones más o menos densas en función de la disponibilidad de agua, presentándose como pies dispersos en zonas particularmente áridas. También se puede encontrar en ambientes continentales, en depresiones húmedas y lagunas interiores y en ciertos tramos fluviales, especialmente en depósitos de gravas de tamaño medio a grueso, cuyas condiciones de mayor aridez estival hacen que los tarajes compitan con ventaja con los sauces (Blanco *et al.*, 1997).

2. Materiales forestales de reproducción

2.1. Marco normativo. Identificación de los materiales de reproducción

La única especie del género que ha sido incluida en el Real Decreto 289/2003 sobre comercialización de materiales forestales de reproducción es *T. gallica* (Fig. 3 a y Tabla 2). Los materiales forestales de reproducción de este taxón deben recolectarse y producirse de acuerdo con las disposiciones de esta normativa en relación con su calidad, documentación y etiquetado. Actualmente, los materiales disponibles son de la categoría identificada y no se prevé la aprobación de materiales de base de otras categorías (seleccionada, cualificada o controlada), dado su uso casi exclusivo en restauraciones de riberas. Se recomienda el empleo de materiales de las especies y procedencias locales y de la misma cuenca hidrográfica en la que se va a efectuar la revegetación.

El resto de los tarajes no está regulado por la normativa de comercialización a escala nacional, pero sí en la Comunidad Valenciana (D. 15/2006) en un sistema similar al establecido por la normativa nacional, con el control del origen de los materiales,

asignando su procedencia según cuencas hidrográficas. Por otra parte, en Baleares (Orden de 17 de septiembre de 1984) también es necesario contar con la autorización administrativa previa para recolectar materiales que vayan a comercializarse.

Como en el caso de *T. gallica*, para estas especies también se recomienda controlar la procedencia de los materiales que se van a utilizar, procurando no efectuar movimientos de los mismos entre cuencas hidrográficas, y preferiblemente, utilizando materiales recolectados en zonas próximas a la que se va a revegetar.

En relación con posibles limitaciones para la recolección o uso de los materiales de tarajes, se debe consultar las regulaciones autonómicas de protección de flora. Las especies de *Tamarix* están consideradas como “De especial protección” en Baleares (D. 75/2005) y como “De interés especial” en Murcia (D. 50/2003). A nivel específico, *T. boveana* está catalogada como “Vulnerable” en Aragón (D. 49/1995), Murcia (D. 50/2003) y Cataluña (D. 172/2008), calificándose como “Estrictamente protegida” en las poblaciones catalanas del Delta del Ebro (D. 328/1992).

El género *Tamarix* no está incluido en la actual normativa de sanidad vegetal por lo que sus materiales de reproducción no van acompañados por el pasaporte fitosanitario.



Figura 3 a. Distribución de *Tamarix gallica* y Regiones de Procedencia de sus materiales de reproducción (Alía *et al.*, 2009).

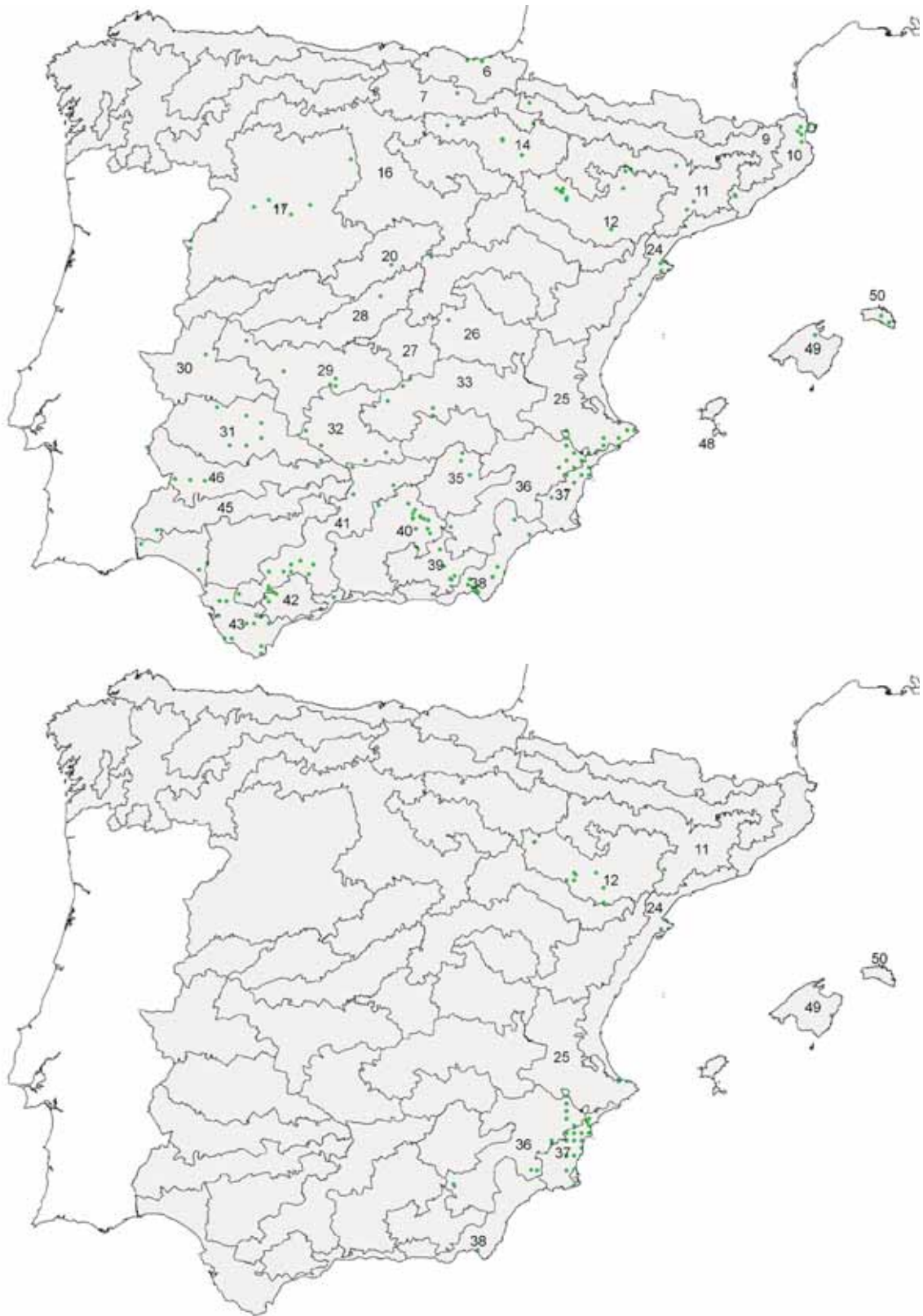


Figura 3 b y c. Distribución de *T. africana* y *T. boveana* y Regiones de Identificación de sus materiales de reproducción (Fuente: Anthos).



Figura 3 d. Distribución de *T. canariensis* y Regiones de Identificación de sus materiales de reproducción (Fuente: Anthos).

2.2. Técnicas de manejo y propagación

2.2.1. Semillas

Los frutos de los tarajes se recogen cuando las cápsulas están iniciando su apertura. Se recolectan las infrutescencias y se depositan en bandejas para permitir que los frutos se abran completamente. Se recomienda efectuar una recolección cuidadosa, procurando evitar incluir en el lote trozos de ramas, hojas, etc., ya que el pequeño tamaño de las semillas y los pelos que presentan hacen difícil el proceso de limpieza. De hecho, Shepperd (2008) opina que no merece la pena eliminar las cápsulas, por el gran trabajo que requiere esta operación. Las semillas de los tarajes pueden conservarse en cámara a 4 °C durante un par de años; a temperatura ambiente pierden rápidamente su viabilidad (Shepperd, 2008).

Los tarajes pueden propagarse por semillas, sin necesidad de efectuar ningún tratamiento previo para que germinen, puesto que no presentan dormición. En condiciones controladas, se hidratan las semillas durante unas pocas horas y se introducen en cámara germinadora a una temperatura de 20 a 25 °C, germinando rápidamente al cabo de unos pocos días. La ISTA (2011) no ha establecido un estándar para la caracterización de la germinación en lotes de semillas de este género.

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

RP	Pres (%)	Altitud (m)			Precipitación (mm)		A (meses)	Temperatura (°C)			Osc (°C)	Hs (meses)	Tipo de suelo (FAO)
		Med	Max	Min	Anual	Estival		Med	MaxMC	MinMF			
1	1,6	80	119	22	1302	132	0,7	13,6	23,2	5,4	9,5	0	RK(67) CMu(33)
3	3,8	221	1070	19	1374	203	0	13	22,5	4,8	10,1	0	CMc(72) CMu(14) FLe(14)
10	1,1	60	95	25	682	125	1,8	15,7	29,8	3,2	15,7	0	CMd(50) FLe(50)
11	0,5	259	259	259	367	81	4	14,6	32,5	1,5	18,7	0	FLe(100)
12	10,3	184	280	36	351	72	4,5	15,3	33,1	1,7	19,3	0	FLe(37) XEy(26) XEc(21) CMc(11)
13	1,1	543	650	436	392	87	3,5	13,7	31,2	1,5	17,6	0	CMc(50) CMc(50)
17	0,5	672	672	672	416	62	3,3	11,8	29,8	-0,7	17,4	2,1	FLe(100)
20	1,1	1258	1762	753	865	98	2,2	10,4	27,8	-1,1	17	2,4	CMc(50) CMu(50)
21	3,2	634	729	560	456	62	3,6	13,4	33,2	-0,4	19,1	0,9	CMc(67) FLe(33)
24	2,2	28	94	1	567	76	3	16,9	30,4	5,4	15,4	0	FLe(75) CMc(25)
26	1,1	972	978	965	634	82	2,6	12,6	32,8	-0,9	19,4	2,3	CMc(100)
27	19,5	602	702	474	378	51	4,4	14,5	34,1	0,5	20	0,1	CMc(50) SLg(36) FLe(14)
28	15,1	567	648	432	442	55	3,9	14,1	33,4	0,5	19,3	0,1	FLe(68) CMc(21)
29	3,2	581	704	425	379	49	4,5	14,8	34,2	0,9	20,1	0	FLe(50) CMc(33) LVk(17)
31	1,1	207	219	195	470	33	4,4	16,8	34,8	3,5	18,1	0	FLe(50) PLe(50)

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)	(%)
33	2,7	598	637	518	388	56	4,2	14,7	34,1	0,7	19,6	0	CMc(80) SLg(20)
36	3,8	660	977	149	298	31	6,2	15,5	32,8	2,3	17,1	0	FLe(43) CMc(29) LPd(28)
37	1,6	48	89	14	327	42	6,6	17,8	31,5	5,8	14,6	0	FLe(34) LPe(33) XEc(33)
38	9,2	332	639	84	262	28	9,4	17,3	32,9	4,7	16,2	0	FLe(47) CMc(24) CMe(12)
39	1,6	1523	2975	749	600	52	3,9	11,6	30	-1,1	17,7	2,3	CMc(34) FLe(33) LPd(33)
40	1,1	956	1001	911	348	40	4,6	14,2	32	0,8	17,5	0	FLe(100)
41	2,2	290	557	63	632	27	4,4	17	34,5	4	17,1	0	CMc(75) VRx(25)
42	0,5	421	421	421	576	36	4,6	15,3	32,2	2,4	16,1	0	CMc(100)
43	5,9	147	835	7	642	22	4,6	17,4	31,8	6,2	14,1	0	VRx(27) CMc(18) CMe(18) LVk(18)
44	1,1	107	198	15	554	26	4,7	17,8	36	4,1	17,7	0	FLe(50) VRx(50)
45	0,5	264	264	264	722	31	3,9	16	34	3,2	15,7	0	LPe(100)
49	0,5	48	48	48	452	44	4	16,8	29	6,6	0	0	CMc(100)
50	3,8	13	19	7	604	46	4	16,9	28,4	7,4	-	0	CMc(60) CMe(40)

Tabla 3. Datos característicos de lotes de semillas de *Tamarix* spp.

Facultad germinativa (%)	Nº semillas kg ⁻¹	Referencia
55	>1.000.000	Navarro-Cerrillo y Gálvez (2001)
	1.000.000	Piotto y Di Noi (2001)

2.2.2. Vegetativa

Los tarajes pueden propagarse fácilmente empleando estaquillas de tallos. Normalmente se usan estaquillas recolectadas en invierno, por su facilidad de manejo. Éstas suelen tener un tamaño de 10 a 30 cm de longitud, en función del tipo de cultivo (Fig. 4). Si los materiales se recolectan temprano en invierno, pueden conservarse a 2-4 °C y 85% de humedad relativa, para evitar su deshidratación hasta el momento de la plantación en primavera. También se puede utilizar estaquillas recolectadas en verano, aunque en este caso es necesario mantenerlas en condiciones controladas en la fase de enraizamiento, con un aporte de agua adecuado para que no se des sequen. No se suele aplicar hormonas de enraizamiento.



Figura 4. Estaquillas de *Tamarix canariensis* (Foto: X. Goñi).

Los materiales de *Tamarix* que se emplean en restauraciones de riberas se obtienen normalmente a partir de partes de plantas recolectadas en poblaciones naturales, muchas veces próximas a la zona que se va a restaurar. Sin embargo, algunos productores especializados abordan la tarea de instalar campos de cepas madre para la provisión fácil y continuada de materiales de calidad en las cantidades necesarias para grandes o múltiples obras. En este caso, es conveniente mantener las cepas perfectamente identificadas y no abusar de su multiplicación, renovándolas cada cierto tiempo con nuevos genotipos recolectados en campo. Se recomienda consultar García Caballero *et al.* (2008) para una descripción detallada de la gestión de un campo de cepas madre.

3. Producción de plantas

Los tarajes pueden propagarse sin problemas a partir de semillas, aunque el pequeño tamaño de las mismas dificulta su manipulación. Es recomendable iniciar el cultivo con la siembra en bandejas o en pequeños envases, con un cambio posterior a envases de mayor tamaño. Las plántulas crecen inicialmente con lentitud y requieren sustratos saturados durante las 2-4 primeras semanas de crecimiento. Si el sustrato carece de humedad suficiente en estos primeros estadios, los brinzales no sobreviven más de un día (Tesky, 1992). Las plantas de tarajes obtenidas a partir de semillas suelen servirse en la primavera u otoño del segundo año, ya que las plantas de un año suelen ser pequeñas y sus raíces no facilitan que se mantenga la consistencia del cepellón (Juan Añíbarro - Viveros Fuenteamarga, com. pers.).

El cultivo masivo de plantas se realiza generalmente a partir de estaquillas lignificadas, obtenidas de varetas que se recolectan en campo a lo largo del invierno. Las estaquillas suelen tener un tamaño de 10 a 20 cm de longitud, según el tamaño del envase. Se ponen directamente a enraizar en alvéolos forestales de 300-1.200 cm³ para obtener plantas de 30 a 60 cm de altura, hasta en contenedores de 3 l si se desea plantas de mayor tamaño con un período de cultivo más prolongado. Se puede utilizar como sustrato fibra de coco o turba a la que se incorpora perlita o vermiculita para aumentar la porosidad. Los tarajes también pueden producirse a raíz desnuda, llegando a obtenerse plantas de 40-90 cm de altura en ciclos de cultivo largos (Navarro-Cerrillo y Gálvez, 2001). Debido a su uso como ornamental, se puede encontrar en el mercado plantas de tarajes de diferente talla, producidas en una amplia variedad de envases. Ha de tenerse en cuenta que la utilización de plantas en contenedores grandes requerirá mayores cuidados culturales en campo, tras su plantación.



Figura 5. Planta de *Tamarix gallica* de una savia obtenida de estaquilla cultivada en alvéolo de 300 cm³ (Foto: CNRGF *El Serranillo*).

4. Uso en repoblaciones y restauraciones

Los tarajes se usan en forestaciones de ambientes riparios y de entornos perilagunares en zonas de clima mediterráneo, como se refleja en las estadísticas de forestación de tierras agrarias y en otros trabajos (MAPA, 2006; CHG, 2011). Tradicionalmente se han incluido en jardinería extensiva y en restauraciones ambientales de zonas degradadas por la acción

antrópica, ya que toleran bien suelos nitrificados y contaminados. Estudios recientes indican que los tarajes pueden ser interesantes para la fitorremediación (Millán *et al.*, 2007; Manousaki *et al.*, 2008; Hegedüs *et al.*, 2009). Toleran también la contaminación procedente de gases industriales (Brock, 1994). En EE.UU. y Sudáfrica se introdujeron ciertas especies de tarajes para el control de la erosión de suelos en zonas áridas. Sin embargo, en la actualidad están considerados como especies invasoras, dada su capacidad de dispersión y de competencia en estos ambientes, especialmente en áreas en las que la actividad humana ha modificado la estructura y el funcionamiento de los procesos ecológicos fluviales (Glenn y Nagler, 2005).

5. Planificación de la repoblación

La densidad de plantación de los tarajes depende, en buena medida, del objetivo de la intervención (recuperación de procesos ecológicos, mejora de la dinámica fluvial, protección de ecosistemas acuáticos, mejora de la biodiversidad vegetal, entre otros). Las estrategias adaptativas y competitivas de las especies de este género, su crecimiento relativamente lento (en el contexto de las especies riparias) y su influencia sobre la dinámica de los ríos y humedales aconsejan la selección de densidades de plantación bajas, en torno a 500-750 pies ha⁻¹. Se recomienda evitar plantaciones excesivamente homogéneas en cuanto al tamaño de las plantas y a la diversidad de especies, para que el diseño de las actuaciones permita el desarrollo de masas mixtas con estructura variada. Por ello, resulta adecuado incluir otras especies de carácter ripario o perilagunar, que cumplan funciones ecológicas distintas a las del género *Tamarix*.

La plantación de los tarajes debe realizarse formando pequeñas áreas o bosquetes de extensión reducida, aprovechando enclaves especialmente favorables desde el punto de vista hidrogeomorfológico y de competencia con otras especies, o bien distribuyendo los pies de forma irregular en todo el rodal que se va a repoblar, considerando sus exigencias en cuanto a iluminación, humedad del suelo, etc.

Cuando la plantación se realiza mediante el estaquillado directo, debe elegirse materiales recolectados de pies madre sanos. Conviene recoger los materiales de ejemplares ubicados en las inmediaciones de la zona donde se esté actuando (contando con los permisos correspondientes). Esta consideración permite asegurar la utilización de las especies propias de la zona, dada la dificultad de identificación taxonómica que presenta el género para los no expertos. Asimismo, con ello se promueve la conservación de los recursos genéticos de las poblaciones locales, evitando introducir modificaciones no controladas en su acervo genético. Las estaquillas también pueden producirse en campos de cepas madre, constituidos específicamente para tal fin. En este caso, y teniendo en cuenta los principios de diversidad genética e identidad taxonómica, se recomienda establecer los campos de cepas madre con materiales recolectados en la procedencia local y evitar ciclos de multiplicación muy prolongados que conduzcan a la generalización del uso masivo de sólo unos pocos clones, como se ha señalado en el apartado de propagación vegetativa. Para el estaquillado directo, conviene utilizar estaquillas de tres savias o más (con diámetro mínimo de 2,5-3 cm). Debe tenerse en cuenta su polaridad, por lo que resulta conveniente realizar un corte en bisel en su base, indicando el sentido en el que se tienen que plantar y, también, para facilitar esta tarea y aumentar la superficie de enraizamiento.

Las estaquillas deben colocarse inmediatamente después de su corta. Cuando esto no es posible, se admite un tiempo de almacenamiento: en frigorífico, dentro de sacos de plástico, si el período va a ser prolongado; enterrados en arena o tierra húmedas y a la sombra, si no va a ser tan largo; sumergidas en agua limpia, si el período va a ser de unos pocos días.

La época más recomendable para el estaquillado es al final de la parada vegetativa de invierno y antes de que las yemas broten (finales de enero y todo febrero). También se pueden confeccionar al comienzo del invierno y almacenar hasta su plantación. Resulta fundamental elegir bien la cota de orilla en la que se instalan las estaquillas para garantizar su completo enraizamiento y el crecimiento posterior; han de estar siempre cerca del agua. No conviene profundizar mucho en caso de suelos muy compactos, por falta de oxígeno, ni que sobresalgan más de dos yemas en la parte aérea. La densidad de estaquillas oscila entre 2 y 10 por m² (Magdaleno, 2008). La brotación en la primavera, en el año de plantación, no siempre es sinónimo de éxito, ya que pueden efectuarla a expensas de las reservas almacenadas en la propia estaquilla. El primer y segundo veranos pueden necesitar riegos de apoyo. Conviene realizar una o varias podas en los primeros años para favorecer el porte ramificado de la base, si éste es el deseado.

Existe muy poca bibliografía relacionada con los cuidados que requieren las plantas de *Tamarix* con posterioridad a su plantación. La utilización de mallas y tubos protectores puede desaconsejarse, en términos generales, salvo que las condiciones de la plantación requieran la instalación de estos materiales (para evitar daños de animales, por ejemplo). Las plantas de *Tamarix* prefieren la insolación directa, ya que la sombra puede alterar sus características morfológicas y reproductivas. Sus estrategias competitivas y su escasa palatabilidad las convierten en especies muy resistentes después de la plantación. En caso de utilizarse protectores, se recomienda el empleo de tubos de colores claros. Si se planta en terrenos secos y arenosos, se recomienda un riego de implantación y la aplicación de riegos de mantenimiento durante el primer año de establecimiento. En el caso de suelos húmedos y limosos, el riego de implantación puede favorecer el éxito de la plantación y que no sea preciso efectuar nuevos riegos de mantenimiento. Se puede emplear plantones de tarajes directamente en la zona que se va a restaurar, aunque no es la práctica habitual.



Figuras 6 a y b. Plantas de una savia de *T. canariensis* procedentes de estaquillado directo en campo (izquierda) (Foto: F. Magdaleno); planta de *T. canariensis* procedente de repoblación, descalzada por la fuerza del agua, obsérvese la extensión de su sistema radical (derecha) (Foto: J. Pemán).

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. 305-308.
- 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].
- BAUM B.R., 1978. The genus *Tamarix*. Israel Academy of Sciences and Humanities, Jerusalem.
- 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. 490-492.
- BROCK J.H., 1994. *Tamarix* spp. (Salt cedar), an invasive exotic woody plant in arid and semi-arid riparian habitats of Western USA. En: Ecology and Management of Invasive Riverside Plants (de Waal L.C., Child L.S., Wade P.M., Brock J.H., eds.). John Wiley & Sons, Chichester. pp. 27-44.
- BROTHERSON J., FIELD D., 1987. *Tamarix*: impacts of a successful weed. Rangelands 9, 110-112.
- CARPENTER A.T., 1998. Element stewardship abstract for *Tamarix ramosissima* Ledebour, *Tamarix pentandra* Pallas, *Tamarix chinensis* Loureiro, *Tamarix parviflora* DeCandolle, saltcedar, tamarisk. The Nature Conservancy, Davis, California. 95616. Disponible en: <http://www.invasive.org/gist/esadocs/documnts/tamaram.pdf> [1 Feb, 2011].
- CEDEX (Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas), 2011. Guía visual interactiva de la vegetación de ribera española. [Base de Datos en Línea]. Ministerio de Fomento - Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Disponible en: <http://vegetacionderibera.cedex.es/> [1 Abr, 2011].
- CHG (Confederación Hidrográfica del Guadiana), 2011. Directrices para el manejo del taray en la Cuenca Alta del Guadiana. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Madrid.
- CIRUJANO S., 1993. *Tamarix* L. En: Flora Ibérica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares. Vol III. *Plumbaginaceae* (partim)-*Capparaceae*. (Castroviejo S., Aedo C., Cirujano S., Laínz M., Montserrat P., Morales R., Muñoz Garmendia F., Navarro C., Paiva J., Soriano C., eds.). Real Jardín Botánico, Madrid. pp. 437-443.
- DI TOMASO J.M., 1996. Identification, biology, and ecology of salt cedar. En: Proceedings of the Saltcedar Management Workshop, Rancho Mirage, California.
- DI TOMASO J.M., 1998. Impact, biology, and ecology of saltcedar (*Tamarix* spp.) in the Southwestern United States. Weed Technol. 12, 326-336.
- FRASIER G.W., JOHNSEN T.N. (Jr), 1991. Saltcedar (Tamarisk): classification, distribution, ecology, and control. En: Noxious range weeds (James L.F., Evans J.O., Ralphs M.H., Child R.D., eds.). Westview Press, Boulder, Colorado.
- GARCÍA CABALLERO J.L., MARTÍNEZ SIERRA F., RUEDA J., 2008. Campos de cepas madre. En: Manual de propagación de árboles y arbustos de ribera. Una ayuda para la restauración de riberas en la región mediterránea (Prada M.A., Arizpe D., eds.). Generalitat Valenciana, Valencia. pp. 165-168.
- GASKIN J.F., SCHAAL B.A., 2003. Molecular phylogenetic investigation of US Invasive *Tamarix*. Syst. Bot. 28, 86-95.
- GLADWIN D.N., ROELLE J.E., 1998. Survival of plains cottonwood (*Populus deltoides* subsp. *monilifera*) and saltcedar (*Tamarix ramosissima*) seedlings in response to flooding. Wetlands 18(4), 669-674.
- GLENN E.P., NAGLER P., 2005. Comparative ecophysiology of *Tamarix ramosissima* and native trees in western U.S. riparian zones. J. Arid Environ. 61, 419-446.

- HEGEDÜS R., KOSÁROS T., GÁL D., PEKÁR F., BÍRÓNÉ ONCSIK M., LAKATOS G., 2009. Potential phytoremediation function of energy plants (*Tamarix tetrandra* Pall. and *Salix viminalis* L.) in effluent treatment of an intensive fish farming system using geothermal water. *Agric. Environ.* 1, 31-37.
- ISTA (International Seed Testing Association). International rules for seed testing. Edition 2011. ISTA, Bassersdorf, Switzerland.
- MAGDALENO F., 2008. Manual de técnicas de restauración fluvial. Monografías CEDEX M-100, Madrid.
- MANOUSAKI E., KADUKOVA J., PAPADANTONAKIS N., KALOGERAKIS N., 2008. Phytoextraction and phytoexcretion of Cd by the leaves of *Tamarix smyrnensis* growing on contaminated non-saline and saline soils. *Environ. Res.* 106, 326-332.
- MAPA (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación), 2006. Forestación de tierras agrícolas. Análisis de su evolución y contribución a la fijación de carbono y al uso racional de la tierra. Dirección General de Desarrollo Rural, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid.
- MILLÁN R., CARPENA R.O., SCHMID T., SIERRA M.J., MORENO E., PEÑALOSA J., GAMARRA R., ESTEBAN E., 2007. Rehabilitación de suelos contaminados con mercurio: estrategias aplicables en el área de Almadén. *Ecosistemas* 16, 56-66.
- 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. 342-343.
- PIOTTO B., DI NOI A. (eds.), 2001. Propagazione per seme di alberi e arbusti della flora mediterranea. ANPA, Roma.
- ROELLE J.E., GLADWIN D.N., 1999. Establishment of woody riparian species from natural seedfall at a former gravel pit. *Rest. Ecol.* 7, 183-192.
- SAUER J.D., 1988. Plant migration: The dynamics of geographic patterning in seed plant species. University of California Press, Berkeley, California.
- SHEPPERD W.D., 2008. *Tamarix chinensis* Lour. En: The woody plant seed manual (Bonner F.T., Karrfalt R.P., eds.). United States Department of Agriculture, Forest Service, Agriculture Handbook 727, Washington. pp. 1087-1088.
- STEVENS L.E., 1990. The status of ecological research on Tamarisk (*Tamaricaceae: Tamarix ramosissima*) in Arizona. p. 99-105. En: Tamarisk control in southwestern United States (Kunzmann, M.R., Johnson R.R., Bennett P.S., eds.). Proceedings of Tamarisk Conference, Tucson, Arizona. Special Report No. 9. Cooperative National Park Resources Studies Unit, Tucson, Arizona.
- TESKY J.L., 1992. *Tamarix ramosissima*. En: The Fire Effects Information System [Base de datos]. U.S.D.A., Forest Service, Intermountain Research Station, Missoula, Montana. Disponible en: <http://www.fs.fed.us/database/feis/> [1 Feb, 2011].
- TOMANEK G.W., ZEIGLER R.L., 1962. Ecological studies of *Tamarix*. Fort Hays Kansas State College, Hays, Kansas.
- ZIMMERMAN J.A., 1997. Ecology and distribution of *Tamarix* sp. USGS, Southwest Exotic Plant Mapping Program (SWEMP).

Taxus baccata L.

Tejo, tejo negro (Burgos), tajo (Bajo Aragón), taxo (Alto Aragón), sabina (Navarra); *cat.*: teix, teixera, teixera (valenciano); *eusk.*: agin; *gall.*: tieso, teixeiro

Rafael M^a NAVARRO CERRILLO, Laura PLAZA ARREGUÍ; Antonio SÁNCHEZ LANCHA, Eugenio MALLOFRET CARRERA, Manuel ARROYO SAUCES, Francisco MARCHAL GALLARDO, Miguel Ángel LARA GÓMEZ

1. Descripción

1.1. Morfología

El tejo es un árbol no resinoso, perenne, siempre verde, que no suele pasar los 10 m de talla, aunque puede alcanzar hasta 20 m, o quedar reducido a porte arbustivo o rastrero en localizaciones muy limitantes. El tronco, generalmente corto, es grueso y puede alcanzar 1,5 metros de diámetro. La corteza es delgada, de color grisáceo en su parte externa y rojiza en el interior, y se desprende en tiras largas y finas. Tiene una gran capacidad para emitir brotes en el tronco y en las ramas, lo que da lugar, con frecuencia, a una ramificación enmarañada y confusa. Presenta una copa piramidal amplia, de ramificación muy numerosa, con ramas horizontales o algo colgantes, sobre todo en los extremos. Las raíces superficiales, que se extienden horizontalmente; a veces aparecen en superficie, en particular en suelos calizos (Ruiz de la Torre, 2006).

Las hojas son persistentes, coriáceas, esparcidas, insertas helicoidalmente en las ramas, con forma acicular-aplanadas, de 10 a 30 mm de longitud y 1,5 a 3 mm de anchura, de color verde intenso y oscuro por el haz y verde amarillento por el envés, con franjas estomáticas bien diferenciadas, más o menos terminadas en punta córnea, estrechándose en la base para formar un pequeño pecíolo. Las hojas del tejo son muy longevas, pudiendo permanecer en el árbol hasta 8 años antes de desprenderse (Amaral Franco, 1986; Di Sapio *et al.*, 1997; Ruiz de la Torre, 2006).

1.2. Biología reproductiva

El tejo es una especie dioica, raramente monoica, con una relación entre sexos muy variable, que llega al 70% de individuos femeninos en Sierra Nevada (García *et al.*, 2000). Los estróbilos masculinos son globosos (2-3 mm de diámetro) y se disponen solitarios y axilares en la cara inferior de las ramas. Cada uno de ellos está formado por 6 a 14 estambres, claviformes y amarillentos, de cabeza poligonal, de la que cuelgan 4-8 sacos polínicos, normalmente 5. En los tejos femeninos los rudimentos de las semillas, braquiblastos ovulíferos, se presentan solitarios, pequeños (1,5-2 mm de longitud) y poco visibles, no forman conos y consisten en varias escamas imbricadas y dos brácteas finales acopadas (López González, 1982; Pennell y Bell, 1986; Thomas y Polwart, 2003; Ruiz de la Torre, 2006). Los androestróbilos y primordios seminales aparecen al final del invierno

y comienzo de la primavera. En las poblaciones mediterráneas la floración se produce entre los meses de enero y febrero, mientras que en zonas más septentrionales o de mayor altitud la floración se retrasa hasta los meses de marzo a mayo. La polinización es anemófila, aunque se han observado abejas recolectando polen o visitando las flores femeninas (quizás por el fluido azucarado contenido en el orificio del micrópilo) (Heinowicz, 1978). La fecundación se produce entre 6 y 8 semanas después de la polinización (Pennell y Bell, 1986).

Fructifica entre finales de agosto y mediados de otoño del año de la floración, de forma escalonada, muy influenciada por el tamaño de la planta, el genotipo y la localización de la población. La edad de inicio de producción de semillas viables comienza a partir de los 30-35 años en árboles aislados o lugares abiertos, mientras que en masas más densas puede producirse a los 70-120 años (Thomas y Polwart, 2003). Es una especie que presenta vecería cada 2-3 años, aunque en condiciones favorables puede producir semilla todos los años. El tejo presenta niveles relativamente altos de fructificación, que algunos autores han estimado entre 96 y 308 kg ha⁻¹ (Smal y Fairley, 1980).

Las semillas son ovoides, de episperma leñoso y 6 a 7 mm de diámetro, cubiertas en su mayor parte por un arilo, abierto en la parte superior, primeramente verde y a la madurez rojo escarlata o coral, carnososo, succulento, con un jugo mucilaginoso, azucarado (Ruiz de la Torre, 2006) (Fig. 1). Las semillas terminan en un pequeño ápice, y presentan la cubierta lisa de color marrón claro (Fig. 2). El conjunto de la semilla y el arilo tiene apariencia de un fruto drupáceo, globoso, algo comprimido lateralmente. La semilla presenta un endospermo rico en grasas y su peso varía entre 56 y 69 mg (Melzack y Watts, 1982; Thomas y Polwart, 2003). Cuando el arilo está maduro, el embrión todavía no se ha desarrollado completamente, presentando el eje hipocótilo-radícula una longitud entre 1,2 y 1,5 mm (para una longitud total de la semilla de 5 mm) (Heinowicz, 1978; Vance



Figura 2. Semillas de *Taxus baccata*.

Figura 1. Frutos maduros de *Taxus baccata* (Foto: R.M. Navarro Cerrillo).

y Rudolf, 2008). Este eje presenta una posición central en la semilla, con la radícula orientada hacia la parte apical (Vance y Rudolf, 2008). La maduración de las semillas es anual y tiene lugar de agosto a octubre. Su dispersión es zoócora, realizada principalmente por aves, sobre todo zorzales (*Turdus* sp.), mirlos (*Turdus merula*) y arrendajos (*Garrulus glandarius*) (Herrera, 1987; Hulme, 1996; García *et al.*, 2000), aunque se ha mencionado el papel dispersor de las hormigas (*Cataglyphis velox* y *Aphaenogaster iberica*) y de los roedores (*Apodemus sylvaticus*), que consumen las semillas caídas al suelo (Hulme, 1997). El tiempo de germinación natural suele prolongarse hasta 18 meses, dado que las semillas presentan letargo. La distribución de semillas y de plántulas del tejo es muy agregada en el espacio, típica de especies zoócoras (Hulme y Borelli, 1999; Carvalho *et al.*, 1999). Así, la mayor parte de las semillas de esta especie son dispersadas a microhábitats con cobertura de otras especies con frutos carnosos, atractivas para los pájaros, o bajo pinos (por efecto “percha”) (Hulme, 1996 y 1997; García *et al.*, 2000; González *et al.*, 2003). Brota vigorosamente de cepa y raíz, soportando bien el recorte y la herbivoría (Mysterud y Østbye, 2003).

1.3. Distribución y ecología

Taxus baccata se encuentra de forma espontánea en Europa, Asia occidental, Marruecos, Argelia, Azores y Madeira. El tejo tiene amplia distribución en la Europa mediterránea y eurosiberiana, pero muestra indicios de regresión en toda su área de distribución, como evidencian trabajos científicos en distintos lugares de Europa, como las Islas Británicas, el sur de España, Eslovenia, Dinamarca o Noruega. Hay que considerar su carácter de especie relictas, más extendida durante la última glaciación, pero que, tras este último período glacial, ha quedado restringida a pequeñas poblaciones aisladas unas de otras (Thomas y Polwart, 2003).

En España, el tejo se distribuye por casi todas las cadenas montañosas de la Península y Baleares (Mallorca). Es más frecuente en la mitad norte y está ausente en el cuadrante sudoccidental y en Canarias, escaseando en las sierras meridionales y orientales, donde llega a tener muy reducida representación en las zonas más altas de las sierras del sur (Fig. 3). En los últimos años se iniciaron trabajos descriptivos del estado de las poblaciones de tejo en la Península Ibérica, comenzando por los estudios preliminares de Morales (1992) y seguidos en Castilla-León (Oria de Rueda, 2009) y Andalucía (Aguilera *et al.*, 1997; López-Portillo *et al.*, 1997; Navarro Cerrillo *et al.*, 1998). Posteriormente se han realizado estudios muy completos sobre la distribución de *Taxus baccata*, como los de Cortes *et al.* (2000) y Serra (2009), en los que se recopilan las aportaciones de un gran número de colaboradores (Andrés-Ros *et al.*, 2007; Blanco-Castro *et al.*, 2007; Caritat y Bas, 2007; Martínez-García *et al.*, 2007; Mayol *et al.*, 2008; Medrano, 2007; Sanz *et al.*, 2007; Schewendtner *et al.*, 2007; Vasco *et al.*, 2007; Varas Cobo, 2007). En algunas zonas sólo queda como testigo un nombre local, un topónimo, que atestigua que allí crecieron los tejos. Así, Sierra Tejeda, Arroyo de los Tejos o Barranc dels Teix son lugares de la geografía española donde ya no es posible encontrar un solo ejemplar (Fernández *et al.*, 2004).

El tejo aparece en hoces, barrancos, pie de cantiles rocosos, grietas de roquedos, laderas pedregosas, bordes de arroyo, matorrales espinosos y claros de bosque, preferentemente

en lugares frescos y umbrosos y sobre suelos profundos, con preferencia por los calizos. Habita casi siempre en las montañas, entre 600-700 m en Pirineos, hasta los 2.000 m en las Sierras Béticas, y también en las tierras bajas de las provincias septentrionales y las parameras de la Submeseta norte (Ruiz de la Torre, 2006). Las características termopluviométricas del hábitat del tejo se pueden resumir en temperatura media anual: 4,8-11,5 °C; temperatura media mínima mes más frío: -6,1 a -0,1 °C; temperatura media máxima mes más cálido: 17,8-26,7 °C; precipitación anual media: 790-2.150 mm; precipitación estival media: 115-325 mm (Anexo I).

El tejo aparece como elemento arbóreo subordinado a otras especies de mayor porte, siendo habitual en numerosos tipos de bosques de la Península Ibérica, desde los planocaducifolios atlánticos (*Quercus petraea*, *Q. robur*, *Tilia plathyphyllos*, *Fraxinus excelsior*) y sus penetraciones mediterráneas a través de los corredores interiores que forman los bosques de montaña (*Sorbus aucuparia*, *S. aria*, *Acer granatense*, *A. opalus*), hasta en los enclaves más frescos de carácter submediterráneo (*Quercus faginea*, *Q. ilex*, *Q. pyrenaica*), pinares (*Pinus nigra*) y abetales (*Abies alba*, *A. pinsapo*). Desde un punto de vista ecológico es un elemento fundamental en los ecosistemas forestales de montaña, por su enorme singularidad y su contribución a la diversidad, además de proporcionar alimento y cobijo a la fauna asociada. Desde una perspectiva paisajística, constituye mosaicos vegetales que se integran en masas naturales y zonas de repoblación en áreas de montaña. Su presencia es una señal inequívoca de una elevada madurez. Sin embargo, en todas las localizaciones mantiene su carácter de especie de sombra o media sombra (Brzeziecki y Kienast, 1994), con predilección por los ambientes umbrosos y frescos, y bajo la cubierta protectora de otras especies, aunque le beneficia un cierto nivel de luminosidad, llegando incluso a crecer, una vez adulto, en condiciones de gran exposición, como ocurre en la alta montaña mediterránea, aunque siempre en umbrías.

Pese a su extensa distribución peninsular, es raro ver tejedas en sentido estricto, es decir, formaciones más o menos densas en las que el tejo sea el árbol dominante (Teixedal de Casaio en Orense, Sierra del Suevo en Asturias, Montagut en Girona). En ocasiones forma rodales dentro de los bosques en los que vive, como es el caso de las bien conocidas “teixedas” gallegas o asturianas. Puntualmente, el tejo se encuentra en expansión en algunas localidades de la Península por el abandono de las prácticas ganaderas y los cambios en los usos del suelo, aunque en otras lugares la presión de la fauna cinegética está comprometiendo la regeneración (Ruiz de la Torre, 2006).

Es una especie de crecimiento muy lento, con ancho de anillo en individuos juveniles entre 0,13 y 2,5 mm, pero que se reduce a valores de 0,05 mm en individuos viejos. Resulta extraordinariamente longevo, habiéndose citado numerosos ejemplares centenarios e incluso milenarios (Oria de Rueda, 1997; Thomas y Polwart, 2003), algunos de los cuales pueden verse en España (Sierra de Cazorla, Sierra del Suevo, etc.), aunque la estimación de la edad de los tejos es un motivo de controversia (Bebber y Corona, 1986; Lyubenova *et al.*, 2001).

Aspectos relacionados con el grado de tolerancia a la sombra, la capacidad fotosintética (Mitchell, 1998), la concentración de nutrientes en las acículas (Allen, 1989) y la respuesta a estrés, han sido descritos para la especie, tanto en condiciones controladas como en el

medio natural (Mitchell, 1998; Hättenschwiler y Körner, 2000). La interacción del tejo con otros organismos del componente biológico del suelo ha sido poco estudiada, aunque se conoce su interacción con endomicorrizas (Strullu, 1991).

Se han mencionado formas híbridas con *Taxus cuspidata* (*T. x media* Rehder) (van Rozendaal *et al.*, 1999). Existen más de 70 variedades y cultivares (Cope, 1998) que se utilizan con frecuencia en jardinería en zonas mediterráneas y atlánticas, como la variedad “Elegantísima”, que presenta ramas ascendentes, con hojas verdes de bordes amarillo oro y con frutos rojos, o la variedad “Fastigiata Aurea”, de hojas de color verde oscuro con un rebrote dorado. Otras variedades son la “Repandens” o la “Standischii”. En cualquier caso, estos cultivares no deben utilizarse en el medio natural.

2. Materiales forestales de reproducción

2.1. Marco normativo. Identificación de los materiales de reproducción

La producción y comercialización de los materiales de reproducción de tejo para su uso en trabajos forestales están reguladas en España por el Real Decreto 289/2003. Esta especie es utilizada en casi todas las Comunidades Autónomas en trabajos de repoblación (13 de ellas la incluyeron en sus programas de reforestación de tierras agrícolas). Por tanto, las semillas o plantas de tejo que se utilicen con fines forestales deben ajustarse a los requisitos relativos a la identidad y calidad genética y al sistema de certificación y control por parte de la Administración. Las regiones de procedencia reconocidas para *T. baccata* son las determinadas por el método divisivo (Fig. 3; Tabla 1). Todo el material de base catalogado hasta la fecha permite la producción de materiales de la categoría identificada. La mayor parte de las fuentes semilleras de *T. baccata* se encuentran en la mitad norte de la Península Ibérica y conllevan una adecuada cobertura de las regiones de procedencia. También cabe señalar la delimitación de fuentes semilleras en zonas con menor presencia de la especie, como en Andalucía, en las provincias andaluzas de Jaén y Granada, y en la Comunidad Valenciana, en la provincia de Castellón. Hasta la fecha, no se han establecido unidades de admisión en Cataluña, Montes de Toledo y Mallorca.

Esta especie se incluye en los programas de conservación de recursos genéticos forestales desarrollados por la Unión Europea (EUFORGEN), en cuya red de coníferas *Taxus baccata* se ha considerado especie modelo. En el año 1993, el Instituto para la Conservación de la Naturaleza (ICONA) y el Centro de Investigación Forestal de Lourizán iniciaron un proyecto de conservación de recursos genéticos de la especie con varios objetivos: inventariación y caracterización ecológica de las tejedas más importantes de España, selección de pies y recolección de material, propagación y establecimiento de bancos clonales (Iglesias *et al.*, 1997). En la actualidad se dispone de una colección de cerca de 300 individuos, procedente de tejeras ubicadas en las distintas CC.AA.: Andalucía, Aragón, Asturias, Castilla-La Mancha, Castilla y León, Cataluña, Extremadura, Galicia, La Rioja, Madrid, Navarra, País Vasco y Comunidad Valenciana. Con todo este material se han creado tres bancos de germoplasma, ubicados en Puerta de Hierro (Madrid), Valsaín (Segovia) y Lourizán (Pontevedra), que suponen la garantía de conservación de una buena parte de la diversidad genética de las tejeras existentes en nuestro país. El destino de estas plantaciones no es sólo la conservación *ex situ* del recurso, sino la obtención de material



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

vegetal, que, en forma de estaquillas o una vez propagado, se pondrá a disposición de las CC.AA., de manera que permita ampliar el número de efectivos de las tejedas, la mayor parte de las veces muy escaso, con ejemplares del mismo origen (Vaquero de la Cruz e Iglesias Sauce, 2007). La Comunidad Valenciana también ha abordado iniciativas de conservación de sus tejedas, con la inventariación de sus poblaciones y el establecimiento de colecciones *ex situ*.

En España se han realizado en los últimos años diversos estudios genéticos de la especie, que han tenido entre sus objetivos la evaluación del estado de conservación del acervo genético de *T. baccata* y la definición de criterios científicos y técnicos objetivos para la identificación de prioridades con vistas a la conservación. Los resultados de estos estudios muestran altos niveles de diversidad genética, pero también una acusada endogamia dentro de las poblaciones (Mayol *et al.*, 2008; González-Martínez *et al.*, 2010).

El tejo no figura en el Catálogo Nacional de Especies Amenazadas (RD. 439/1990), por lo que la única protección de la que goza es la derivada del régimen general de protección de la Ley 4/89. Sin embargo, muchas CC.AA., debido al grado de amenaza, su importancia ecológica y singularidad o a su carácter relictivo, han incluido al tejo entre las plantas protegidas en sus respectivos catálogos de protección de flora, siendo el panorama legal manifiestamente heterogéneo (Tabla 2). La especie está protegida en una buena parte de las CC.AA. y la mayoría de las tejedas incluidas en LICs de la Red Natura

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

RP	Pres	Altitud (m)			Precipitación (mm)		A	Temperatura (°C)			Osc	Hs	Tipo de suelo (FAO)
	(%)	Med	Max	Min	Anual	Estival	(meses)	Med	MaxMC	MinMF	(°C)	(meses)	(%)
2	4,5	716	1121	401	1199	143	0,4	10,5	24,4	0,4	13	0,3	RK(89) CMu(11)
3	14,4	431	1221	13	1354	193	0	11,7	22,4	2,6	10,7	0,1	RK(41) CMu(26) CMc(17)
4	15,4	1065	1738	166	1422	183	0	9,2	22,8	-1,3	13,5	2,6	RK(33) CMu(32) CMc(20)
5	7,1	1305	1643	808	1224	144	0,3	7,8	23,8	-3,6	15,4	4,7	CMu(51) RK(33) CMc(14)
6	6,6	742	1242	245	1660	248	0	10,7	22,9	1,6	12,9	0	CMc(55) CMu(28) LVx(17)
7	8	913	1305	407	1052	151	0,3	9,9	24,4	-0,2	14,5	0,9	CMc(83) CMu(13)
8	3,3	1285	1883	912	1451	255	0	7,6	23,1	-3,8	16	4,6	CMc(85)
9	7,5	850	1429	432	1051	263	0	10,8	26,2	-2,1	16,5	2,8	CMc(73) CMd(18)
10	0,7	386	902	87	943	206	0,4	13,2	27,1	1,2	14,9	0,4	CMc(50) FLc(25) VRx(25)
11	3,6	822	1482	315	722	117	1,6	12,6	27,5	1,4	16,7	0,2	CMc(73) CMe(27)
14	1	1138	1310	1019	670	139	0,9	9,7	25,5	-1,2	16	2,4	CMc(100)
15	5	1465	1886	943	1008	163	0,1	7,5	24,2	-3,6	16	5,1	CMu(57) CMc(43)
16	0,8	984	1103	826	660	102	1,9	10	27,4	-2,0	16,8	3,4	CMu(40) CMc(20) FLc(20) LVx(20)
18	0,8	1150	1545	606	1350	105	1,7	10,7	28,1	-0,9	17	1,8	LPd(60) CMu(40)
19	2,3	1452	2047	905	1111	94	1,9	9,6	28,4	-2,4	17,6	3,9	CMu(64) LPd(29)

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)	(%)
20	2,3	1626	1945	1304	1031	125	1,3	8,1	25,6	-3,2	17,3	4,8	CMu(100)
22	1,5	1388	1748	1082	845	123	1,4	9,2	28,1	-3,7	18,2	4,8	CMc(100)
23	6,3	1059	1687	373	811	140	0,8	11,3	26,1	0,1	15,8	0,8	CMc(100)
24	0,5	705	773	605	736	116	1,6	13,5	26,9	3,2	15,3	0	CMc(100)
25	0,2	1014	1014	1014	830	59	2,5	13,5	28,1	2,5	16	0	CMc(100)
26	0,7	1252	1350	1131	795	102	2	10,6	29,8	-2,4	18,6	3,7	CMc(100)
29	3,6	1032	1343	760	825	75	2,9	12,8	31,7	-0,1	19,1	0,7	CMe(86) LVx(14)
35	0,8	1415	1607	1309	1064	77	2,3	11,1	29,1	0,2	17,5	0,6	CMc(100)
39	0,8	1818	2000	1620	770	52	3	10,1	28,6	-3,1	18,8	3,4	CMc(60) CMe(40)
40	0,7	1503	1816	1226	1050	65	2,6	11,1	28,9	-0,5	17,9	1,3	CMc(75) LPc(25)
49	1,5	825	1204	490	728	82	2,3	13,2	25,7	3,4	-	0	CMc(100)

Tabla 2. Normativa de protección y categoría asignada a *Taxus baccata* en diferentes CC.AA.

Ámbito	Normativa	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
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 145/2001, de 13 de diciembre, por el que se aprueba el Plan de Manejo del Tejo (<i>Taxus baccata</i>)	De 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	En peligro de extinción
Cantabria	Orden de 4 de marzo de 1986 por la que se declara el tejo especie forestal protegida.	Protegida
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	Vulnerable
Castilla y León	Catálogo de Flora Protegida (Decreto 63/2007, de 19 de junio, por el que se crea el Catálogo de Flora Protegida de Castilla y León y la figura de protección denominada Microrreserva de Flora	Atención preferente
Cataluña	Orden de 5 de noviembre de 1984, sobre protección de plantas de la flora autóctona amenazada de Cataluña	Protegida
Comunidad Valenciana	Catálogo Valenciano de Especies de Flora Amenazadas (D. 70/2009, de 22 de mayo, del Consell, por el que se crea y regula el Catálogo Valenciano de Especies de Flora Amenazada y se regulan medidas adicionales de conservación 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	Vigilada (Tejedas: hábitat protegido)
Extremadura	Decreto 37/2001, de 6 de marzo, por el que se regula el Catálogo Regional de Especies Amenazadas de Extremadura	En peligro de extinción
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 la alteración de su hábitat
Murcia	Decreto 50/2003, de 30 de mayo, por el que se crea el Catálogo Regional de Flora Silvestre Protegida de la Región de Murcia y se dictan normas para el aprovechamiento de diversas especies forestales	Extinguida en sus poblaciones naturales
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	De interés especial

2000. En España (y también en Portugal) las tejeras y los rodales de tejos atlánticos y mediterráneos han sido incluidos dentro de la Directiva Hábitat en el tipo de hábitat 9580 “Bosques mediterráneos de *Taxus baccata*”, que figura como prioritario en el Anexo I de la Directiva (Bartolomé *et al.*, 2005). Sin embargo, en algunas partes del territorio estos bosques o bosquetes no han sido reconocidos explícitamente como formaciones forestales independientes, incluyéndose dentro de otros tipos de hábitat, como por ejemplo los “Hayedos acidófilos con *Ilex* y *Taxus*”, del tipo 9120. En otros casos no han sido interpretados como formaciones forestales con suficiente entidad, sino como individuos o poblaciones más o menos aisladas y dispersas en el territorio.

2.2. Técnicas de manejo y propagación

2.2.1. Semillas

La colecta de los frutos se realiza en los meses de septiembre-octubre, durante la época en la que el arilo adquiere un color rojo intenso, ya que el desarrollo del embrión está lo suficientemente avanzado como para asegurar su posterior germinación. La recogida debe efectuarse inmediatamente después de apreciar los síntomas de madurez, para así minimizar la depredación por aves frugívoras, si bien es cierto que a medida que aumenta el grado de maduración, el arilo va desprendiéndose de la semilla, lo que facilita una mejor separación en el proceso de extracción y limpieza. Es muy común que se presente heterogeneidad de maduración en un mismo pie, dependiendo de la orientación (en general, se aprecia un estado fenológico más avanzado en las semillas con exposiciones con mayor incidencia de luz, además de un aumento significativo de producción de frutos). Ello puede llevar a que la recogida se efectúe de forma escalonada en el tiempo. Se recomienda recolectar las semillas de un gran número de individuos, y en distintos rodales dentro de una misma área para obtener la mayor diversidad genética en el lote. Dado que la producción individual de frutos por planta puede ser muy desigual y que los individuos pueden estar muy separados entre sí, conviene programar bien la cosecha para obtener la cantidad de fruto deseado. Su recolección se realiza manualmente de uno en uno si hay poca cantidad, o bien ordeñando las ramas sobre mantones de recogida en pies con fructificación intensa, para hacer el trabajo más rentable. Sus ramas largas y flexibles facilitan la recolección, resultando apropiado el empleo de pértigas con un gancho en el extremo para acercarlas y acceder a los frutos. El carácter viscoso del arilo hace que el fruto quede adherido a los dedos y pueda complicar algo la recogida. Una vez recolectados los frutos, hay que extraer las semillas de forma inmediata, ya que el arilo tiende a fermentar y degradarse, lo que puede condicionar la viabilidad del lote. La extracción y limpieza de las semillas se hace mediante despulpado mecánico, aclarado con agua y secado, seguido de cribado y aventado para acabar de eliminar la granza resultante del macerado (rendimiento aproximado del 10-30%). Las semillas vanas se separarán mediante el decantado en agua. Es importante asegurarse que durante la separación mecánica de la pulpa no se produzcan daños en las semillas.

El tejo es una especie ortodoxa verdadera, pues sus semillas toleran bien la desecación y las bajas temperaturas, conservando la viabilidad inicial durante un período de al menos 10 (5-6) años. Deben ser almacenadas en ambiente seco y frío (1-2 (4) °C) y con un 10% de contenido de humedad, en envases herméticos hasta el momento de la siembra (Suszka,

1985). Las semillas de tejo presentan una doble dormancia que inhibe la germinación, inducida por una cubierta dura e impermeable y un letargo fisiológico, por lo que es necesario estratificarlas. La textura aceitosa de la cubierta seminal actúa repeliendo la penetración inmediata del agua, pero no impide permanentemente su absorción. El tratamiento recomendado consiste en una doble estratificación caliente-fría. Las semillas deben estratificarse a 20 °C durante 2-3 meses, manteniéndolas húmedas; posteriormente se procede a un nuevo estratificado húmedo en frío, a 4-5 °C, durante 2-4 meses (Dirr y Heuser, 1987) (Tabla 3). Algunos autores aumentan el período de estratificación caliente a 6-7 meses seguido de una estratificación fría durante 4-5 meses. Otros tratamientos pregerminativos recomendados, recogidos por Navarro Cerrillo y Gálvez (2001), son:

- Estratificación en arena húmeda a una temperatura de 1-5 °C durante 3 o más meses.
- Escarificado con ácido sulfúrico o agua caliente (5 minutos), para eliminar la impermeabilidad de la cubierta, y posteriormente estratificación en arena húmeda a 0-4 °C durante 3 meses o más.
- Estratificación en caliente (20-30 °C) durante dos meses seguida de otra en frío, a 0-4 °C, durante un período de tiempo similar (Suszka, 1985).
- Inmersión en agua fría durante 1-2 semanas (Catalán, 1985).
- Prerrefrigeración a 3-5 °C durante 9 meses.
- Congelación de las semillas junto al arilo a -5 °C durante un período no inferior a tres meses, seguido de siembra en almácigo (Cortés *et al.*, 2000).

Tabla 3. Datos característicos de lotes de semillas de *Taxus baccata*.

Rendimiento semilla/fruto (% en peso)	Pureza (%)	Facultad germinativa (%)	Nº semillas kg ⁻¹	Referencia
(30)	95-98		3.000-17.000-22.000	Catalán (1985)
			(15.020)	Cortés <i>et al.</i> (2000)
	98	98		Navarro-Cerrillo y Gálvez (2001)
		50-70	13.000-15.600-18.000	Piotto y DiNoi (2001)
	96-100	47-67-70	13.900-18.000	Vance y Rudolf (2008)
			12.893-16.973-19.431	Louro y Pinto (2011)
10,3-31,4	97-100	79-99 ⁽¹⁾	13.600-20.700	Banc de Llavors Forestals (Anexo II)
16-33	95-100	45-85	12.000-16.500-21.000	CNRGF <i>El Serranillo</i> (Anexo III)
11-21	99-100	79-96 ⁽¹⁾	13.000-18.000	Vivero Central JCyL (Anexo IV)

⁽¹⁾ Ensayos al tetrazolio

La ISTA (2011) contempla como método para evaluar la germinación de un lote de semillas la estratificación en frío durante 9 meses seguida de la germinación en arena,

con una alternancia térmica de 20-30 °C según un ciclo de 16-8 horas, durante 28 días. La Forestry Commission (2010) recomienda, al igual que para otras especies de problemática similar en la germinación de sus semillas, que la alternancia térmica sea de 3-20 °C. Sin embargo, en ambos casos, debido a dificultad inherente a la germinación de las semillas y al largo tiempo que implica, se recomienda que se utilice el ensayo con tetrazolio como alternativa.

La germinación de las semillas de tejo es epigea. Las plántulas miden 2 cm y presentan con dos cotiledones con ápices redondeados, con bandas estomáticas en la parte inferior (Vidakovic, 1991; Navarro-Cerrillo y Gálvez, 2001).

2.2.2. Vegetativa

El tejo se ha propagado vegetativamente por su interés, primero en jardinería, y posteriormente en aplicaciones médicas (Rodríguez *et al.*, 1997). La expansión del uso de taxol como tratamiento anticancerígeno ha favorecido a lo largo de los últimos años el desarrollo de numerosas investigaciones sobre la propagación vegetativa de esta especie y de otras próximas (Schneck, 1996; Mitchell, 1997, Alegre *et al.*, 2001; Ewald, 2007). Asimismo, se han desarrollado técnicas de embriogénesis somática a partir de embriones zigóticos inmaduros (Wann y Goldner, 1994).

Se propaga vegetativamente mediante estaquillas semileñosas obtenidas a partir de los brotes del año, o a lo sumo de dos años. La estaquilla debe recogerse desde finales del verano (septiembre) hasta diciembre, ya que se ha observado que existe un mejor enraizado cuando los árboles han entrado ya en parada vegetativa. Las plantas madre deben presentar un buen estado vegetativo, y recolectarse el material preferentemente de las zonas intermedias de la copa y en ramas que no presenten daños por ramoneo. Algunos autores mencionan que puede haber diferencias entre pies masculinos y femeninos, siendo más fácil el arraigo con estaquillas procedentes de los primeros (Nandi *et al.*, 1996). El tamaño adecuado de las estaquillas es de 10-15(20) cm, limpiando las hojas del tercio inferior (5 cm aproximadamente). Las estaquillas se colocan en mesas de enraizado, sobre sustrato de perlita pura, arena-turba (2:1) o turba-perlita (1:1) y con temperatura basal de 20 °C, y temperatura ambiente de 10 °C. Las estaquillas se colocan en posición vertical o preferiblemente formando un ángulo de 45° y evitando que las hojas queden enterradas en el sustrato. El riego debe realizarse, si es posible, mediante nebulización, o, en caso contrario, con gota pequeña, preferiblemente por la mañana. Dadas las condiciones de enraizado, debe mantenerse un adecuado control sanitario de las mesas. Si se considera conveniente pueden hacerse tratamientos preventivos. En estas condiciones el enraizado debe lograrse a las 8-9 semanas (hacia febrero-marzo), endureciendo las estaquillas para el trasplante mediante la reducción progresiva del calor y de la humedad. En el caso de viveros en zonas mediterráneas, el trasplante no debe demorarse más allá de abril, para evitar el comienzo del período de fuertes temperaturas. Se han ensayado diferentes tratamientos con hormonas en altas concentraciones (AIB en talco, 5.000-8.000 mg l⁻¹) y de corta duración (inmersión en AIB durante 5-10 segundos) que mejoran el enraizamiento (Dirr y Heuser, 1987; Alegre *et al.*, 2001).

Existen distintas experiencias de germinación de embriones de tejo mediante cultivo *in vitro* (Chee, 1994; Jaziri *et al.*, 1996; Hoseini *et al.*, 2007; Arregui, 2007). La ventaja de

esta técnica es que aunque los porcentajes de germinación obtenidos son relativamente similares a los que se logran en las mejores condiciones por siembra tradicional, el proceso es mucho más rápido (1-3 meses frente a los 2-3 años en siembra directa) (Arregui, 2007). Jaziri *et al.* (1996) hacen una descripción muy detallada de las técnicas de cultivo *in vitro* para la especie.

3. Producción de plantas

El cultivo de tejo en vivero se ha realizado tradicionalmente mediante propagación vegetativa, aunque en los últimos años se ha generalizado el empleo de semillas, a pesar de las dificultades de germinación que presenta. A su vez, el cultivo puede realizarse a raíz desnuda o en contenedor. De acuerdo con la experiencia adquirida, tanto en lo que se refiere a la formación del sistema radical como al crecimiento en vivero y posterior manejo y éxito de establecimiento en campo, los plantones propagados por semilla tienen un mejor comportamiento que los obtenidos mediante estaquillas (García Martí, 2007).

En el cultivo a raíz desnuda, se siembra, generalmente en otoño, a razón de 1 kg de semilla por metro cuadrado. Este proceso ha de completarse durante los meses de octubre-noviembre, manteniéndose en condiciones ambientales no protegidas durante dos inviernos, evitando tanto el riego excesivo como la falta de éste a lo largo de todo ese período. Son necesarias las heladas frecuentes al menos durante dos meses. Una vez pasado un período aproximado de 16 meses desde la siembra, comienza la germinación de forma homogénea y vigorosa, coincidiendo con la segunda primavera (aunque pueden producirse algunas nascencias durante la primera primavera).

En el cultivo en contenedor la siembra suele realizarse en bandejas semillero, una vez aplicado el tratamiento pregerminativo (Fig. 4), trasplantando posteriormente las plántulas a contenedor. Así, en siembras de primavera se obtiene seguidamente una germinación superior al 50%, pudiendo una parte de las no germinadas hacerlo en la primavera siguiente. En caso de no poder hacer los tratamientos pregerminativos, lo más recomendable es realizar la siembra en otoño (octubre) con semilla limpia y seleccionada (preferiblemente con mesa densimétrica), de un peso superior a 50 mg, y mantener las bandejas durante 2-3 años bajo un umbráculo, en viveros que tengan condiciones invernales frías. En este caso la germinación tendrá lugar durante la segunda o incluso



Figura 4. Nascencia agrupada de *Taxus baccata* en un semillero tras la aplicación a la semilla de un pretratamiento de doble estratificación (Foto: J. L. Nicolás).

la tercera primavera, lo que permite ir cubriendo las necesidades de plántulas para la producción de brinzales. *T. baccata* tolera muy bien el trasplante de plántulas una vez que están desarrolladas las dos hojas embrionarias, justo antes de que empiecen a emerger las primeras hojas verdaderas. El proceso de extracción de la plántula y posterior traspaso al alvéolo debe realizarse con sumo cuidado, vigilando que la raíz no quede doblada ni revirada, para evitar problemas de crecimientos anómalos de la planta.

La planta tipo para trabajos de restauración forestal se cultiva en envases forestales de 300-400 cm³, a dos o tres savias, obteniéndose un tamaño final entre 10-30 cm, con un sistema radical bien conformado (Fig. 5), aunque también puede utilizarse envases de gran volumen tipo maceta (3.500 cm³) para plantas destinadas a trabajos de recuperación de la especie (tamaño 30-40 cm). Las plántulas deben protegerse de la insolación directa en verano y del frío excesivo en invierno, al menos el primer año. En la producción a raíz desnuda, el tejo se cultiva preferiblemente a dos-tres savias, con trasplante (2+1, 2+2), pudiendo obtenerse en ciclos largos de cultivo plantas entre 20-60 cm de altura final, desarrollo siempre limitado por el lento crecimiento de la especie.

En la producción de esta especie deben realizarse tratamientos preventivos periódicos con fungicidas de amplio espectro. En el caso de que se conozca el agente causante de los daños se deberá realizar tratamientos específicos. También es conveniente aplicar un insecticida de suelo para controlar la aparición de nematodos en los semilleros, con una periodicidad mensual.

No existen trabajos específicos de control de cultivo para plantas de tejo en vivero, de modo que se dispone de muy pocos datos sobre su crecimiento. En general, se considera que es una especie de crecimiento muy lento, por lo que debe favorecerse su máximo desarrollo, con el objetivo de obtener plantas compactas, de buen valor comercial, y evitar aquella de tamaño inadecuado para los trabajos de repoblación (altura <10 cm). La distribución de la biomasa suele ser equilibrada entre la parte aérea y la raíz, con proporciones de parte aérea-parte radical próximos a 1 (Red de viveros de Andalucía, datos no publicados).

No es una especie exigente en cuanto a sustratos, por lo que se cultiva normalmente con formulaciones convencionales en viveros a partir de componentes orgánicos, como turba rubia, turba de humus o preferiblemente fibra de coco como componente principal dada la duración del cultivo (mezclado con turba al 50% en volumen), y algún componente inorgánico del tipo perlita, vermiculita o arena de río (<25% en volumen). En el caso del cultivo en eras a raíz desnuda hay que evitar los sustratos muy pesados, que limitan el crecimiento de las plantas, realizando enmiendas si es preciso.

Como ocurre con otras muchas especies, no se dispone de formulaciones y dosis de fertilizantes propios para su cultivo, por lo que el viverista tiene que ir adecuando el programa de fertilización a la evolución del cultivo y a sus particulares condiciones de producción (tipo de sustrato, calidad del agua de riego, duración del cultivo y planta tipo, principalmente). En la mayor parte de los viveros que producen tejo se tiende a incorporar un fertilizante de liberación lenta como agregado en la formulación del sustrato, siendo muy frecuente el uso de dosis de 2 g l⁻¹ sustrato, de un fertilizante tipo 18-11-10 (8-9 meses)



Figura 5. Planta de *Taxus baccata* de dos savias cultivada en alvéolo de 300 cm³ (Foto: CNRGF El Serranillo).

o 2,5 g l⁻¹ de sustrato tipo 14-8-15 (8-9 meses). En general, con estas dosis de fertilización no se han observado problemas de crecimiento ni deficiencias nutricionales en cultivos a una savia. En el caso de prolongar el cultivo, debería mantenerse un cierto control de la evolución de las plantas para asegurar los requerimientos nutricionales durante todo el período. Una alternativa a este tipo de fertilizantes, en cultivos de corta duración, es el uso de turbas fertilizadas, con abonado de base tipo 16-8-16, con un corrector de pH (2 kg m³ de dolomía, 5% Mg) y fertilización de mantenimiento de acuerdo con la duración del cultivo y la planta tipo. Se ha logrado mejorar la producción de plantas de vivero mediante la inoculación con *Glomus mosseae* y *Acaulospora scrobiculata* (Sainz *et al.*, 2000).

4. Uso en repoblaciones y restauraciones

El tejo es una de las especies de nuestra flora que, aunque siempre ha sido considerada con interés por los botánicos (Blanco *et al.*, 1997; Oria de Rueda, 1997), ha sido escasamente atendida como especie susceptible de programas de recuperación. El valor sagrado que siempre dio el hombre a este árbol ha hecho que se haya utilizado frecuentemente en plantaciones ligadas a lugares de valor espiritual, como iglesias y cementerios, sobre todo en las culturas de origen centroeuropeo. Este valor cultural, unido a las particularidades de su madera, hizo que existieran medidas de protección, e incluso plantaciones, desde la Edad Media (Oria de Rueda, 1997). En la actualidad, algunas Comunidades Autónomas han iniciado actuaciones encaminadas a su conservación, mediante el aumento del número de efectivos y la aplicación de otras medidas ligadas a la restauración, como el acotado a la fauna, el establecimiento de áreas restringidas o el trazado de sendas alternativas. Hasta el año 2003 no existían apenas experiencias en este tipo de plantaciones, debiendo

mencionarse, por su interés, los programas que viene realizando la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Castilla y León (Oria de Rueda, 2009). En Andalucía, a través del programa de recuperación del tejo, se ha trabajado en distintas sierras, mediante la plantación de nuevos individuos, reforzando algunas poblaciones, y se ha favorecido la regeneración natural mediante el establecimiento de vallados de exclusión en aquellos enclaves castigados por los herbívoros (Aguilera *et al.*, 1997; Lopez-Portillo *et al.*, 1997). En otras Comunidades Autónomas se han iniciado programas análogos, como en Cataluña (Caritat *et al.*, 2004) y en la Comunidad Valenciana.

El tejo, por sus características autoecológicas, presenta serias dificultades para su establecimiento por repoblación artificial, lo cual, si bien no impide la misma, hace necesario una serie de consideraciones para lograr el éxito esperado en los posibles programas de recuperación. El establecimiento debe hacerse preferentemente en zonas de umbría y en áreas próximas a las redes de drenaje, gracias a su mayor disponibilidad de agua. En estos enclaves las plantas alcanzarán mayores tallas y desarrollos más rápidos, pudiendo servir de focos de nuevos propágulos. La distribución espacial debe tender a crear un mosaico irregular: mosaico de orientación (umbrías) y mosaico dendriforme (vaguadas y red de drenaje). Las plantaciones de tejo pueden mezclarse, formando pequeños rodales, con especies arbóreas, como el pino salgareño (*P. nigra*), el quejigo (*Q. faginea*), el acebo (*Ilex aquifolium*), el majuelo (*C. monogyna*), etc., siempre que esto sea posible. Se considera que el tejo puede ser una especie potencialmente interesante en las siguientes situaciones:

- Trabajos de restauración con fines de recreo y de mejora del paisaje, en particular en Espacios Naturales Protegidos.
- Recuperación de especies singulares amenazadas de flora y de fauna (asociada a especies como *P. nigra*, *P. sylvestris*, *Acer* spp., *Quercus* spp., *Cotoneaster* spp., *C. monogyna*, *Amelanchier ovalis*, *Sorbus aria*, etc.). En conjunto los matorrales actúan como elemento facilitador para su establecimiento (Navarro Cerrillo *et al.*, 1998; García *et al.*, 2000). Muchas de las especies desempeñan un papel importante en la regeneración y en la protección de las plantas de tejo, especialmente en los períodos de fuerte sequía estival.
- Diversificación de vegetación en masas forestales con baja madurez, favoreciendo los procesos de restauración de la vegetación y el enriquecimiento de cubiertas (repoblaciones de *P. nigra* y *P. sylvestris*). Este objetivo es particularmente importante en las repoblaciones en zonas de alta montaña mediterránea, donde contribuye a formar mosaicos de vegetación que tienen una función crucial en la recuperación de su flora y fauna.

El temperamento de la especie y su rusticidad la hacen también apta para trabajos de jardinería, como plantaciones o setos. Es frecuente verla en jardines de la zona atlántica o en labores de mejora paisajística.

5. Planificación de la repoblación

El método de establecimiento del tejo en trabajos de restauración, tanto en medios forestales como en trabajos de jardinería, ha sido la plantación. En el caso de plantaciones

en el medio natural, donde las posibilidades de cuidados culturales son muy limitadas, la plantación debe hacerse en otoño, aunque puede extenderse el período de establecimiento siempre que las condiciones lo requieran (zonas de montaña con presencia de heladas), si bien, en ese caso, será necesario un riego de establecimiento, al menos en la alta montaña mediterránea. En caso contrario, hay que evitar retrasos que pueden comprometer la supervivencia de las plantaciones, en particular en suelos muy pedregosos o de escasa profundidad efectiva.

Las características de la planta tipo que se utilice en la repoblación estará condicionada por el objetivo y las condiciones de establecimiento, pudiendo utilizarse plantas de 2-3 savias en contenedor forestal o en envase de gran volumen. Es importante adecuar la calidad de planta de vivero al objetivo de la repoblación para evitar fracasos en el establecimiento o costes innecesarios. En general, cuanto más fácil sea ejecutar los cuidados culturales (en particular el riego), mayor puede ser el tamaño de la planta utilizada.

Las labores más frecuentes para la eliminación de la vegetación en plantaciones de esta especie consisten en el desbroce puntual, utilizando motodesbrozadoras, o en su caso haciéndolo de forma manual, aunque debe ser muy cuidadoso y no afectar a especies que actúen como facilitadoras.

La preparación del suelo dependerá en función del medio en el que se va a efectuar la repoblación, pero siempre es recomendable que sea intensa. El procedimiento de preparación más utilizado en el establecimiento del tejo es la preparación manual, utilizándose preferiblemente hoyos de gran tamaño (Fig. 6). En repoblaciones de esta especie debe tenerse presente que:

- se debe procurar la apertura de hoyos de gran tamaño (mínimo 40 x 40 x 60 cm), por lo que siempre que sea posible se debe recurrir a preparaciones mecanizadas en baja densidad,
- se debe adecuar el lugar de establecimiento a las condiciones edáficas (teniendo en cuenta la elevada heterogeneidad en espacios relativamente pequeños), evitando suelos de muy mala calidad, muy pedregosos o secos y seleccionando los mejores microhábitats para la especie.

La densidad de plantación, por las características de la especie, debe ser baja, con el objetivo de conseguir formaciones constituidas por un cierto número de pies, pero siempre buscando el máximo de vitalidad, protección y sombra. El tejo suele beneficiarse de una cierta protección (*Rosa* spp., *Rubus ulmifolius*) (Hulme, 1996, 1997; García *et al.*, 2000), por lo que parece más conveniente la repoblación por golpes, agrupada en las localizaciones más favorables, dejando sin repoblar las zonas de mayor dificultad. Junto a la red de drenaje y en las superficies con mayor disponibilidad hídrica y mayor profundidad de suelo, puede emplearse una mayor densidad (en torno a 100 pies ha⁻¹), que irá disminuyendo progresivamente (<50 pies ha⁻¹) hacia las zonas menos adecuadas para el tejo, en las que se plantarían, en mayor proporción, especies menos exigentes. La estructura creada conseguirá proporcionar una matriz de vegetación más compleja y, al ser moderada la competencia, las plantas se mantendrán con un elevado vigor vegetativo y una buena ramificación.



Figura 6. Planta de *Taxus baccata* tras cinco años en campo en el monte de Valsain, Segovia (Foto: E. Sastre).

El establecimiento del tejo no requiere cuidados culturales especiales, si bien es cierto que se beneficia de los riesgos de establecimiento y mantenimiento durante los primeros tres años, aunque su aplicación es poco factible. Las condiciones particulares de establecimiento en zonas de montaña hacen innecesario el control de la vegetación competidora, por lo que se recomienda el uso de mallas protectoras, evitando tubos cerrados que pueden producir daños a las plantas por acumulación de nieve en su interior.

Una vez establecido, el tejo es una especie que compite bien, por su enorme longevidad, lo que da bastante estabilidad a los rodales creados; por ello, puede esperarse la persistencia de los pies durante cientos de años, como así lo demuestran ejemplares plantados antiguamente (Oria de Rueda, 1997). Los cuidados culturales serían mínimos y consistirían fundamentalmente en vigilar los protectores colocados, evitando tanto los daños que puedan realizar los animales como su caída por viento u otros agentes. Las posibles marras que se produzcan deben reponerse con nuevas plantas. En aquellas zonas donde aparece un regenerado incipiente de tejo, éste debe protegerse y potenciarse, ya

que es la mejor garantía de la recuperación de las poblaciones en un futuro inmediato (Navarro-Cerrillo *et al.*, 1998; Carvalho *et al.*, 1999; García, 2007).

Como ya se ha mencionado en el apartado de ecología, la agregación espacial de la regeneración, vinculada a matorrales con frutos carnosos y a especies arbóreas, hace que deba favorecerse la presencia de éstos, evitando desbroces incontrolados, por ejemplo de *Rosa* spp., *R. ulmifolius*, en las proximidades de pies maduros. Si se producen aperturas bruscas, además de los posibles daños directos a las jóvenes plántulas, estas quedarían sometidas a una insolación excesiva que acabaría con ellas. Sólo en determinados casos, cuando los pies tienen una edad y tamaño adecuados (diámetro superior a 10 cm) y han quedado dominados por otras especies, pueden hacerse desbroces selectivos muy controlados para favorecer un adecuado crecimiento. Es muy frecuente recurrir al uso de cercados de exclusión de herbívoros ungulados (ciervos, corzos, jabalíes, vacas), tanto para proteger a la regeneración incipiente como para evitar daños sobre el repoblado.

6. Bibliografía

AGUILERA S., GIL M, LÓPEZ J., PULIDO A., 1997. Situación actual del tejo en la Sierra de Tejeda-Almijara (Málaga-Granada). En: I Jornadas en la Sierra de Tejeda-Almijara. Ayuntamiento de Sedella -Delegación de Medio Ambiente de Málaga.

ALEGRE J., FERNÁNDEZ-ALONSO M., TORIBIO M., LÓPEZ-VELA D., ALONSO N., 2001. Conservación y caracterización de poblaciones de *Taxus baccata* L. en la Comunidad de Madrid. Primeros resultados sobre su capacidad de enraizamiento. En: Actas del III Congreso Forestal Español (Junta de Andalucía, ed.). Granada. Mesa 3. pp. 579-584. 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. 309-313.

ALLEN S.E., 1989. Chemical analysis of ecological materials. 2ª edición, Blackwell Scientific Publications, Oxford, UK.

AMARAL FRANCO J., 1986. *Taxus* L. En: Flora Ibérica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares. Vol I. *Lycopodiaceae* - *Papaveraceae*. (Castroviejo S., Laínz M., López González G., Montserrat P., Muñoz Garmendia F., Paiva J., Villar L., eds.). Real Jardín Botánico, Madrid. pp. 189-190.

ANDRÉS ROS J., FABREGAT C., LÓPEZ UDÍAS S., APARICIO J. M., PRADA A., MARTÍNEZ LLISTÓ J., GARCÍA MARTÍ X., SERENA V., LÓPEZ MARTOS J., HERREROS R., MARZO A., CERDÁN V., BAYARRI X., BOSCH F., GÓMEZ TALENS J., ZREIK C., 2007. Censos y caracterizaciones de tejedas de la Comunidad Valenciana. En: El tejo en el Mediterráneo Occidental. (Serra L., ed.). Ministerio de Medio Ambiente, Generalitat Valenciana, Conselleria de Territori i Habitatge. CAM. pp. 127-136.

ARREGUI J.M., 2007. Aproximación al cultivo *in vitro* de embriones de tejo. En: El tejo en el Mediterráneo Occidental. (Serra L., ed.). Ministerio de Medio Ambiente, Generalitat Valenciana, Conselleria de Territori i Habitatge. CAM. pp. 137-140.

BARTOLOMÉ C., ÁLVAREZ J., VAQUERO J., COSTA M., CASERMEIRO M.A., GIRALDO J., ZAMORA J., 2005. Los tipos de hábitat de interés comunitario de España. Guía básica. Dirección General para la Biodiversidad, Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.

BEBBER, A., CORONA E., 1986. Nota dendrocronologica su una trave di tasso (*Taxus baccata* L.). *Dendrochronologica* 4, 124.

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. 202-205.

- BLANCO CASTRO E., CORTÉS S., VASCO F., 2007. El tejo en la Comunidad de Madrid: Distribución y situación actual. En: El tejo en el Mediterráneo Occidental. (Serra L., ed.). Ministerio de Medio Ambiente, Generalitat Valenciana, Conselleria de Territori i Habitatge. CAM. pp. 97-102.
- BRZEZIECKI B., KIENAST F., 1994. Classifying the life-history strategies of trees on the basis of the Grimian model. *For. Ecol. Manage.* 69, 167-187.
- CARVALHO A., REBELO A., DIAS J., 1999. Distribution and natural regeneration of yew trees in the National Parks of Peneda-Geres (Portugal) and Baixa Limia Serra-Xures (Spain). *Revista de Biología* 17, 43-49.
- CARITAT A., VILLAR L., SALA E., 2004. Regeneración del tejo en Catalunya. *Cuad. Soc. Esp. Cienc. For.* 18, 97-100
- CARITAT A., BAS J. M., 2007. Estado actual y regeneración de *Taxus baccata* en Catalunya. En: El tejo en el Mediterráneo Occidental. (Serra L., ed.). Ministerio de Medio Ambiente, Generalitat Valenciana, Conselleria de Territori i Habitatge. CAM. pp. 71-76.
- CATALÁN G., 1985. Semillas de árboles y arbustos forestales. Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid. pp. 372-373.
- CHEE P.P., 1994. *In vitro* culture of zygotic embryos of *Taxus* species. *Hort Sci.* 29 (6), 695-697.
- COPE E.A., 1998. *Taxaceae*: the genera and cultivated species. *Bot. Rev.* 64, 291-323.
- CORTÉS S., VASCO F., BLANCO E., 2000. El Libro del Tejo (*Taxus baccata* L.). Un proyecto para su conservación. Ed. ARBA, Madrid.
- DI SAPIO O.A., GATTUSO S.J., GATTUSO M.A., 1997. Morphoanatomical characters of *Taxus baccata* bark and leaves. *Fitoterapia* 68, 252-260.
- DIRR M.A., HEUSER C.W.Jr, 1987. The reference manual of woody plant propagation: from seed to tissue culture. Athens, GA: Varsity Press. pp. 212-214.
- EWALD D., 2007. Micropropagation of yew (*Taxus baccata* L.) En: Protocols for micropropagation of woody trees and fruits.
- FERNÁNDEZ C., ALONSO D., LÓPEZ N., TORIBIO M., ALEGRE J., 2004. Conservación y caracterización de poblaciones Tejo. *Agricultura* 869, 950-957.
- FORESTRY COMMISSION, 2010. Draft guidance for seed testing at Forestry Commission approved forest tree seed testing facilities. Disponible en: [http://www.forestry.gov.uk/pdf/STC-Appendix_1.pdf/\\$FILE/STC-Appendix_1.pdf](http://www.forestry.gov.uk/pdf/STC-Appendix_1.pdf/$FILE/STC-Appendix_1.pdf) [5 Jul, 2010]
- GARCÍA MARTÍ X., 2007. Producción de material forestal de *Taxus baccata* L. destinado a planes de conservación. En: El tejo en el Mediterráneo Occidental. (Serra L., ed.). Ministerio de Medio Ambiente, Generalitat Valenciana, Conselleria de Territori i Habitatge. CAM. pp. 141-152.
- GARCÍA D., 2007. Regeneración natural y conservación del tejo (*Taxus baccata* L) en la cordillera Cantábrica: la importancia de las interacciones ecológicas. En: El tejo en el Mediterráneo Occidental. (Serra L., ed.). Ministerio de Medio Ambiente, Generalitat Valenciana, Conselleria de Territori i Habitatge. CAM. pp. 31-39.
- GARCÍA D., ZAMORA R., HÓDAR J.A., GÓMEZ J.M., CASTRO J., 2000. Yew (*Taxus baccata* L.) regeneration is facilitated by fleshy-fruited shrubs in mediterranean environments. *Biol. Conserv.* 95, 31-38.
- GONZÁLEZ V., REQUE J., ORIA J.A., 2003. Prescripciones selvícolas y programa de recuperación de la Tejeda de Tosande. *Foresta* 21, 28-37.
- GONZÁLEZ-MARTÍNEZ S.C., DUBREUIL M., RIBA M., VENDRAMIN G.G., SEBASTIANI F., MAYOL M., 2010. Spatial genetic structure of *Taxus baccata* L. in the western Mediterranean Basin: past and present limits to gene movement over a broad geographic scale. *Mol. Phylogenet. Evol.* 55(3), 805-815.
- HÄTTENSCHWILER S., KÖRNER C., 2000. Tree seedling responses to *in situ* CO₂-enrichment differ among species and depend on understorey light availability. *Global Change Biol.* 6, 213-226.

- HEINOWICZ A., 1978. Anatomy, embryology and karyology. The yew - *Taxus baccata* L. - Foreign Scientific publications. Department of the National center scientific and technical information. Warsaw, Poland. pp. 33-54.
- HERRERA C.M., 1987. Vertebrate-dispersed plants of the Iberian peninsula: a study of fruit characteristics. Ecol. Monogr. 57, 305-331.
- HOSEINI NASR S.M., MODANLOO S., JALILVAND H., MOFIDABADI A., 2007. Seed dormancy breakage of recalcitrant yew species (*Taxus baccata* L.) using embryo culture. J. Biol. Sci. 7, 781-785.
- HULME P., 1996. Natural regeneration of yew (*Taxus baccata* L.) microsite, seed or herbivore limitation. J. Ecol. 84 (6), 853-861.
- HULME P., 1997. Post-dispersal seed predation and the establishment of vertebrate dispersed plants in mediterranean scrublands. Oecologia 111(1), 91-98.
- HULME P.E., BORELLI T., 1999. Variability in post-dispersal seed predation in deciduous woodland: relative importance of location, seed species, burial and density. Plant Ecol. 145, 149-156.
- IGLESIAS SAUCE S., VEGA G., RODRÍGUEZ A., MOO C., 1997. Biodiversidad de *Taxus baccata*. Creación de bancos clonales de preservación genética. En: Actas del II Congreso Forestal Español, I Congreso Forestal Hispano Luso. (Puertas F., Rivas M., eds.). Pamplona. Tomo III. pp. 325-330. Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- ISTA (International Seed Testing Association), 2011. International rules for seed testing. Edition 2011. ISTA, Bassersdorf, Switzerland.
- JAZIRI M., ZHIRI A., GUO Y., DUPONT J., SHIMOMURA K., HAMADA H., VANHAELEN M., HOMÈS, J., 1996. *Taxus* sp. cell, tissue and organ cultures as alternative sources for taxoids production: a literature survey. Plant Cell Tiss.Organ Cult. 46, 59-75.
- LÓPEZ GONZÁLEZ G.A., 1982. La guía INCAFO de los árboles y arbustos de la Península Ibérica. Ed. INCAFO, Madrid.
- LÓPEZ-PORTILLO J., LÓPEZ J., CATALINA M.A., GAMARRO R., 1997. Los tejos del Parque Natural «Sierra de las Nieves». En: I Jornadas técnicas sobre el tejo (*Taxus baccata* L.) y la Sierra Tejada, Excmo. Ayuntamiento de Sedella.
- 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.
- LYUBENOVA M., MIRCHEV S., NEDELICHEV R., 2001. Dendrochronological investigation of *Taxus baccata* L. from the common yew-beech forests in 'Central Balkan' National Park. Third Balkan Scientific Conference, Part 1, 108-115.
- MARTÍNEZ GARCÍA F., GÓMEZ GARCÍA D., LÓPEZ UDÍAS S., 2007. Ecología y distribución del tejo (*Taxus baccata* L.) en Aragón. En: El tejo en el Mediterráneo Occidental. (Serra L., ed.). Ministerio de Medio Ambiente, Generalitat Valenciana, Conselleria de Territori i Habitatge. CAM. pp. 61-70.
- MAYOL J., FORTEZA V., BOSCH G., MANZANO X., ALOMAR G., 2007. El tejo, *Taxus baccata*, en Mallorca: biología y conservación. Nota preliminar. En: El tejo en el Mediterráneo Occidental. (Serra L., ed.). Ministerio de Medio Ambiente, Generalitat Valenciana, Conselleria de Territori i Habitatge. CAM. pp. 153-159.
- MAYOL M., DUBREUIL M., GONZÁLEZ MARTÍNEZ S., SEBASTIANI F., VENDRAMIN G., RIBA M., 2008. Variabilidad genética del *Taxus baccata* L. en el Mediterráneo occidental: el papel de los procesos históricos y de la fragmentación del paisaje. Annals de la Delegació de la Garrotxa de la Institució Catalana d'Historia Natural 4, 87-92.
- MEDRANO L.M., 2007. Estado actual de la investigación sobre *Taxus baccata* L. en La Rioja. En: El tejo en el Mediterráneo Occidental. (Serra L., ed.). Ministerio de Medio Ambiente, Generalitat Valenciana, Conselleria de Territori i Habitatge. CAM. pp. 83-88.
- MELZACK R.N., WATTS D., 1982. Variations in seed weight, germination, and seedling vigour in the yew (*Taxus baccata* L.) in England. J. Biogeogr. 9, 55-63.

- MITCHELL A.K., 1997. Propagation and growth of pacific Yew (*Taxus brevifolia* Nutt.) cutting. Northwest Science 71 (1), 56-63.
- MITCHELL A.K., 1998. Acclimation of Pacific yew (*Taxus brevifolia*) foliage to sun and shade. Tree Physiol. 18, 749-757.
- MORALES M.J., 1992. Mapa 489, *Taxus baccata* L. Asientos para un atlas corológico de la flora occidental. Fontqueria 33, 196-200.
- MYSTERUD A., ØSTBYE E., 2004. Roe deer (*Capreolus capreolus*) browsing pressure affects yew (*Taxus baccata*) recruitment within nature reserves in Norway. Biol. Conserv. 120, 545-548.
- NANDI S.K., PALNI L., RIKHARI H., 1996. Chemical induction of adventitious root formation on *Taxus baccata* cuttings. Plant Growth Regulation 19 (2), 117-122.
- 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. 344-346.
- NAVARRO CERRILLO R.M., PULIDO A., AGUILAR P., GIL M., AGUILERA S., LÓPEZ J., DE LA TORRE J., 1998. Avances en el programa de recuperación del tejo (*Taxus baccata* L.) en la Sierra Tejada y Almijara-Axarquía. En: II Jornadas técnicas sobre el tejo (*Taxus baccata* L.) y la Sierra Tejada. Excmo. Ayuntamiento de Sedella. pp. 41-57.
- ORIA DE RUEDA J.A., 1997. Tejedas. El bosque milenario. Biológica 52-60.
- ORIA DE RUEDA J.A., 2009. Conservación y restauración de las tejedas de Castilla y León. En: Actas del 5 Congreso Forestal Español. [cd-rom]. (Sociedad Española de Ciencias Forestales, Junta de Castilla y León, eds.). Ávila. Disponible en: <http://congresoforestal.es>
- PENNELL R.I., BELL P.R., 1986. The development of the male gametophyte and spermatogenesis in *Taxus baccata* L. Proceedings of the Royal Society of London B, 228 (1250), 85-96.
- PIOTTO B., DI NOI A. (eds.), 2001. Propagazione per seme di alberi e arbusti della flora mediterranea. ANPA, Roma.
- RODRÍGUEZ A., VEGA ALONSO G., IGLESIAS SAUCE S., 1997. El estaquillado de tres especies de taxáceas y su aplicación en la conservación del *T. baccata*. Propagación vegetal. El reto de las nuevas técnicas frente a los problemas actuales. Asociación interprofesional para el desarrollo Agrario. XXVI Jornadas de estudio. pp. 240-246.
- RUIZ DE LA TORRE J., 2006. Flora Mayor. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Dirección General para la Biodiversidad, Madrid. pp. 263-268.
- SAINZ M.J., IGLESIAS I., VILARIÑO A., PINTOS C., MANSILLA J.P., 2000. Improved production of nursery stock of *Taxus baccata* L. through management of the arbuscular mycorrhizal symbiosis. Acta Hort. 536, 379-384.
- SANZ R., PULIDO F., ABEL D., JIMÉNEZ L., MARTÍN A. M., MARTÍN M., GIMÉNEZ J.C., MORENO G., 2007 Distribución y demografía de un relicto de montaña: el tejo (*Taxus baccata*) en Extremadura. En: El tejo en el Mediterráneo Occidental. (Serra L., ed.). Ministerio de Medio Ambiente, Generalitat Valenciana, Conselleria de Territori i Habitatge. CAM. pp. 103-110.
- SCHNECK V., 1996. Studies on influence of clone on rooting ability and rooting quality in the propagation of cutting from 40 to 350 years old *Taxus baccata* L. ortets. Silvae Genet. 45(5-6), 246-249.
- SCHWENDTNER O., MIÑAMBRES L., CÁRCAMO S., 2007. Problemática de conservación de las poblaciones de tejo (*Taxus baccata* L.) en Navarra. Propuesta de un Plan de gestión regional para el tejo. En: El tejo en el Mediterráneo Occidental. (Serra L., ed.). Ministerio de Medio Ambiente, Generalitat Valenciana, Conselleria de Territori i Habitatge. CAM. pp. 41-60.
- SERRA L., 2009. Bosques mediterráneos de *Taxus baccata*. En: Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España (VVAA eds.). Madrid: Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino.

- SMAL C.M., FAIRLEY J.S., 1980. Food of wood mice and bank voles in oak and yew woods in Killarney, Ireland J. Zool. 191, 413-418.
- STRULLU D.G., 1991. Les mycorrhizes des arbres et plantes cultivées. Technique et Documentation. Lavoisier, Paris, France.
- SUSZKA B., 1985. Conditions for after-ripening and germination of seeds and for seedling emergence of the English yew (*Taxus baccata* L.). Arboretum Kórnickie 30, 285-338.
- THOMAS P.A., POLWART A., 2003. *Taxus baccata* L. J. Ecol. 91 (3), 489-524.
- VAN ROZENDAAL E., KURSTJENS S., VAN BEEK, T.A., VAN DEN BERG, R.G., 1999. Chemotaxonomy of *Taxus*. Phytochemistry 52, 427-433.
- VANCE N., RUDOLF P.O., 2008. *Taxus* L. En: The woody plant seed manual (Bonner F.T., Karrfalt R.P., eds.). United States Department of Agriculture, Forest Service, Agriculture Handbook 727, Washington. pp. 1092-1098.
- VAQUERO DE LA CRUZ J., IGLESIAS SAUCE S., 2007. Conservación del tejo (*Taxus baccata* L.) en España. En: El tejo en el Mediterráneo Occidental. (Serra L., ed.). Ministerio de Medio Ambiente. Generalitat Valenciana, Conselleria de Territori i Habitatge. CAM. pp. 13-23.
- VARAS COBO J., 2007. El tejo (*Taxus baccata*) en Cantabria. Necesidad y oportunidad para realizar un plan de gestión de una especie protegida. En: El tejo en el Mediterráneo Occidental. (Serra L., ed.). Ministerio de Medio Ambiente, Generalitat Valenciana, Conselleria de Territori i Habitatge. CAM. pp. 77-82.
- VASCO F., CORTÉS S., BLANCO CASTRO E., 2007. Distribución del tejo en Castilla-La Mancha. En: El tejo en el Mediterráneo Occidental. (Serra L., ed.). Ministerio de Medio Ambiente, Generalitat Valenciana, Conselleria de Territori i Habitatge. CAM. pp. 89-96.
- VIDAKOVIC M., 1991. Conifers: morphology and variation. (Translated by M. Soljan). Graficki Zavod Hrvatske, Zagreb, Croatia.
- WANN S.R., GOLDNER W.R., 1994. Induction of somatic embryogenesis in *Taxus* and the production of taxane-ring containing alkaloids therefrom. United States Patent 5310672.

Tetraclinis articulata (Vahl) Mast.

Arar, sabina

Jaime PUÉRTOLAS SIMÓN, Esteban CHIRINO MIRANDA, María Aránzazu PRADA SÁEZ

1. Descripción

1.1. Morfología

El arar, voz que transcribe el sonido del nombre árabe aplicado a *Tetraclinis articulata*, es la única especie representante de su género. Se trata de un arbusto o arbolillo hasta de 6-8 m de altura, aunque en ocasiones puede alcanzar 15 m. Su porte puede ser monopódico o presentar bifurcaciones, con ramificaciones desde la base, y la copa es, generalmente, irregular, aunque puede ser piramidal en ejemplares jóvenes. Sus ramas son delgadas y se insertan de manera alterna, formando un ángulo muy abierto. En el tronco y las ramas gruesas, la corteza es rugosa, fisurada, de color grisáceo o pardo grisáceo y se desprende en pequeñas escamas. El sistema radical es profundo, pero no muy ramificado.

Las hojas juveniles son aciculares, rectas o ligeramente curvadas, de 6 a 10 mm de longitud, con estomas sólo en la cara adaxial. Las hojas adultas son escamiformes, dispuestas en verticilos en número de cuatro, aplicadas a los tallos excepto en el ápice, con una pequeña glándula resinosa en la zona subapical de color verde claro (Farjon, 2005). Son ligeramente dimórficas; las faciales, con ápice ancho y agudo, están parcialmente recubiertas por las laterales, que son mayores, linear-espátuladas y transversalmente convexas (Amaral Franco, 1986; Farjon, 2005).

1.2. Biología reproductiva

El arar es una especie monoica. La floración tiene lugar en otoño. Los estróbilos son terminales, generalmente solitarios, y miden de 2 a 5 mm en la época de la polinización. Con forma subtetragonal, de un tamaño de unos 10-13 x 12-17 mm, los estróbilos maduros están formados por cuatro escamas leñosas, concrecentes, verticiladas, con aspecto de valvas, que presentan una punta recurvada en la cara abaxial. Las escamas adquieren una coloración pardo-rojiza a marrón claro en la madurez. Los conos masculinos son ovoideo-globosos, de unos 4 x 2,5 mm, de color rojizo inicialmente y pardos o amarronados en la madurez. Tienen una posición terminal en las ramas y son solitarios. Sus escamas presentan cuatro sacos polínicos en su cara inferior (Amaral Franco, 1986; Farjon, 2005). La polinización es anemófila. Los estróbilos maduran a finales del verano siguiente. Cada estróbilo contiene 4 a 6 semillas cónico-trianguulares, de 4-5 x 1-3 mm, de color marrón con puntos más oscuros. Las semillas presentan dos amplias alas subescariosas, opuestas, de 8-10 x 4-6 mm (Amaral Franco, 1986; Farjon, 2005), que facilitan su dispersión por el viento. La apertura de los estróbilos tiene lugar en otoño, entre los meses de septiembre y octubre. Es capaz de rebrotar de cepa tras el paso de un fuego intenso, haciéndolo también las ramas si el incendio es de intensidad media a baja (López Hernández *et al.*, 1995).



Figuras 1 a y b. Estróbilos de *Tetraclinis articulata* durante la maduración (izquierda) (Foto: C. Cardo) y tras las diseminación (derecha) (Foto: J.I. García Viñas).



Figura 2. Semillas de *Tetraclinis articulata*.

1.3. Distribución y ecología

Tetraclinis articulata tiene su distribución en el Mediterráneo occidental, principalmente en el Atlas, siendo abundante en Marruecos y noroeste de Argelia y frecuente en el noreste de Túnez (Charco, 2001), aunque también está presente en las islas de Chipre y Malta, país donde está declarado árbol nacional, y en el sudeste de la Península Ibérica. El arar debió ser más abundante en África, donde ha sido intensamente explotado como combustible, por la calidad de su madera, muy duradera, y porque sus cepas, nudosas, ofrecen un material muy decorativo para ebanistería. Asimismo, su resina, denominada “sandarac”, ha sido empleada como laca y con fines medicinales. La presencia natural de la especie en Malta se restringe a unos cien pies, localizados principalmente en el norte de la isla (Stevens, 2000).

En España, las únicas manifestaciones consideradas como naturales se localizan en Murcia, desde las proximidades del Cabo de Palos hasta Cartagena. Las mejores poblaciones son las de la Peña del Águila y el Sabinar (Sánchez Gómez *et al.*, 2003). El área de distribución del arar en el pasado pudo haber sido mayor en el sudeste peninsular, extendiéndose a las provincias de Alicante y Almería y con un mayor número de poblaciones en Murcia, tal como sugieren el hallazgo de restos de madera, la existencia de topónimos que probablemente aluden a la especie y la conocida sobreexplotación de su madera en esta zona tan densamente poblada desde antiguo (Rigual y Esteve, 1953; Grau, 1990; Rodríguez Ariza y Vernet, 1991; Carrión, 2004). El reducido número y tamaño de las poblaciones naturales españolas confieren relevancia a las repoblaciones efectuadas en las provincias de Murcia, Málaga, Almería, Granada (Ruiz de la Torre, 1996), Huelva

(Máñez *et al.*, 1997) y Alicante. Existen ejemplares notables en jardines de Málaga (Ruiz de la Torre, 2006) o formando setos entre campos de cultivo en Cabanes (Castellón).

El arar es una especie muy rústica, heliófila y termófila, capaz de soportar climas muy secos, hasta de 250 mm anuales. Así, presenta un sistema conductor poco propenso a sufrir embolias por causa de la sequía (Oliveras *et al.*, 2003). En las zonas más húmedas de su área se registran anualmente unos 900 mm. Su rango altitudinal se sitúa entre el nivel del mar y los 1.100 m en zonas umbrías, y hasta 1.700 m en áreas soleadas, en función de la latitud (Quézel, 1980). Las poblaciones murcianas se encuentran en una zona libre de heladas; sin embargo, la presencia de ejemplares plantados en ambientes continentales, con temperaturas que descienden por debajo de 0 °C, confirma su capacidad de soportar temperaturas relativamente bajas (Blanco *et al.*, 1997). Esta amplitud ecológica se pone de manifiesto en el norte de África, ya que se lo puede encontrar a 1.800 m de altitud o en zonas de transición hacia condiciones predesérticas (Blanco *et al.*, 1997).

Aunque es relativamente indiferente a la naturaleza química del sustrato, vive principalmente en terrenos calizos. No tolera bien los suelos pesados, yesosos, salinos o con encharcamiento temporal (Ruiz de la Torre, 2006). Crece en colinas y laderas soleadas, con suelos poco profundos y pedregosos, llegando a colonizar laderas rocosas, y también en suelos más desarrollados en algunos puntos del norte de África (Blanco *et al.*, 1997). Se han detectado altos niveles de colonización por micorrizas de tipo arbuscular en poblaciones naturales de arar (Abbas *et al.*, 2006).

El arar se encuentra formando masas más o menos puras de cierta extensión o en mezcla con otras arbóreas, particularmente con acebuche, pino carrasco y argán. En Murcia se presenta en formaciones poco densas, seguramente por la intensa y secular perturbación antrópica. En las poblaciones españolas, el arar está acompañado por taxones termófilos de amplia distribución en el Mediterráneo, como son pino carrasco, que domina en las umbrías, *Periploca laevigata*, *Maytenus senegalensis*, coscoja, palmito, mirto, acebuche y lentisco (Blanco *et al.*, 1997).

2. Materiales forestales de reproducción

2.1. Marco normativo. Identificación de los materiales de reproducción

Los materiales de reproducción del arar están regulados por la normativa estatal referida a la comercialización de los materiales forestales de reproducción para su uso en silvicultura, por lo que su recolección y comercialización deberá cumplir con los requisitos establecidos por dicha legislación. Las masas murcianas de esta especie se incluyen en una única región de procedencia (Litoral murciano). Una breve descripción de las características ecológicas de la misma puede consultarse en García del Barrio *et al.* (2001). El Catálogo Nacional de Materiales de Base cuenta con fuentes semilleras de esta especie, por lo que es posible disponer de materiales forestales de reproducción de la categoría identificada. El arar está incluido en el Catálogo Español de Especies Amenazadas (RD. 139/2011) con la categoría de especie “Vulnerable”, tanto por su reducida distribución geográfica como por el escaso número de individuos maduros. Con idéntica categoría está incluido en el catálogo de flora protegida de la Región de Murcia (D. 50/2003). Según esta normativa,



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

T. articulata requiere la redacción de un plan de conservación, por lo que se considera que su uso en restauraciones forestales en esta región debe estar vinculado a dicho plan o, como mínimo, no contravenirlo. Cabe destacar que los bosques de *T. articulata* han sido incluidos como “Hábitats de interés comunitario” en la Directiva 92/43/CEE de Hábitats.

2.2. Técnicas de manejo y propagación

2.2.1. Semillas

La recolección se lleva a cabo manualmente en septiembre u octubre. Para la extracción de las semillas se extienden los estróbilos en una superficie al abrigo de la humedad, para facilitar su secado, y se remueven cada cierto tiempo. Posteriormente, las semillas se separan de las impurezas mediante cribado y aventado. Puede ser frecuente encontrar lotes con muchas semillas atacadas por insectos. Aunque las semillas del arar pierden rápidamente su viabilidad, se han evaluado lotes conservados con bajo contenido de humedad y a 4 °C que han mantenido su facultad germinativa. Las semillas no necesitan ningún tratamiento previo para germinar, aunque una práctica viverística frecuente es ponerlas a remojo durante 8-24 horas antes de su siembra. La ISTA (2011) no ha establecido un método normalizado para la caracterización de lotes de semillas de esta especie. La germinación es epigea y tiene lugar entre 15 y 30 días después de la siembra. Las plántulas de *T. articulata* presentan (3)4(5) cotiledones aciculares (Farjon, 2005).

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

RP	Pres (%)	Altitud (m)			Precipitación (mm)			A (meses)	Temperatura (°C)			Osc (°C)	Hs (meses)	Tipo de suelo (FAO)
		Med	Max	Mín	Annual	Estival	Med		MaxMC	MinMF				
37	100	155	338	42	364	21	5,8	17,3	29,1	6,6	14,1	0	CMc(100)	

Tabla 2. Datos característicos de lotes de semillas de *Tetraclinis articulata*.

Rendimiento semilla/fruto (% en peso)	Pureza (%)	Facultad germinativa (%)	Nº semillas kg ⁻¹	Referencia
3,5-5,5	90-95	(57)	(85.500-86.500)	Catalán (1991)
	55	73	73.000-89.000	Navarro-Cerrillo y Gálvez (2001)
5,5-9,5	86-98	60-80	84.000-119.400	Banc de Llavors Forestals (Anexo II)
2,8-5,3	80-95	35-70	85.000-120.000	CNRGF <i>El Serranillo</i> (Anexo III)

2.2.2. Vegetativa

La propagación vegetativa para la producción de plantas de arar con destino a forestación no es una práctica habitual, ya que se reproduce fácilmente por semilla. No obstante, Morte *et al.* (1992) y Morte y Honrubia (1996) han obtenido buenos resultados en la propagación *in vitro* del arar, empleando ápices de plántulas de 1 año y cotiledones extraídos de plántulas con 7-10 días de edad. Estos autores también han trabajado en la técnica para la micorrización de plantas micropropagadas, en la fase *postvitro* de aclimatación, obteniendo plantas con mayor crecimiento (Morte *et al.*, 1996).

3. Producción de plantas

Tetraclinis articulata se cultiva en contenedores, a una o dos savias. El cultivo de dos savias proporciona una relación entre biomasa de raíz y tallo mayor que el de una savia, pero en un año se puede obtener plantas con más de 15 cm de altura y 2,5 mm de diámetro si la fertilización es adecuada. Estas plantas de un año presentan una supervivencia y un crecimiento en campo similares a las de dos savias, pero con un coste menor (Tabla 3).

Aunque lo habitual es realizar la siembra a inicios de la primavera, en zonas cálidas puede hacerse en otoño. Es conveniente hidratar las semillas antes de sembrarlas, sumergiéndolas en agua durante 12-24 horas. La siembra debe efectuarse en zonas soleadas, ya que los brinzales requieren insolación directa. Es recomendable el empleo de contenedores con volumen de alvéolo entre 250 y 300 cm³ para el cultivo de una savia. No se han señalado limitaciones en cuanto al sustrato. La turba rubia (fertilizada y con pH corregido), tanto sola como en mezcla con fibra de coco en relación 1:1, ha dado resultados positivos.

La fertirrigación o el uso de fertilizantes de liberación lenta proporcionan plantas de buena calidad. Una fertilización de más de 50 mg de N por planta durante el cultivo permite obtener plantas de calidad aceptable. No se recomienda exceder los 100 mg de N por planta, porque no se consigue una mejora sustancial de las características morfológicas y se empieza a observar desequilibrios entre la parte aérea y la raíz.

No se han realizado experiencias de control de riegos en viveros en *T. articulata*. No es una especie que consuma gran cantidad de agua ni su arquitectura de ramificación provoca problemas de llegada de agua al sustrato. Aunque la Directiva 1999/105/CE y el RD. 289/03 no establecen los parámetros morfológicos de referencia de calidad cabal



Figuras 4 a y b. A la izquierda, plantas de arar de una savia cultivadas en el CNRGF *El Serranillo* en contenedores de 300 cm³ y con turba rubia fertilizada como sustrato. Se aplicó fertirrigación a partir del mes de junio en concentraciones de 50 mg N l⁻¹ durante 20 semanas, 100 mg N l⁻¹ durante 20 semanas y 100 mg N l⁻¹ durante 28 semanas (de izquierda a derecha) (Foto: J. Puértolas). A la derecha, planta de una savia de *T. articulata* cultivada en alvéolo de 300 cm³ (Foto: CNRGF *El Serranillo*).

y comercial para esta especie, los resultados de ciertas experiencias de cultivo en vivero sugieren algunos datos sobre los atributos de calidad final de las plantas de arar (Tabla 3). En esta tabla se incluyen datos de supervivencia y crecimiento de esas experiencias después de su plantación en campo.

4. Uso en repoblaciones y restauraciones

A pesar de que el área de distribución de *T. articulata* en España es muy restringida, existen amplias zonas homologables climática y edáficamente a las zonas del norte de África donde la especie forma grandes extensiones de bosque. Por esa razón, se han efectuado plantaciones de esta especie en áreas de clima semiárido cálido del sudeste, en las provincias de Almería, Murcia y Alicante. Sin embargo, estas reforestaciones son anecdóticas y la extensión plantada de la especie es muy pequeña, aunque su uso cada vez despierta más interés entre técnicos y asociaciones ambientalistas, ya que su supervivencia y su crecimiento son, en muchos casos, tan altos o incluso superiores a los de *Pinus halepensis* y otras especies empleadas en el semiárido (Baeza *et al.*, 1991).

Tabla 3. Valores de atributos morfológicos de plantas de *Tetraclinis articulata* según diferentes experiencias de cultivo y resultados de la evaluación de su comportamiento en campo (TR: turba rubia; TR_f: turba rubia fertilizada; FC: fibra de coco; N-P-K: composición N-P₂O₅-K₂O).

Vivero	Chirino <i>et al.</i> (datos no publicados)	Puértolas <i>et al.</i> (datos no publicados)		Trubat <i>et al.</i> (2011)	
Características del cultivo					
Vivero	Vivero de Santa Faz, Servicio Forestal de Alicante	CNCRGF <i>El Serranillo</i>	CNCRGF <i>El Serranillo</i>	Vivero de Santa Faz, Servicio Forestal de Alicante	Vivero de Santa Faz, Servicio Forestal de Alicante
Localidad	Alicante	Guadalajara	Guadalajara	Alicante	Alicante
Año	2002	2005	2005	2002	2002
Contenedor (volumen cm ³)	240	300	300	305	305
Sustrato	TR _f + FC	TR _f	TR _f	TR+FC	TR+FC
Savias	2	1	1	1	1
Fertilización	Nitrofoska (NPK) 1g planta ⁻¹ año ⁻¹	Fertirrigación N-P-K 20-7-19	Fertirrigación N-P-K 20-7-19	Liberación lenta N-P-K 14-9-15	Fertirrigación N-P-K 15-8-10
N planta ⁻¹ año ⁻¹ (mg)	150	120	240	75	42
Atributos morfológicos					
Altura (cm)	15,91	21,3	25,2	16,1	9,8
Diámetro (mm)	2,81	2,80	2,94	4,1	2,2
Esbeltez (cm mm ⁻¹)	5,7	7,6	8,6	3,9	4,5
Peso seco aéreo - PA (g)	3,69	1,98	2,43	3,12	0,31
Peso seco radical - PR (g)	6,78	1,48	1,58	3,30	0,22
PR/PA	1,82	0,73	0,63	1,06	1,41
Características del sitio de plantación y evaluación en campo					
Localidad	Albatera	Crevillente	Crevillente	Albatera	Albatera
Precipitación (mm)	286	277	277	286	286
Temperatura (°C)	19	19,5	19,5	305	305
Evaluación post-plantación (años)	5	3	3	1	1
Supervivencia (%)	80	85	85	25	20
Altura (cm)	37,8	28,0	32,4	SD	SD
Diámetro (mm)	11,5	5,86	7,49	SD	SD
Esbeltez (cm mm ⁻¹)	3,4	4,8	4,3	SD	SD

5. Planificación de la repoblación

Tetraclinis articulata ha sido plantado con éxito en terrenos pobres, poco evolucionados y con carbonatos, típicos de zonas degradadas del sudeste peninsular. También se ha plantado con cierto éxito en áreas dunares, por ejemplo en Guardamar del Segura. En esos casos tan extremos, se ha comprobado que la adición de hidrogeles en el hoyo de plantación y, sobre todo, la plantación bajo cubierta mejoran significativamente la supervivencia (Lledó y Boronat, 2005).



Figura 5. Ejemplar de arar plantado con malla protectora en Albaterra, al sur de Alicante, tras 5 años en campo (Foto: E. Chirino).

6. Bibliografía

ABBAS Y., DUCOUSSOS M., ABOUROUH M., AZCON R., DUPONNOIS R., 2006. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in *Tetraclinis articulata* (Vahl) Masters woodlands in Morocco. Ann. For. Sci. 63, 285-291.

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. 315-318.

AMARAL FRANCO J., 1986. *Tetraclinis* L. En: Flora Ibérica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares. Vol I. *Lycopodiaceae* - *Papaveraceae*. (Castroviejo S., Lainz M., López González G., Montserrat P., Muñoz Garmendia F., Paiva J., Villar L., eds.). Real Jardín Botánico, Madrid. pp. 179-180.

- BAEZA J., PASTOR A., MARTÍN J., IBAÑEZ M., 1991. Post-planting mortality in reforested sites of *Pinus halepensis*, *Quercus ilex*, *Ceratonia siliqua*, and *Tetraclinis articulata* in the province of Alicante. *Studia Oecol.* 8, 139-146.
- 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. 444-450.
- CARRIÓN Y., 2004. Análisis antracológico del yacimiento del Fuente Álamo (Cuevas de Almanzora, Almería): Usos de la madera y paleovegetación. En: Congreso sobre la Edad del Bronce en las Tierras Valencianas y Zonas limítrofes (Hernández Alcaraz, L. y Hernández, M., eds.). Ayuntamiento de Villena, Villena. pp. 477-486.
- 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. 374-375.
- CHARCO J., 2001. Guía de los árboles y arbustos del Norte de África. Ed. Agencia Española de Cooperación Internacional, Madrid.
- FARJON A., 2005. A monograph of *Cupressaceae* and *Sciadopitys*. Royal Botanic Gardens, Kew.
- 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.
- GRAU E., 1990. El uso de la madera en yacimientos valencianos de la Edad del Bronce a la época visigoda. Datos etnobotánicos y reconstrucción ecológica según la antracología. Tesis doctoral. Universidad de Valencia, Valencia.
- ISTA (International Seed Testing Association), 2011. International rules for seed testing. Edition 2011. ISTA, Bassersdorf, Switzerland.
- LLEDÓ M.J., BORONAT J., 2005. Survival and growth of an understory reforestation of coastal pine. En: Proceedings of the X European Ecological Congress. Kusadasi, Turquía.
- LÓPEZ HERNÁNDEZ J.J., CALVO J.F., ESTEVE M.A., RAMÍREZ-DÍAZ L., 1995. Respuesta de *Tetraclinis articulata* (Vahl) Masters al fuego. *Ecología* 9, 213-221.
- MÁÑEZ M., COBO D., JIMÉNEZ J., 1997. *Tetraclinis articulata* (Vahl) Masters en la provincia de Huelva. *Anal. Jard. Bot. Madrid* 55, 462.
- MORTE M.A., HONRUBIA M., 1996. *Tetraclinis articulata* (Cartagena Cypress). En: Biotechnology in agriculture and forestry 35. Trees IV. (Bajaj Y.P.S., ed.). Springer Verlag, Berlin. pp. 407-423.
- MORTE M.A., HONRUBIA M., PIQUERAS A., 1992. Micropropagation of *Tetraclinis articulata* (Vahl) Masters (*Cupressaceae*). *Plant Cell Tiss. Organ Cult.* 28, 231-233.
- MORTE M.A., DÍAZ G., HONRUBIA M., 1996. Effect of arbuscular mycorrhizal inoculation on micropropagated *Tetraclinis articulata*, growth and survival. En: 5th Meeting of COST Action 8.21 and 8.22 Joint Working Group on Novel Biotechnological Approaches to Plant Production - from Sterile Root to Mycorrhizosphere. June 14-15, Pisa. *Agronomie* 16, 633-637.
- 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. 347-349.
- OLIVERAS I., MARTINEZ VILALTA J., JIMÉNEZ T., LLEDO M.J., ESCARRÉ A., 2003. Hydraulic properties of *Pinus halepensis*, *Pinus pinea* and *Tetraclinis articulata* in a dune ecosystem of Eastern Spain. *Plant Ecol.* 169, 131-141.
- QUÉZEL P., 1980. Biogéographie et écologie des conifères sur le pourtour méditerranéen. En: Actualités d'Ecologie Forestière (Pesson B., ed.). Gauthier-Villars, Paris. pp. 205-256.
- RIGUAL A., ESTEVE F., 1953. Algunas anotaciones sobre los últimos ejemplares de *Callitris quadrivalvis* Vent. en la sierra de Cartagena. *Anal. Inst. Bot. Cavanilles* 11, 437-477.

RODRÍGUEZ ARIZA M.O., VERNET J.L., 1991. Étude paleoecologique du Gisement Chalcolithique de Los Millares (Santa Fé de Mondújar, Almería). *British Archaeological Reports - International Series* 573, 1-16.

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. 60-66.

SÁNCHEZ GÓMEZ P., CARRIÓN M.A., HERNÁNDEZ GONZÁLEZ A., GUERRA J., 2003. Libro rojo de la flora silvestre protegida de la Región de Murcia. Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente, Murcia.

STEVENS D., 2000. The Maltese national tree - the araar tree. Disponible en: <http://www.geocities.com/rainforest/andes/2113/araartree.html?200712> [25 Agos, 2009].

TRUBAT R., CORTINA J., VILAGROSA A., 2011. Nutrient deprivation improves field performance of woody seedlings in a degraded semi-arid shrubland. *Ecol. Eng.* 37, 1164-1173.

Teucrium fruticans L.

Olivilla blanca, salvia amarga

Laura PLAZA ARREGUÍ, Rafael M^a NAVARRO CERRILLO, Miguel Ángel LARA GÓMEZ, Antonio SÁNCHEZ LANCHI, Eugenio MALLOFRET CARRERA, Manuel ARROYO SAUCES, Francisco MARCHAL GALLARDO

1. Descripción

El género *Teucrium* está representado por numerosas especies, la mayoría de ellas son pequeñas matillas o hierbas. Algunas, como *T. capitatum* subsp. *gracillimum*, *T. dunense* o *T. lusitanicum* pueden emplearse como ornamentales para formar grupos o rodales, son de menor porte que *T. fruticans* y presentan flores algo más pequeñas (Manzanares *et al.*, 1983; Bayon, 1990). También encontramos especies como *T. chamaecyparissus*, que presenta una floración blanca muy llamativa, interesante como ornamental.

1.1. Morfología

La olivilla es un arbusto de 1-2 (2,5) m, que se mantiene verde todo el año, con ramificación densa o algo clara. Las hojas son enteras, opuestas, de un verde brillante por el haz y blancas o blanco-rojizas por el envés, de 2-4 cm de longitud, pecíolo corto y limbo anchamente lanceolado (Ruiz de la Torre, 2006).

1.2. Biología reproductiva

Las flores se agrupan en inflorescencias racemosas que se disponen en cortos ramilletes en la terminación de las ramillas, con flores de a dos por verticilo floral, insertadas de manera solitaria en las axilas de las hojas. Las flores son, generalmente, hermafroditas, con cáliz campanulado y corola con un solo labio pentalobulado, de color blanco-azulado, lila o violeta-pálido, con venas más oscuras (Navarro y Cabezudo, 1995). La floración se produce desde marzo en adelante, durante toda la primavera y principios de verano, a veces ya en enero o febrero (Fig. 1). La polinización es entomófila. El fruto, encerrado en el fondo del cáliz, está formado por cuatro pequeñas núculas de (1,7)2,2-3 x (1)1,2-1,8 mm, ovoides, aplanadas, de color marrón claro, con superficie de inserción amplia, 0,8-1,5 mm, redondeada, crema. Las semillas, de 2 a 2,8 mm, son globosas, con cubierta lisa de color marrón oscuro (Fig. 2). La fructificación se produce a principios del verano y la dispersión es por las hormigas (mirmecócora).

1.3. Distribución y ecología

Esta especie es propia de la región mediterránea: Península Ibérica, sur de Francia, Italia y Magreb, extendiéndose hasta Portugal por la parte occidental y por el este hasta el litoral oriental del Adriático. En la Península se distribuye principalmente por el centro y sur de Portugal, Extremadura, Andalucía y sur de Castilla-La Mancha, llegando a Salamanca



Figura 1. Floración de *Teucrium fruticans* (Foto: L. Plaza).



Figura 2. Semilla de *Teucrium fruticans* (Foto: Red de Viveros Junta de Andalucía).

(Ruiz de la Torre, 2006) (Fig. 3). La olivilla se desarrolla en matorrales, setos y monte bajo de la región inferior y montana, desde el nivel del mar hasta 1.300 m de altitud, principalmente en ambiente zonales de subesclerófilos, laurifolios y esclerófilos, con presencia de *Quercus faginea*, *Q. suber*, *Q. ilex*, *Q. canariensis*, *Pinus pinea*, *P. pinaster*, *P. halepensis*, *Ceratonia siliqua*, *Celtis australis*, *Acer monspessulanum*, etc. Vive sobre sustratos de diversa naturaleza y suelos muy variados, ocupando siempre exposiciones soleadas, ya que se trata de una especie relativamente termófila. Es una especie bien adaptada a la sequía estival propia del clima mediterráneo.

2. Materiales forestales de reproducción

2.1. Marco normativo. Identificación de los materiales de reproducción

La olivilla blanca no está incluida 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 forestación. Otras especies del género *Teucrium* están incluidas con diferentes categorías en los Catálogos de flora amenazada y protegida de varias Comunidades Autónomas: Andalucía (D. 23/2012), Aragón (D. 49/1995), Castilla-La Mancha (D. 33/1998 y 200/2001), Cataluña (D. 172/2008), Murcia (D. 50/2003) y Comunidad Valenciana (D. 70/2009).

2.2. Técnicas de manejo y propagación

2.2.1. Semillas

La colecta de los frutos se realiza entre las últimas semanas de septiembre y la primera quincena de octubre, en función del estado de maduración, que puede variar mucho, incluso dentro de la misma planta. Se recomienda recolectar las semillas de un gran número de individuos y de distintas poblaciones, para obtener la mayor diversidad genética del lote de semillas. El procedimiento de cosecha es manual, cortando directamente los ramillos con tijera.



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

La extracción de las semillas es complicada, tanto por la eliminación de la pulpa, como por su pequeño tamaño. Se realiza mediante despulpado, lavado, secado, cribado, aventado y método densimétrico. Las semillas, tolerantes a la desecación, presentan un comportamiento ortodoxo. Una vez limpias, las semillas se almacenan en seco, con un contenido de humedad del 4-8%, en cámara frigorífica a 4-5 °C y dentro de envases herméticos hasta el momento de la siembra. En la Tabla 1 se muestran datos característicos de lotes de esta especie obtenidos por la Red de Viveros de Andalucía.

Tabla 1. Datos característicos de lotes de semilla de *Teucrium fruticans*.

Rendimiento semilla/fruto (% en peso)	Pureza (%)	Facultad germinativa (%)	Nº semillas kg ⁻¹	Referencia
0,3-3	40-95	29	245.398	Red de Viveros de Andalucía

3. Producción de plantas

La olivilla blanca se cultiva principalmente en contenedor. La producción de plantas se hace mediante siembra, aunque es posible usar métodos de propagación vegetativa. Dada la desigual germinación, se suelen utilizar bandejas de siembra. La época de la siembra

es en otoño (octubre-noviembre) en viveros que tengan condiciones invernales suaves. La emergencia se produce a lo largo de la primavera, aunque puede prolongarse durante dos períodos de cultivo.

La planta tipo para trabajos de restauración se cultiva en envases forestales de 200-300 cm³, a una o dos savias, obteniéndose un tamaño final entre 15-20 cm de altura, con un sistema radical bien conformado (Fig. 4). Este tipo de planta también es adecuado para restauraciones de infraestructuras y paisajismo. No es una especie exigente en cuanto a sustratos, por lo que se cultiva normalmente con formulaciones convencionales a partir de componentes orgánicos como turba rubia, turba de humus o, preferiblemente, fibra de coco como componente principal cuando el cultivo es de larga duración (>75% en volumen), y algún componente inorgánico del tipo perlita, vermiculita o arena de río (<25% en volumen).

En la producción de esta especie se deben realizar tratamientos preventivos periódicos con fungicidas de amplio espectro, en particular para controlar los daños por *damping-off*, tanto en pre como en postgerminación. Como ocurre con otras muchas especies, no se dispone de formulaciones y dosis de fertilizantes propios para su cultivo, por lo que el viverista tiene que ir adecuando el programa de fertilización a la evolución del cultivo y a sus particulares condiciones de producción (tipo de sustrato, calidad del agua de riego, duración del cultivo, y planta tipo, principalmente). En la mayor parte de los viveros que producen olivilla blanca se tiende a utilizar fertilizante de liberación lenta como agregado en la formulación del sustrato, siendo muy frecuente el uso de dosis de 2 g l⁻¹ sustrato de un fertilizante tipo 10-11-18 (8-9 meses). En general, con estas dosis de fertilización no se han observado problemas de crecimiento ni deficiencias nutricionales en cultivos a una savia. En caso de prolongar el cultivo, debería mantenerse un cierto control sobre el estado nutricional de las plantas para asegurar los requerimientos durante todo el período. Una alternativa en cultivos de corta duración, es el uso de turbas fertilizadas, con abonado de base tipo 16-8-16, un corrector de pH (2 kg m³ de dolomita, 5% Mg) y fertilización de mantenimiento de acuerdo con la duración del cultivo y la planta tipo.



Figura 4. Cultivo de planta de dos savias de *Teucrium fruticans* en contenedor en el vivero de San Jerónimo, Sevilla (Foto: R.M. Navarro Cerrillo).

4. Uso en repoblaciones y restauraciones

Al igual que con otras especies de matorral mediterráneo, la olivilla blanca se ha utilizado poco en trabajos de repoblación forestal, aunque es una especie frecuente en jardinería. En los últimos años ha habido un creciente interés por el uso de nuevas especies en trabajos de restauración. Las especies ensayadas han sido principalmente aquellas propias de arbustados y matorrales seriales y subseriales, potenciando aquellas con un sistema radical bien desarrollado, una mayor capacidad de cubrir el terreno, facilidad de regeneración y propagación natural y que sean mejoradoras del suelo.

En el caso de la olivilla, el establecimiento suele estar asociado a programas de restauración ecológica. Las zonas de umbría y con suelos profundos, gracias a su mayor disponibilidad de agua, suelen ser los sitios más adecuados para la revegetación con esta especie. En estos enclaves las plantas alcanzarán mayores tallas y desarrollos más rápidos, pudiendo servir de foco de nuevos propágulos. La distribución espacial debe tender a crear un mosaico irregular: mosaico de orientación (umbrías y solanas), y mosaico dendriforme (vaguadas, lomas, red de drenaje). La olivilla puede acompañar, formando pequeños rodales, a las repoblaciones con especies arbóreas, como *Pinus pinaster*, *P. pinea*, *Q. suber* y, en menor medida, *Q. ilex*. Las actuaciones de restauración tendrán lugar preferentemente en suelos de buena calidad, evitando los inmaduros, en ladera, dado el temperamento de la especie. Se considera que la olivilla puede ser una especie potencialmente interesante en las siguientes situaciones:

- Restauración de áreas afectadas por incendios, por su carácter de rebrotadora facultativa. Contribuye a formar mosaicos más productivos y estables (manchas mediterráneas).
- Recuperación de especies singulares o amenazadas, asociada a especies como *P. pinaster*, *P. pinea*, *Viburnum tinus*, *Myrtus communis* o *Pistacia terebinthus* y como refugio y alimento de fauna. En conjunto, los matorrales contribuyen al aumento de nichos ecológicos y a una mayor diversidad de flora y fauna, como por ejemplo, las dehesas de olivilla del Parque Nacional de Cabañeros.
- Trabajos de restauración con fines de recreo y de mejora del paisaje, en particular en Espacios Naturales Protegidos.

5. Planificación de la repoblación

El método de establecimiento de la olivilla blanca en trabajos de restauración, tanto en medios forestales como en trabajos de jardinería, ha sido la plantación. En el caso de actuaciones en el medio natural, donde las posibilidades de cuidados culturales son muy limitadas, la plantación debe hacerse en otoño, aunque puede ampliarse el período de establecimiento siempre que las condiciones lo aconsejen (zonas de montaña con presencia de heladas). En caso contrario, hay que evitar retrasos que puedan 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 dependerá del objetivo y las condiciones del sitio de establecimiento, pudiendo utilizarse plantas de una savia en

contenedor forestal o plantas de 2-3 savias en envase de gran volumen. Es importante adecuar el tipo de planta que se produce en el vivero al objetivo de la repoblación, y así evitar fracasos en el establecimiento o costes innecesarios. Como regla general, cuanto más fácil sea ejecutar los cuidados culturales, en particular el riego, más grande puede ser el tamaño de la planta utilizada.

Las labores más frecuentes para la eliminación de la vegetación en plantaciones de esta especie consisten en desbroces puntuales, que deben efectuados con cuidado para no afectar a especies que actúen como facilitadoras. Para ello puede realizarse un desbroce manual con motodesbrozadoras. En los suelos forestales en plantaciones mixtas el procedimiento de preparación comúnmente utilizado en el establecimiento de la olivilla es el ahoyado, preferiblemente mecanizado. La intensidad de estas actuaciones debe ser alta, aunque dependerá de las características del medio a repoblar. Así, en repoblaciones de esta especie se debe procurar:

- abrir hoyos de tamaño medio (mínimo 20 x 20 x 20 cm ó 40 x 40 x 40 cm); por lo que, siempre que sea posible, se debe recurrir a preparaciones mecanizadas en baja densidad.
- elegir las condiciones de microhábitat más adecuados para la especie, teniendo en cuenta la elevada heterogeneidad en espacios relativamente pequeños, evitando suelos de muy mala calidad, con tendencia al encharcamiento.

No se han realizado experiencias en relación con la densidad y distribución en la plantación de esta especie. Teniendo en cuenta que la olivilla blanca suele beneficiarse de una cierta protección, parece más conveniente la repoblación por golpes, localizados en los sitios más favorables, dejando sin repoblar las zonas con más dificultad. En las partes bajas de ladera, junto a la red de drenaje y en las superficies con mayor disponibilidad hídrica y mayor profundidad de suelo, puede aplicarse una mayor densidad (en torno a 200 pies ha⁻¹), que irá disminuyendo progresivamente hacia las partes altas y zonas convexas, que se dejarían para otras especies menos exigentes y en densidad variable (<100 pies ha⁻¹). La estructura creada conseguirá proporcionar una matriz de vegetación más compleja y, al ser moderada la competencia, las plantas se mantendrán con un elevado vigor vegetativo. El establecimiento de la olivilla blanca no requiere cuidados culturales especiales, si bien es cierto que se beneficia de los riegos de establecimiento y mantenimiento que se puedan realizar durante los primeros años. Puede ser aconsejable el uso de tubos protectores, dado el temperamento de la especie y su alta palatabilidad, que la hace muy atractiva para los herbívoros. En zonas de montaña, puede ser innecesario el control de la vegetación competidora, por lo que es más recomendable el uso de mallas protectoras, evitando tubos cerrados que pueden producir daños a la planta.

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].

BAYÓN M.I., 1990. Revisión taxonómica del género *Teucrium* (Labiatae) excl. sect. *Polium* (Miller) Schreber. en la Península Ibérica e Islas Baleares. Universidad de León, León.

MANZANARES P., GÓMEZ-CAMPO C., TORTOSA M.E., 1983. Estudios sobre el indumento de las especies ibéricas y baleáricas del género *Teucrium* L. (*Lamiaceae*). Anal. Jard. Bot. Madrid 40(1), 93-106.

NAVARRO T., CABEZUDO B., 1995. La inflorescencia en las especies del género *Teucrium* L. (*Lamiaceae*) presentes en la Península Ibérica y Baleares. Acta Bot. Mala. 20, 165-171.

RUIZ DE LA TORRE J., 2006. Flora Mayor. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Dirección General para la Biodiversidad, Madrid. pp. 1497-1504.

Thymbra capitata (L.) Cav.

Tomillo, tomillo real, tomillo carrasqueño, tomillo andaluz, tomillo aceitunero

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

1. Descripción

1.1. Morfología

El tomillo real es una mata ramosa, baja o mediana, de hasta 40 cm de altura. Presenta hojas lineares o linear-lanceoladas, trígonas, planas por la cara superior y con ángulo convexo axial por el envés (Ruiz de la Torre, 2006) (Fig. 1).

1.2. Biología reproductiva

La inflorescencia, de 15 x 10 mm, es capituliforme. Las flores presentan el cáliz muy aplastado dorsiventralmente y de bordes aquillados y la corola generalmente purpúrea, rosa fuerte, a veces blanca (López-González, 1982; Morales, 1987; Blanca *et al.*, 2009). La floración se produce principalmente desde mayo hasta finales de junio, esporádicamente en otros meses del año como en septiembre; se han visto testigos en noviembre y enero (Morales, 1986). El fruto está formado por núculas esferoidales, de 0,7-0,8 mm, marrón claras (Fig 1 y Fig 2).

1.3. Distribución y ecología

Es una especie circunmediterránea. Está presente en todas las islas mayores del Mediterráneo, excepto en Menorca y Córcega. En la Península Ibérica aparece en la mitad sur, desde Estremadura (Portugal) hasta Alicante por la zona costera, excepto en Andalucía, donde penetra hacia el interior (Fig. 3).

Es una especie muy rústica. Tolerancia la sequía estival y los fríos invernales, si bien no admite las heladas, al menos de joven. Vive sobre cualquier tipo de sustrato, aunque prefiere los ricos en bases; aparece tanto en rocas calizas como en derrubios margosos e, incluso, sobre arenas en pinares de *Pinus pinea*. Tiene preferencia por lugares secos y soleados con escaso recubrimiento vegetal y habita sobre suelos esqueléticos o pedregosos, desde el nivel del mar hasta 800 m de altitud. Es una especie característica de bosques esclerófilos (*Quercus ilex*, *Q. coccifera*) e formaciones intrazonales de rupícolas y karstícolas constituidos por especies calcícolas (*Helianthemum origanifolium* subsp. *andalusicum*, *Sideritis reverchonii*, *Ulex baeticus* subsp. *scaber*, *Rhamnus alaternus*, *Rh. lycioides*, *Ephedra fragilis*, etc.).



Figura 1. Fructificación de *Thymbra capitata* (Foto: Red de Viveros de Andalucía).



Figura 2. Semillas de *Thymbra capitata* (Foto: Red de Viveros de Andalucía).

2. Materiales forestales de reproducción

2.1. Marco normativo. Identificación de los materiales de reproducción

El tomillo real no está incluido 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



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

forestación. Se trata de una especie catalogada como “De interés especial” en la Región de Murcia (D. 50/2003) y como “Vigilada” en la Comunidad Valenciana (D. 70/2009).

2.2. Técnicas de manejo y propagación

2.2.1. Semillas

El procesado de los frutos se realiza mediante trillado, cribado y aventado. La luz del tamiz recomendada para su cernido es 1,2 mm. Tras el acondicionamiento por este método se consigue una pureza del lote en torno al 60% (Tabla 1). Una vez limpias, las semillas se almacenan a 3-4 °C en cámara frigorífica hasta su fecha de siembra. En lotes almacenados durante siete años en estas condiciones no se ha detectado disminución en su calidad.

El porcentaje de germinación suele ser superior al 80%, clasificándose esta especie como de germinación alta. Así, Blanco (2005) y Blanco *et al.* (2009) obtienen valores de 92% de germinación y velocidad de germinación rápida. Las semillas son tolerantes a la desecación, definiéndose su comportamiento como ortodoxo.

Tabla 1. Datos característicos de lotes de semillas de *Thymbra capitata*.

Rendimiento semilla/fruto (% en peso)	Pureza (%)	Facultad germinativa (%)	Nº semillas kg ⁻¹	Referencia
3,43	60-89	81-87	3.846.153-4.968.444	Red de Viveros de Andalucía

3. Producción de plantas

El tomillo real se cultiva principalmente en alvéolo forestal (Fig. 4), aunque también puede hacerse en maceta de 1 litro. La planta tipo para trabajos de restauración forestal se cultiva en envases forestales de 400 cm³, a una savia, obteniéndose un tamaño final de 15-20 cm, con un sistema radical bien conformado. Si se va a mantener durante más tiempo en condiciones de vivero necesita un envase de mayor capacidad.

Esta especie se propaga muy bien por semilla. La siembra se realiza en primavera temprana, aunque puede sembrarse desde el otoño. Debe ser muy superficial, debido al pequeño tamaño de las semillas (<1 mm). No se recomienda ningún tratamiento pregerminativo. La emergencia tiene lugar a partir de los 7-10 días, pudiéndose dar por finalizada en un mes, llegando a alcanzar valores superiores al 80%. Se puede sembrar en bandejas semillero, ya que admite bien el trasplante, o directamente en alvéolo forestal o maceta. En este caso debe tenerse en cuenta la cantidad de semillas que se emplean por alvéolo, pues, dado su buena germinación y el pequeño tamaño de las mismas, pueden obtenerse demasiadas plantas por alvéolo. Estas altas densidades en cultivo conllevan el crecimiento inadecuado de los brinzales y la competencia entre ellos a medida que se van desarrollando. Por ello, se recomienda no limpiar el lote en exceso o mezclar las semillas con arena del mismo grosor con el fin de distribuir un menor número de semillas en cada alvéolo. Se emplean sustratos con formulaciones convencionales a partir de componentes orgánicos del tipo turba rubia, turba de humus o fibra de coco principalmente (>75%



Figura 4. Cultivo de *Thymbra capitata* en envases Forestpot 300 (Foto: Red de Viveros de Andalucía).

en volumen) y algún componentes inorgánico como perlita, vermiculita o arena de río (<25% en volumen). En la mayor parte de los viveros que producen tomillo real se tiende a incorporar un fertilizante de liberación lenta como agregado en la formulación del sustrato, siendo muy frecuente el uso de dosis de 2 g l⁻¹ sustrato de un fertilizante tipo 18-11-10 (8-9 meses) ó 2,5 gl⁻¹ sustrato tipo 14-8-15 (8-9 meses).

4. Uso en repoblaciones y restauraciones

Al igual que con otras especies de matorral, el tomillo real se ha empezado a utilizar muy recientemente en trabajos de restauración, en particular en jardinería y revegetación asociada a 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 tomillo real es potencialmente interesante en las siguientes situaciones:

- Dado su temperamento y rusticidad resulta particularmente apto para trabajos de restauración con fines de recreo, revegetación de taludes y de mejora del paisaje, tanto en el medio natural como en áreas urbanas (Fig. 5). Es frecuente verla en isletas de autopistas o en labores de mejora paisajística de grandes infraestructuras, en particular en las autopistas del sur peninsular, formando setos.

- Xerojardinería, donde es una especie muy frecuente, encontrándose en muchos parques periurbanos, jardinería urbana y paisajismo, pudiendo destacar por su utilización para la formación de setos (Gómez Mercado *et al.*, 2009).

5. Planificación de la repoblación

El método de repoblación más frecuente para el tomillo real, 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. 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), evitando 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 está condicionada por el objetivo y las condiciones de establecimiento, pudiéndose utilizar plantas de una savia en contenedor forestal o en maceta (>1.000 cm³). Es importante adecuar el tipo de planta que se produzca en vivero al objetivo de la repoblación, y así evitar fracasos en el establecimiento o costes innecesarios.



Figura 5. Uso de *Thymbra capitata* en jardinería (Foto Miguel A. Lara Gómez).

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

Los procedimientos de preparación utilizados en el establecimiento del tomillo real también están supeditados al objetivo la plantación; en plantaciones mixtas en suelos forestales pueden efectuarse preparaciones puntuales mediante ahoyado convencional. La intensidad de estas actuaciones dependerá de 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 las siguientes recomendaciones:

- Procurar abrir hoyos de tamaño medio (40 x 40 x 40-20 cm); por ello, siempre que sea posible, deben efectuarse preparaciones manuales en baja densidad.
- Elegir el lugar de establecimiento en las condiciones edáficas más adecuadas para la especie, teniendo en cuenta la elevada heterogeneidad en espacios relativamente pequeños; en este sentido debe evitarse los suelos de muy mala calidad, con tendencia al encharcamientos, etc.

Cuando se realizan restauraciones en suelos descubiertos, la preparación del suelo puede ser areal, simultánea a la eliminación de la vegetación, mediante laboreos con arado de vertedera (evitar en suelos con caliza activa). No parece recomendable realizar preparaciones lineales más intensas, como los subsolados. La densidad de plantación de esta especie no ha sido estudiada, aunque por sus características parece recomendable que sea baja, con el fin de conseguir formaciones constituidas por un número mínimo de pies, buscando el máximo de vitalidad, protección y sombra con el mínimo de competencia intraespecífica. No obstante, las especies de *Thymbra* pueden utilizarse en densidades elevadas en trabajos de ingeniería ambiental (en torno a 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 plantones. En estas actuaciones se usa *mulch* de corteza para evitar la invasión de vegetación y la pérdida de humedad en el suelo.

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].

BLANCA G., CABEZUDO B., CUETO M., FERNÁNDEZ LÓPEZ C., MORALES R. (eds.), 2009. Flora vascular de Andalucía Oriental. Volumen 4: *Verbenaceae-Asteraceae*. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, Sevilla.

BLANCO J., 2005. Contribución al conocimiento de los recursos fitogenéticos de Extremadura: el caso de los tomillos. Tesis doctoral. Universidad de Extremadura, Badajoz.

BLANCO J., RUIZ TÉLLEZ T., VÁZQUEZ F., 2009. A contribution to *ex situ* conservation of Mediterranean thymes: germination trials. *Acta Bot. Mala.* 34, 39-55.

GÓMEZ MERCADO F., GIMÉNEZ E., DELGADO FERNÁNDEZ I., DE HARO S., DEL MORAL F., 2009. Estimación de los rangos de tolerancia a los factores ambientales de diversas especies mediterráneas de interés ecológico-forestal. *Lazaroa* 30, 145-159.

LÓPEZ GONZÁLEZ G.A., 1982. La guía INCAFO de los árboles y arbustos de la Península Ibérica. Ed. INCAFO, Madrid.

MORALES R., 1986. Taxonomía de los géneros *Thymus* (excluida la sección *Serpyllum*) y *Thymbra* en la Península Ibérica. *Ruizia*, Tomo 3. Monogr. Real Jard. Bot. Madrid.

MORALES R., 1987. *Thymbra* L. En: Flora Vasculare de Andalucía Occidental (Valdés B., Talavera S., Fernández-Galiano E., eds.). Barcelona.

RUIZ DE LA TORRE J., 2006. Flora Mayor. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Dirección General para la Biodiversidad, Madrid. pp. 1522-1523.

***Thymus baeticus* Boiss. ex Lacaita**

Tomillo, tomillo basto, tomillo fino, tomillo gris, tomillo limonero, tomillo macho

***Thymus mastichina* L.**

Almoradux, almorahú, cantueso, escombrilla, marahú, mejorana, mejorana de monte, mejorana silvestre, tomillo blanco, tomillo de las aceitunas, tomillo macho, tomillo salsero, sarilla; *cat.*: marduix silvestre, moradux bord; *eusk.*: mendaro, mendaroa; *gall.*: herba do cravo, mellorana, tomelo, tomentelo, tomillo branco

***Thymus vulgaris* L.**

Tomillo ansero, tomillo borde, tomillo caliza, tomillo común, tomillo de a pie, tomillo negrillo, tomillo rojo, tomillo royo, tomillo salsero, tomillo vulgar, tremoncillo; *cat.*: estremoncillo, estremunsell, farigola, farigoleta, frigola, sajolida, senyorida, tem, timó, timó normal, timoncillo, timonet, tomani, tomello vulgar; *eusk.*: elharr, erle-bedarr, ezkaia, ispillu, tomillua; *gall.*: tomelo, tomentelo

***Thymus zygis* Loefl. ex L.**

Tomillo, tomillo aceitunero, tomillo albar, tomillo ansero, tomillo blanco, tomillo español, tomillo fino, tomillo negrillo, tomillo risquero, tomillo salsero, tomillo sansero, salsero, salseta de pastó; *cat.*: farigola salsera

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

1. Descripción

1.1. Morfología

Estas especies de tomillo son matas perennes, sufruticosas, con sistema radical extendido, en general poco profundo. Las hojas son simples, dispuestas en macroblastos y pequeños mesoblastos axilares, opuestas, persistentes, pequeñas, enteras, punteadas, con glándulas de aceites esenciales y con pecíolo corto o sentadas. En la Tabla 1 se ofrecen, para las cuatro especies tratadas en este capítulo, rasgos de diagnóstico que facilitan su reconocimiento,

si bien algunas son muy polimorfas; además, la existencia de híbridos entre taxones que comparten territorio dificulta aún más la taxonomía del género (Morales, 2010).

Tabla 1. Rasgos morfológicos que facilitan la identificación de *Thymus baeticus*, *Th. mastichina*, *Th. vulgaris* y *Th. zygis* (Morales, 2010).

	<i>Thymus baeticus</i>	<i>Thymus mastichina</i>	<i>Tymus vulgaris</i>	<i>Thymus zygis</i>
Porte	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Erecto, a veces decumbente ▶ 15-50 cm 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Erecto ▶ Hasta 50 (80) cm 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Erecto, a veces decumbente ▶ 10-40 cm 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Erecto o decumbente y radicante ▶ 10-30 cm
Hojas	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 4-7 x 0,6-2 mm ▶ Revolutas ▶ Pelosas, con pelos recios, de disposición y densidad variable ▶ Con cilios en la base ▶ Lineares, a veces linear-lanceoladas 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 3,5-13 x 1-4 mm ▶ Planas ▶ Heteromorfas: las invernantes más pequeñas, densamente pelosas; las de tallos jóvenes verdes, glabrescentes ▶ Sin cilios en la base ▶ Elípticas o lanceoladas 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 3,5-6,5 x 0,8-3 mm ▶ Generalmente revolutas ▶ Pelosas ▶ Sin cilios en la base ▶ Lineares a ovado-lanceoladas 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 4,5-9 x 0,6-1 mm ▶ Revolutas ▶ Glabras ▶ Con cilios en la base ▶ Lineares
Inflorescencia	▶ Capituliforme	▶ Espiciforme o globosa	▶ Capituliforme o espiciforme	▶ Espiciforme
Brácteas	▶ Diferentes a las hojas, pero del mismo color y consistencia		▶ Iguales a las hojas, a veces más anchas	▶ Iguales a las hojas, a veces más anchas
Cáliz	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 3-3,5 mm ▶ Dientes superiores ≤1 mm, sin cilios o con cilios rudimentarios ▶ Densamente peloso o tomentoso 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 4-7 mm ▶ Dientes superiores mucho más largos que el tubo, ciliados 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 3,5-5,5 mm ▶ Dientes superiores ciliados o no 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 2,5-5 mm ▶ Dientes superiores ≤1 mm, no ciliados
Corola	<ul style="list-style-type: none"> ▶ <3,5 mm ▶ Crema o blanquecino 	▶ Blanco o crema	<ul style="list-style-type: none"> ▶ ≤5 mm ▶ Más o menos rosado 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ ≤6 mm ▶ Blanco o crema

1.2. Biología reproductiva

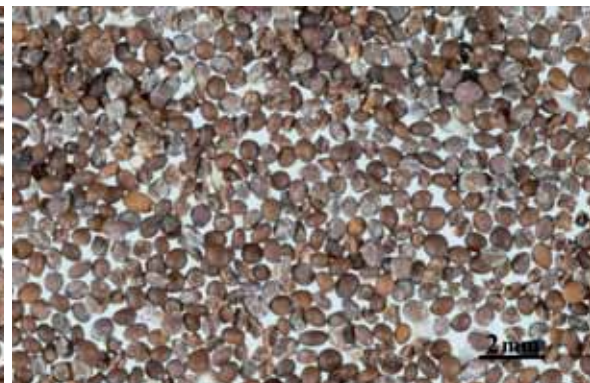
Las flores son hermafroditas o femeninas, estas últimas más pequeñas. Se agrupan en inflorescencias con verticilastros más o menos densos y con brácteas que pueden ser

similares a las hojas o no. Presentan cáliz bilabiado, con labio superior generalmente con tres dientes triangulares más o menos agudos y labio inferior con dos dientes alesnados y ciliados, y corola bilabiada tubular (Morales, 2010). Los estambres, en número de cuatro, son generalmente exertos. El estigma es bifido (Ruiz de la Torre, 2006). En la Tabla 1 se indican características de los órganos reproductores de las diferentes especies, algunas de las cuales resultan útiles para la determinación taxonómica.

Son plantas de polinización entomófila, con escasa producción de polen. La fructificación se produce de forma algo escalonada durante el final de la primavera y el verano. El fruto es una núcula de hasta 1 mm, ovoidea u oblonga, lisa, pardo-oscura o negruzca. Generalmente se forman una o dos núculas fértiles por cáliz, raramente tres, y en casos muy aislados cuatro. La semilla es pequeña, redondeada, picuda, de cubierta seminal lisa de color marrón hasta negro (Fig. 2). Se reproducen fácilmente por semilla y presentan una cierta capacidad de rebrote, variable según la especie.



Figura 1. Floración de *Thymus mastichina* (Foto: Red de Viveros de Andalucía).



Figuras 2 a, b y c. Semillas de *Thymus mastichina*, *Th. vulgaris* y *Th. zygis* (de izquierda a derecha y de arriba a abajo).

1.3. Distribución y ecología

El género *Thymus* comprende un gran número de especies –más de 200 o de 350 según la subdivisión taxonómica considerada, variable según autores (Morales, 1997; Ruiz de la Torre, 2006)–, que se distribuyen por el continente Eurasiático, Magreb, Etiopía, Macaronesia, llegando a Groenlandia. Su centro de distribución puede situarse en el oeste del Mediterráneo, donde se encuentra el área de distribución de numerosas especies pertenecientes a diferentes secciones (Morales, 1997; Ruiz de la Torre, 2006). En España se pueden encontrar varios endemismos.

Thymus baeticus es especie endémica del sur de la Península Ibérica, encontrándose en las provincias de Almería, Granada, Jaén y Málaga, en un rango de altitud de 30-1.300 m. *Thymus mastichina* es un endemismo de la Península Ibérica, con amplia presencia en todo el territorio, a excepción del Levante y Cataluña; se encuentra desde el nivel del mar hasta los 1.800 m de altitud. *Thymus vulgaris* presenta una mayor distribución en la zona occidental mediterránea, desde España hasta Italia; es muy común en el este peninsular, desde el nivel del mar hasta los 2.000 m. *Thymus zygis* habita en el sur y sudeste de España y noroeste de África; en la Península Ibérica aparece en Albacete, Castellón, Cádiz, Córdoba, Murcia, Valencia y en todas las provincias de Andalucía oriental, en el mismo rango altitudinal que *Th. vulgaris* (Fig. 3).

Los tomillos aparecen en ambientes desde termomediterráneos a meso(supra) mediterráneos. Los terrenos donde prosperan son de naturaleza variada, si bien *Th. vulgaris* tiene preferencia por los sustratos calizos, así como también *Th. baeticus*, aunque este último puede encontrarse sobre sustratos ácidos; *Th. mastichina* prefiere los de naturaleza ácida y *Th. zygis* es indiferente a la naturaleza del sustrato. Forman parte de los matorrales mixtos, formando “tomillares” como especie dominante o mezclado con numerosas especies (géneros *Sideritis*, *Lavandula*, *Teucrium*, *Fumana*, *Santolina*, *Artemisia*, *Ononis* u otras labiadas), dentro del dominio de la vegetación esclerófila y subesclerófila. Son especies de luz, xerófilas, resisten sequías bastante acusadas y estíos largos y duros. Su crecimiento es medio o lento.

Existen numerosas variedades obtenidas de poblaciones naturales y que se utilizan en jardinería en zonas mediterráneas y atlánticas, aunque Ruiz de la Torre (2006) menciona que su clasificación ha llegado a ser “caótica”.

2. Materiales forestales de reproducción

2.1. Marco normativo. Identificación de los materiales de reproducción

Las especies del género *Thymus* no están incluidas en la normativa de comercialización de materiales forestales de reproducción. No obstante, en la Región de Murcia (D. 50/2003) es necesario contar con la autorización administrativa previa para efectuar el aprovechamiento de cualquier especie de *Thymus*, que incluye, por lo tanto, la recolección de sus semillas. Con el objetivo de promover la conservación de los recursos genéticos de las poblaciones naturales se recomienda el uso de materiales de la misma región ecológica en la que se va a efectuar la forestación.

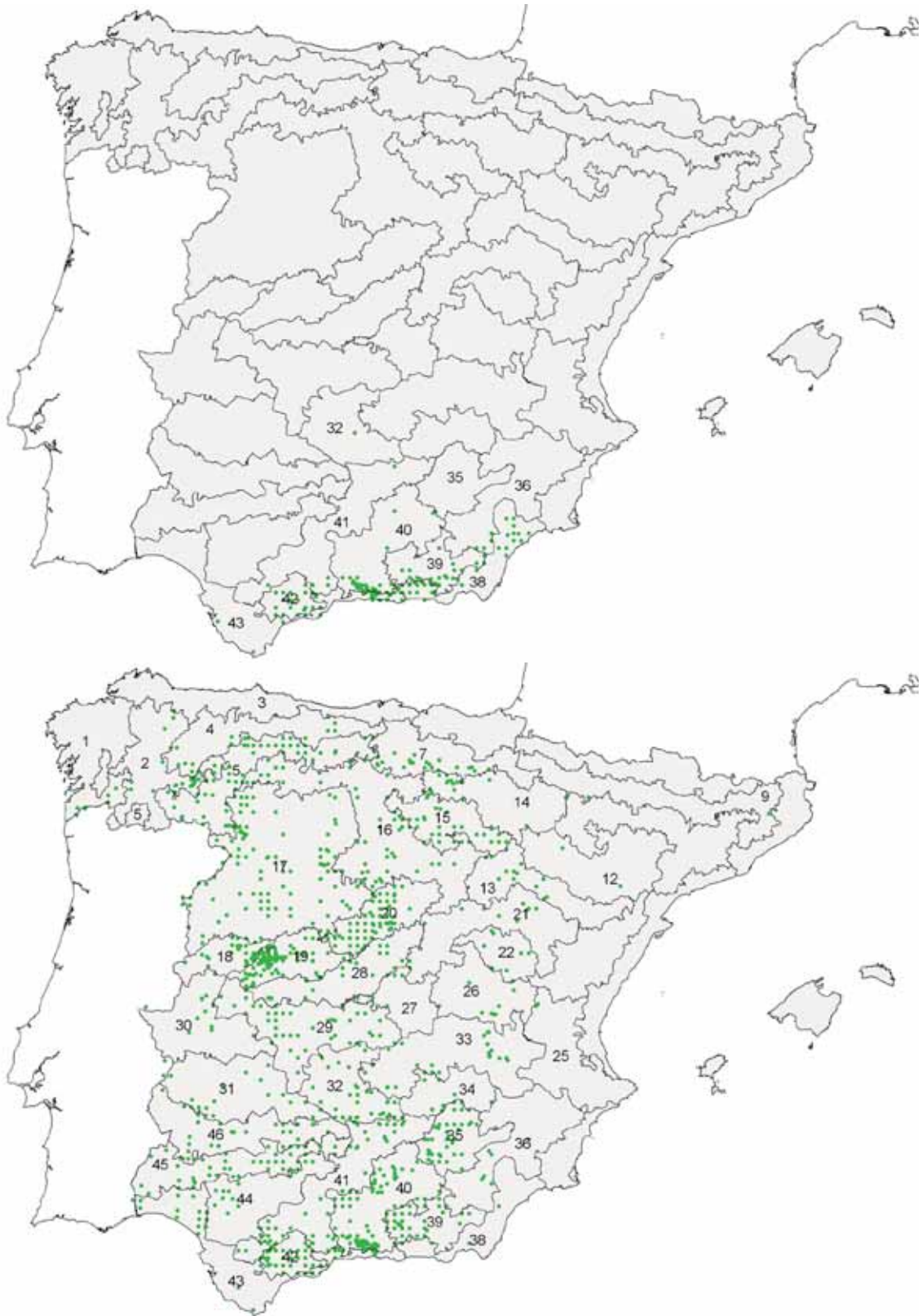


Figura 3 a y b. Distribución de *Thymus baeticus* y *Th. mastichina* y Regiones de Identificación de sus materiales de reproducción (Fuente: Anthos).

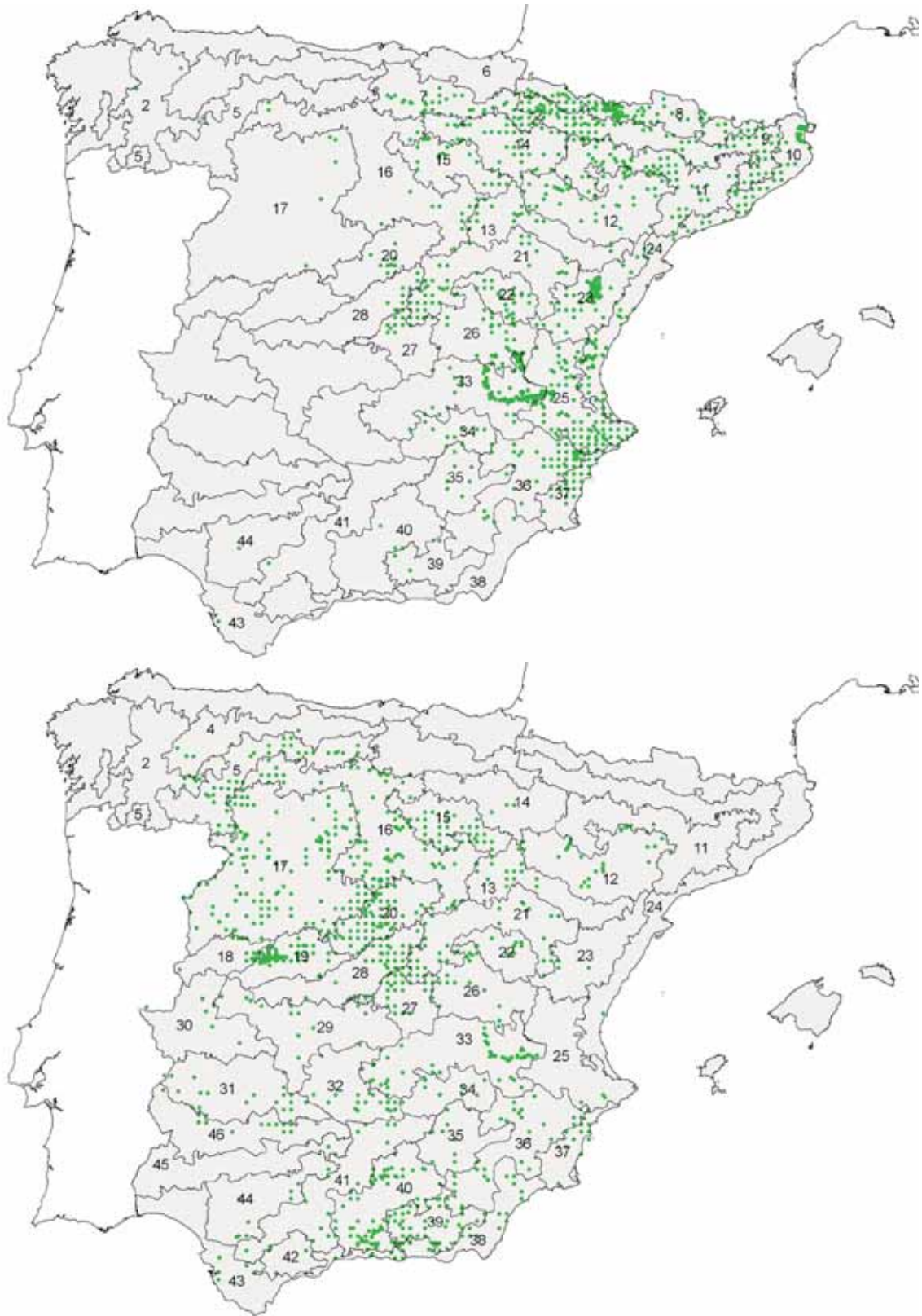


Figura 3 c y d. Distribución de *Thymus vulgaris* y *Th. zygis* y Regiones de Identificación de sus materiales de reproducción (Fuente: Anthos).

Ninguna de las cuatro especies de tomillo tratadas en la presente ficha está incluida en normativas de protección de flora (excepto la ya mencionada de la región murciana).

2.2. Técnicas de manejo y propagación

2.2.1. Semillas

La colecta se realiza por ordeño manual, desde agosto hasta septiembre, pudiéndose adelantar o retrasar ligeramente en función de la especie y la localidad en la que se realice, ya que el granado del propágulo es muy variable. La extracción de la semilla se realiza mediante trillado, aventado y método densimétrico, con un rendimiento aproximado sobre fruto del 2,8%. La luz del tamiz recomendada para la limpieza de las especies de este género es de 1,2 mm. No se considera necesario ningún tratamiento, ni siquiera el desmenuzado de las núculas, que es una tarea muy costosa (Ruiz de la Torre, 1996). Las semillas son ortodoxas y, una vez limpias, se almacenan a 3-4 °C en cámara frigorífica hasta su fecha de siembra. Blanco *et al.* (2009) han estudiado los procesos de germinación de las semillas de siete tomillos endémicos o amenazados de la región mediterránea, calificando la germinación de *Th. mastichina* como moderada o alta, y su velocidad de germinación rápida o muy rápida (59-92%). En otras especies del género (*Th. longiflorus*, *Th. membranaceus* y *Th. richardii*) se han obtenido, sin tratamiento previo, porcentajes de germinación adecuados (entre 25 y 100%), a 16, 21 y 26 °C (Ayerbe y Ceresuela, 1982; Varela, 2003).

La germinación de los tomillos es epigea. Las plántulas presentan hojas primordiales semejantes a las adultas (Ruiz de la Torre, 1996).

Tabla 2. Datos característicos de lotes de semillas de *Thymus baeticus*, *Th. mastichina* y *Th. zygis*.

Rendimiento semilla/fruto (% en peso)	Pureza (%)	Facultad germinativa (%)	Nº semillas kg ⁻¹	Referencia
<i>Thymus baeticus</i>				
	98	95	4.750.000	Navarro-Cerrillo y Gálvez (2001)
<i>Thymus mastichina</i>				
	89	77	>1.000.000	Navarro-Cerrillo y Gálvez (2001)
<i>Tymus zygis</i>				
	90	95	>1.000.000	Navarro-Cerrillo y Gálvez (2001)
2,8	93		4.000.000	Red de Viveros de Andalucía

2.2.2. Vegetativa

Se han propuesto algunos métodos de propagación vegetativa para especies del género *Thymus*, dado su interés industrial, ornamental y terapéutico (Cases, 2007). El método más sencillo consiste en el uso de esquejes de 8 a 12 cm, lignificados y procedentes de plantas madre jóvenes, sobre un sustrato suelto, preferiblemente turba:perlita (2:1 volumen), en

mesas de enraizamiento con calefacción basal (18-23 °C). En el caso de *Th. zygis* se recomienda utilizar esquejes apicales tratados con ácido indolbutírico (AIB con 40 g l⁻¹, durante 1 segundo; 75% de enraizado entre la quinta y la octava semana) (Moreno, 1995). En otras especies del género, como *Th. hyemalis*, se ha recomendado un tratamiento con concentraciones de 150 mg l⁻¹ de AIB que parecen mejorar el enraizamiento (Casas-Martínez *et al.*, 2000).

3. Producción de plantas

La planta tipo de *Thymus* para trabajos de restauración forestal se cultiva en envases forestales de 200-300 cm³, a una savia, obteniéndose un tamaño final entre 15-20 cm, con un sistema radical bien conformado (Fig. 4), aunque también pueden utilizarse envases de mayor volumen, tipo maceta (1.000 cm³), para planta destinada a restauración de infraestructuras y paisajismo (Franco *et al.*, 2005 a, b y c; Cabot *et al.*, 2004). Las especies del género *Thymus*, en general, se propagan bien por semilla. La siembra se debe realizar a finales de invierno o principios de primavera, a una profundidad de 1,5-2 mm. Una vez realizada la siembra, la germinación se puede observar a partir de los 7-10 días. El porcentaje de germinación suele ser superior al 60%, por lo que no se considera necesario realizar tratamiento pregerminativo alguno. Estas especies admiten el trasplante, pero como presentan buenos porcentajes de germinación es más recomendable hacer siembra directa en alvéolo forestal, controlando la dosis de siembra. Sustratos con formulaciones



Figuras 4 a y b. Plantas de *Thymus mastichina* (derecha) (Foto: CNRGF El Serranillo) y de *Th. vulgaris* (izquierda) (Foto: J. Pemán) de una savia cultivadas en contenedor de 200 cm³ y de 250 cm³, respectivamente.

convencionales en viveros 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) o en formulaciones de turba rubia:fibra de coco:perlita:arena de río (2:1:1:1 volumen) (Martínez-Sánchez *et al.*, 2008).

Como ocurre con otras muchas especies, no se dispone de formulaciones y dosis de fertilizantes propias para su cultivo, por lo que el viverista tiene que ir adecuando el programa de fertilización a la evolución del cultivo y a sus particulares condiciones de producción (tipo de sustrato, calidad del agua de riego, duración del cultivo y planta tipo, principalmente). En la mayor parte de los viveros que producen tomillos, se tiende a la incorporación de un fertilizante de liberación lenta como agregado en la formulación del sustrato, siendo muy frecuente el uso de dosis de 2 g l⁻¹ sustrato de un fertilizante tipo 10-8-10 (3-4 meses) (Martínez-Sánchez *et al.*, 2008). En general, con estas dosis de fertilización no se han observado problemas de crecimiento ni deficiencias nutricionales en cultivos a una savia. En el caso de prolongar el cultivo, debería mantenerse un cierto control para asegurar los requerimientos nutricionales durante todo el período. El tomillo admite muy bien el recorte, por lo que aunque la parte aérea tenga un crecimiento excesivo en vivero, se pueden hacer podas aéreas sin que sea contraproducente para el desarrollo y crecimiento de la planta. Se han realizado ensayos de preacondicionamiento en vivero, con frecuencias de riego bajas, lo que permite optimizar la producción de biomasa y aceites (Kazaiea *et al.*, 2008).

4. Uso en repoblaciones y restauraciones

Al igual que otras especies de matorral, en los últimos años los tomillos han sido muy utilizados en trabajos de restauración, en particular, en áreas críticas (Ruiz de la Torre, 1996) y de infraestructuras. Son especies potencialmente interesantes en las siguientes situaciones:

- Recuperación de especies singulares amenazadas de flora y de fauna (asociadas a especies como *Anthyllis cytisoides*, *Genista spartioides*, *Lavandula* spp., *Chamaerops humilis*, *Salsola genistoides*). En conjunto, los matorrales contribuyen al aumento de nichos ecológicos en zonas semiáridas (mayor diversidad de flora y fauna).
- Restauraciones especiales en zonas muy degradadas y erosionadas (áreas críticas o *bad lands*), donde se ha ensayado la incorporación de biosólidos y residuos sólidos urbanos (Illera *et al.*, 2001).
- Plantaciones intensivas de producción de aceites esenciales, condimentos y miel, utilizando material genético seleccionado. El diseño de la plantación debe adecuarse para optimizar la capacidad productiva de la estación, así como el cultivo y la cosecha de su material vegetal. El mantenimiento de estas plantaciones es el propio de un cultivo leñoso, por lo que es necesario aplicar con regularidad prácticas de control de la competencia, fitorremediación y control de plagas y enfermedades (Varela, 2003).
- Xerojardinería, donde es frecuente verla en medianas de carreteras, isletas de autovías o en labores de mejora paisajística de grandes infraestructuras, en

particular en las autovías del sur y del Levante peninsular (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 los tomillos, tanto en medios forestales como en trabajos de jardinería, ha sido la plantación (Fig. 5). La opción de la siembra directa en campo puede ser adecuada a algunos emplazamientos, como taludes de carretera y obras de ingeniería ambiental, con dosis altas de siembra y con un riego posterior (Ruiz de la Torre, 1996).

En el caso de plantaciones en el medio natural, donde las posibilidades de cuidados culturales son muy limitadas, la plantación debe hacerse en otoño y 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), mayor puede ser el tamaño de la planta utilizada. En terrenos sin vegetación puede ser recomendable un tratamiento areal para eliminar la vegetación herbácea, que ejerce una fuerte competencia



Figura 5. Utilización de tomillo en jardinería (Foto: M.A. Lara).

sobre la planta (Ruiz de la Torre, 1996). Los procedimientos de preparación utilizados en el establecimiento del tomillo vienen condicionados por los tipos de trabajos de restauración mencionados previamente, por lo que puede utilizarse preparación puntual mediante casilla convencional (suelos forestales en plantaciones mixtas) (Fig. 5). En todos los casos se deberá adecuar el lugar de establecimiento a las condiciones edáficas (teniendo en cuenta la elevada heterogeneidad en espacios relativamente pequeños), por lo que la elección del lugar de plantación irá adecuándose a los microhábitats mejores para la especie. No parecen recomendables las preparaciones lineales más intensas (tipo subsolados).

La densidad de plantación de esta especie no ha sido estudiada, aunque por sus características ecológicas debería ser baja (densificación, enriquecimiento o establecimiento por pequeños rodales), con el objetivo de conseguir formaciones constituidas por un número reducido de pies, buscando el máximo de vitalidad, de protección y de sombra con el mínimo de competencia intraespecífica. No obstante, el tomillo puede utilizarse en densidades elevadas en trabajos de ingeniería ambiental (marcos de 0,5 a 1 m). La estructura creada conseguirá proporcionar una matriz de vegetación más compleja y, al ser moderada la competencia, las plantas se mantienen con un elevado vigor vegetativo y una buena ramificación. 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].
- AYERBE L., CERESUELA J.L., 1982. Germinación de especies endémicas españolas. *Anal. INIA Ser.For.* 6, 17-41.
- BLANCO J., RUIZ TÉLLEZ T., VÁZQUEZ F. 2009. A contribution to *ex-situ* conservation of mediterranean thymes: germination trials. *Acta Bot. Mala.* 34, 39-55.
- CABOT P., LLAURADÓ M., PERARNAU S., 2004. Ensayos con diferentes tratamientos hormonales para el enraizamiento de estaquillas de algunas especies autóctonas ornamentales. *Actas da Associação Portuguesa de Horticultura* 4, 173-179.
- CASAS-MARTÍNEZ J.J., VALERO M., SERNA M.D., 2000. Aplicación de baños de auxina a la micropropagación de plantas de tomillo. *Plantflor* 6, 41-44.
- CASES M.A., 2007. Las plantas aromáticas y medicinales. Descripción de las especies fundamentales. Principios activos. En: *Jornadas técnicas dedicadas a plantas aromáticas y medicinales* (INIA ed.). Brihuega (Guadalajara). Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA), Madrid. pp. 1-11.
- FRANCO J.A., GONZÁLEZ A., BAÑÓN S., FERNÁNDEZ J.A., 1998. Especies autóctonas mediterráneas para xerojardinería. *Plantflor* 2, 68-70.
- 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., FERNÁNDEZ 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., FERNÁNDEZ 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 fitoreguladores. *Agrícola Vergel* 285, 424-430.
- ILLERA V., WALTER I., CALA V., 2001. Niveles de metales pesados en *Thymus zygis* desarrollado en suelos enmendados con residuos orgánicos urbanos. *Rev. Int. Contam. Ambient.* 17(4).
- KAZAIEA H.R., NADJAFIB F., BANNAYANA M., 2008. Effect of irrigation frequency and planting density on herbage biomass and oil production of thyme (*Thymus vulgaris*) and hyssop (*Hyssopus officinalis*). *Industrial crops and products*, 27: 315—321.
- 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.
- MORALES R., 2010. *Thymus* L. En: Flora Ibérica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares. Vol XII. *Verbenaceae-Labiatae-Callitrichaceae*. (Castroviejo S., Morales R., Quintanar A., Cabezas F., Pujadas A.J., Cirujano S., eds.). Real Jardín Botánico, Madrid. pp. 349-409.
- MORALES R., 1997. Synopsis of the genus *Thymus* L. in the mediterranean area. *Lagascalia* 19(1-2), 249-262.
- MORENO R. (ed.), 1995. Recuperación de flora autóctona andaluza con fines ornamentales. Monografía 13/95. Junta de Andalucía, Sevilla.
- 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. 350-356.
- RUIZ DE LA TORRE J. (dir.), 1996. Manual de la flora para la restauración de áreas críticas y diversificación de masas forestales. Junta de Andalucía, Consejería de Medio Ambiente, Sevilla.
- RUIZ DE LA TORRE J., 2006. Flora Mayor. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Dirección General para la Biodiversidad, Madrid. pp. 1520-1522.
- VARELA F., 2003. Recursos genéticos de plantas aromáticas y medicinales no alimentarias de Castilla-La Mancha y Extremadura. Proyecto RF00-019-C6.

Tilia cordata Mill.

Tilo, teja, teja negra, tilar, texa, tella; *cat.*: tell, tell de fulla petita, til·ler, til·ler de fulla gran; *eusk.*: ezki, ezki hostotxikia, eskiya

Tilia platyphyllos Scop.

Tilo, tilar, texa, teja, tey, tilero, tillera, tejo blanco, teja blanca, tellón; *cat.*: tell, tell de fulla gran, til·ler, til·ler de fulla gran; *eusk.*: ezki, ezki hostozabala; *gall.*: tileiro

Manuel FERNÁNDEZ MARTÍNEZ, Reyes ALEJANO MONGE

1. Descripción

1.1. Morfología

Los tilos son árboles caducifolios de gran talla (30-40 m) que pueden llegar a vivir de 500 a 1.000 años. De entre los tilos europeos, *Tilia cordata* y *T. platyphyllos* habitan espontáneamente en la Península Ibérica. Asimismo, *T. x vulgaris* Hayne, considerado un híbrido de los dos anteriores, puede encontrarse en aquellos lugares donde coexisten ambas especies, presentando este último caracteres intermedios entre los dos parentales. Sus copas son densas, globosas, acorazonadas obtusas, de ramas fuertes y sus troncos derechos, robustos y con corteza agrietada longitudinalmente. Las hojas son simples, alternas, acorazonadas en la base y acuminadas en el ápice, de bordes finamente aserrados y de hasta 12-13 cm de diámetro en *T. platyphyllos* y de 6-7 cm en *T. cordata* (Svejgaard Jensen, 2003; Ruiz de la Torre, 2006).

1.2. Biología reproductiva

Las flores son hermafroditas, blanquecinas, a veces amarillentas en *T. cordata*, con pedúnculo alado hasta su mitad, agrupadas en cimas sencillas y péndulas, de 2-3 flores (a veces hasta 4-6) para *T. platyphyllos* y 6-10 para *T. cordata*. Florecen en verano, normalmente desde el comienzo de éste hasta la primera quincena de julio. *T. cordata* suele ser más tardío en su floración que *T. platyphyllos*. Cuando crecen en masa suelen madurar a los 15-30 años, pero en tilos aislados y más expuestos a la luz el cambio de fase puede adelantarse unos 10 años (García del Barrio *et al.*, 2001; Svejgaard Jensen, 2003; Radoglou *et al.*, 2008). La polinización, entomófila, es realizada por las abejas, siendo una especie melífera interesante.

El fruto es una cápsula indehiscente, globosa o piriforme y tomentosa, con pericarpio acostillado y duro, de 7-10 mm de diámetro en *T. platyphyllos*, y sin costillas y frágil y de 4,5-7 mm de diámetro en *T. cordata*. Contiene una (a veces dos) semillas en su interior,

de cubierta rígida e impermeable, de un color marrón oscuro cuando están maduras, con endospermo amarillento y embrión bien desarrollado. Los frutos maduran y caen en otoño, aunque algunos de ellos permanecen unidos a los ramillos hasta el invierno (Fig. 1). La dispersión es anemócora gracias a la bráctea foliácea que permanece unida al pedúnculo de la inflorescencia y, secundariamente, zoócora. No es frecuente la vecería, aunque sí hay años de cosecha más abundante que otros, dependiendo de las condiciones meteorológicas. Algunos años se observa un elevado porcentaje de frutos vacíos (Suszka *et al.*, 1994; Svejgaard Jensen, 2003; Ruiz de la Torre, 2006). Ambas especies brotan abundante y fácilmente de cepa y de raíz; pueden presentar en el tronco numerosos chupones.



Figura 1. Frutos de *Tilia platyphyllos* en el mes de agosto en fase de maduración (Foto: M. Fernández).



Figura 2. Semillas de *Tilia platyphyllos*.

1.3. Distribución y ecología

El hábitat natural de *T. cordata* se extiende por casi toda la Europa continental y mitad meridional de Gran Bretaña, oeste de Asia y región caucásica, siendo especialmente abundante en los Urales, Cáucaso y norte de la Península Balcánica. En el este de Europa se puede encontrar en masas puras, aunque normalmente forma parte de masas mixtas. Su rango altitudinal es muy amplio, alcanzando los 1.500-1.800 m. El límite septentrional de sus poblaciones naturales está muy correlacionado con la isoterma anual de 2 °C y la isoterma de julio de 17 °C, mientras que el límite meridional lo marca la ocurrencia de sequía estival del clima mediterráneo (Radoglou *et al.*, 2008). En la Península Ibérica aparece en los Pirineos orientales, Montseny, Cordillera Cantábrica (Picos de Europa) y País Vasco, pero siempre escaso (Ruiz de la Torre, 2006; Radoglou *et al.*, 2008). En España, sus apariciones se sitúan entre los 400 y 1.300 m (García del Barrio *et al.*, 2001; Svejgaard Jensen, 2003; Radoglou *et al.*, 2008).

Por su parte, *T. platyphyllos* se encuentra en lugares donde aparece *T. cordata*, pero es raro en el norte y este de Europa y abunda especialmente en el centro, sur y sudeste europeos. No suele ascender a más de 1.400 ó 1.500 m de altitud, aunque a veces alcanza los 1.700 m. En España se extiende un poco más que *T. cordata*, encontrándose, casi siempre aislado y escaso, en los sistemas Pirenaico-Cantábrico e Ibérico, alcanzando en la Serranía de Cuenca su límite meridional, en cotas entre los 400 y 1.200 m (García del

Barrio *et al.*, 2001; López González, 2004; Ruiz de la Torre, 2006) (Fig. 3). Se estima que la fragmentación y destrucción de sus biotopos, el escaso número de ejemplares existentes y la hibridación e introgresión generada por la domesticación de especies de tilos alóctonas causarán un impacto importante en la reserva genética de las poblaciones actuales, si no se llevan a cabo las medidas de conservación oportunas.

Por lo general, los tilos prefieren suelos francos y sueltos, húmedos y fértiles, de zonas algo sombreadas, pero toleran suelos pobres y la exposición a la luz, así como el viento y algo de polución (Dirr, 1990; Kunneman y Albers, 1991). En España, *T. platyphyllos* suele vivir en valles y gargantas, pies de ladera o acantilados, montañas bajas o medias, mezclada generalmente con otras frondosas caducifolias mesófilas, sobre sustrato calizo (muy raro sobre silíceo). Normalmente aparece junto a robles, arces, serbales, fresnos y hayas, pero también con acebos, tejos, álamos temblones, abedules, olmos, sauces, alisos y pino silvestre, entre otras especies. *T. cordata* suele acompañar al tilo anterior y es de exigencias ecológicas similares a aquél, quizás un poco más hidrófilo y menos tolerante a la luz (Blanco *et al.*, 1997; Ruiz de la Torre, 2006; Radoglou *et al.*, 2008). Toleran bien las heladas: *T. platyphyllos* tolera hasta $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ y *T. cordata* hasta $-16\text{ }^{\circ}\text{C}$; esta última especie, una vez formadas las yemas y convenientemente endurecidas, ha llegado a soportar, incluso, temperaturas de $-34\text{ }^{\circ}\text{C}$ en sus mayores latitudes europeas (Svejgaard Jensen, 2003; Radoglou *et al.*, 2008).

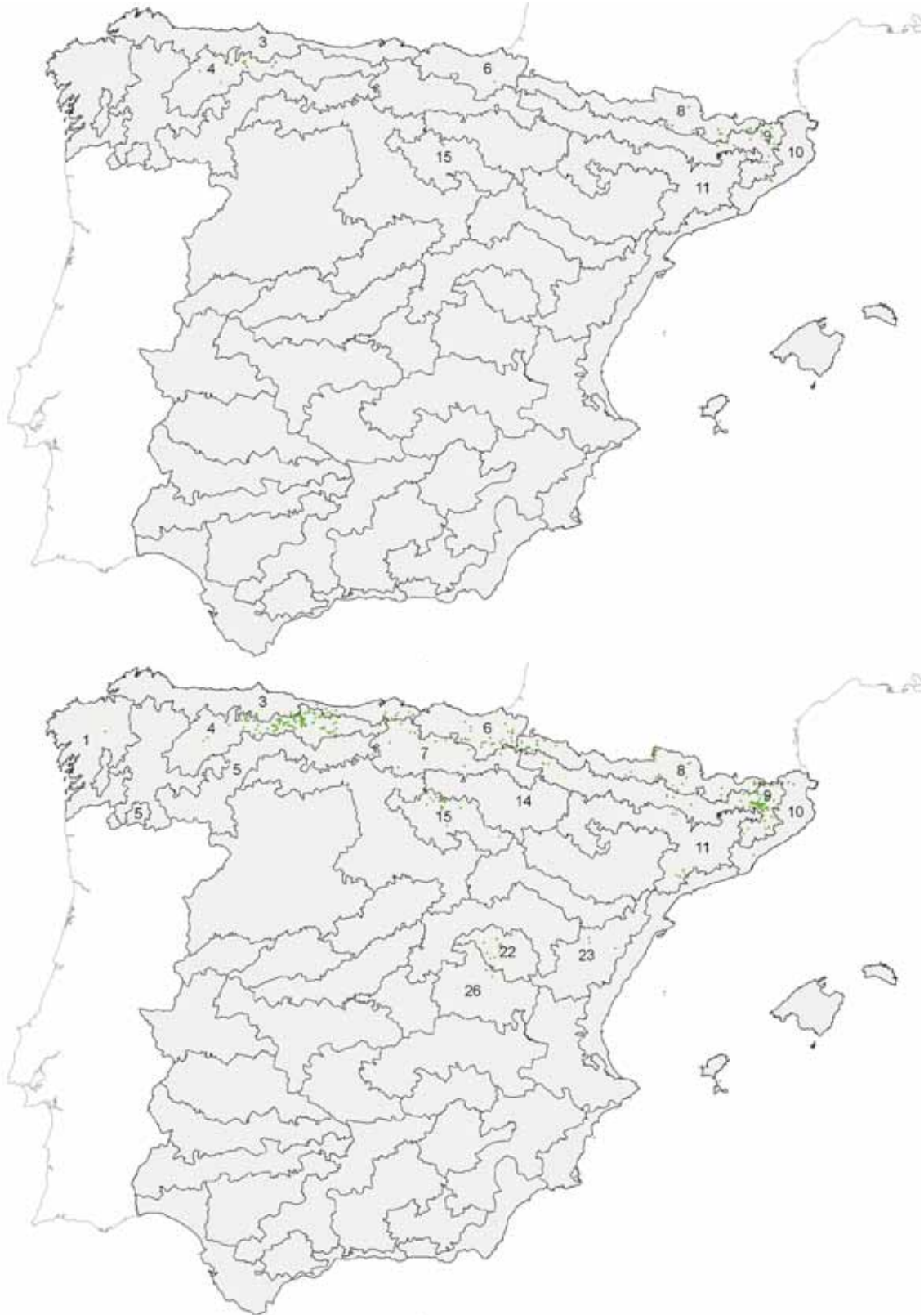
2. Materiales forestales de reproducción

2.1. Marco normativo. Identificación de los materiales de reproducción

Los materiales de reproducción de los tilos están regulados por la normativa estatal referida a la comercialización de los materiales forestales de reproducción para su uso en silvicultura, por lo que su recolección y comercialización deberán cumplir con los requisitos establecidos por la misma.

La delimitación de sus Regiones de Procedencia se ha realizado por el método divisivo (García del Barrio *et al.*, 2001). Ambos tilos se hallan presentes en las regiones 4, 8 y 9. Por su parte, *T. cordata* también aparece ocasionalmente en las regiones 3, 6, 10, 11, 13, 15, 21 y 36 (Fig. 3 a y Tabla 1 a). *Tilia platyphyllos*, más extendido, se encuentra, además, en las regiones 3, 6, 7, 10, 11, 15 y 22, con presencia más reducida u ocasional en las regiones 1, 5, 23, 25 y 26 (Fig. 3 b y Tabla 1 b). Los materiales de base de ambas especies aprobados hasta la fecha pertenecen a la categoría identificada. Si bien existen regiones sin fuentes semilleras ni rodales, la distribución actual se corresponde en gran medida con la importancia de las regiones de procedencia en cuanto a presencia de cada especie, echándose en falta, sin embargo, la declaración de materiales de base en las regiones catalanas.

La especie *T. platyphyllos* aparece calificada como “Vulnerable” en el Catálogo Regional de Especies Amenazadas de Castilla-La Mancha (D. 33/1998) y en el Catálogo Valenciano de Especies de Flora Amenazadas (O. 6/2013), donde se reconoce oficialmente a las tiledas como “Hábitats protegidos”. El género *Tilia* no está incluido en la actual normativa de sanidad vegetal.



Figuras 3 a y b. Distribución de *Tilia cordata* (arriba) y *Tilia platyphyllos* (abajo) y Regiones de Procedencia de sus materiales de reproducción (Alía *et al.*, 2009).

Tabla 1 a. Descripción de las áreas con presencia de *Tilia cordata* 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; MimMF: valor mínimo del mes más frío); Tipo de suelo: porcentaje del tipo de suelo según la cartografía Soil Map of the European Communities dentro de cada región de procedencia. La clasificación de suelos utilizada en dicha cartografía es la de FAO de 1974. Las abreviaturas se han actualizado a la clasificación FAO de 1989. Los tipos de suelos inexistentes en la nueva clasificación se han mantenido con los nombres antiguos, asignándoseles nuevas abreviaturas (Rankers: RK, Xerosoles: XE). Sólo se incluyen aquellos suelos que superan el 10% en el conjunto del territorio estudiado).

RP	Pres (%)	Altitud (m)			Precipitación (mm)		A (meses)	Temperatura (°C)			Osc (°C)	Hs (meses)	Tipo de suelo (FAO)
		Med	Max	Min	Annual	Estival		Med	MaxMC	MimMF			
3	2,4	649	674	623	1210	154	0	11,3	23,2	1,8	11,8	0	RK(100)
4	14,5	814	1390	426	1223	169	0	10,3	24	-0,8	13,7	1,7	CMc(50) RK(25)
6	1,2	689	689	689	1871	277	0	10,7	23,1	1,2	13	0	CMc(100)
8	20,5	1208	1489	866	1025	303	0	8,7	25	-4,4	16,7	4,9	CMtu(47) CMc(41) RK(12)
9	32,5	723	1416	340	1025	270	0	11,6	27,3	-1,4	16,2	2,3	CMc(63) ANo(19) CMtu(11)
10	6	416	776	137	923	185	0,7	13,3	27,6	1	15,6	0,8	CMtu(40) CMc(20) CMd(20) FLe(20)
11	1,2	569	569	569	698	214	0	12,4	29,9	-1,6	18,5	2,5	CMc(100)
15	2,4	969	1027	910	661	149	0,4	10,3	27,1	-2,2	16,5	3,7	CMtu(100)

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

RP	Pres (%)	Altitud (m)			Precipitación (mm)		A (meses)	Temperatura (°C)			Osc (°C)	Hs (meses)	Tipo de suelo (FAO)
		Med	Max	Min	Anual	Estival		Med	MaxMC	MinMF			
1	0,3	257	257	257	1624	146	0	12,4	24,8	3	11	0	CMu(100)
3	7,3	391	925	40	1444	215	0	12,2	23,4	2,5	12	0,2	CMc(61) CMu(21) RK(14)
4	29	707	1461	179	1306	187	0	10,7	23,8	-0,4	13,1	1,5	CMc(42) LPc(18) CMu(17) RK(17)
5	0,6	1130	1437	822	941	128	1	9	24,4	-1,8	14,2	3,4	CMu(100)
6	8,2	609	1176	53	1602	233	0	11,4	24,2	1,5	13,6	0	CMc(65) CMu(29)
7	5,6	683	1042	213	1197	175	0	11,1	24,8	1	14	0,1	CMc(90) CMu(10)
8	11,8	1091	1997	603	1145	247	0	9,1	24,6	-3,1	16,1	3,9	CMu(42) CMc(40) CMd(11)
9	23,6	833	1429	377	1011	264	0	11	27,1	-1,8	16,7	2,7	CMc(87)
10	0,9	109	164	44	725	144	1	14,8	29,1	2,1	16	0	FLe(100)
11	2,7	881	1214	658	747	136	1	11,9	27,6	-0,3	17,6	1,1	CMc(70) CMe(30)
14	0,6	712	835	588	569	126	2	11,6	28	0	16,1	0,7	CMc(100)
15	4,5	1089	1533	859	791	152	0	9,5	25,7	-1,7	15,8	2,9	CMc(47) CMu(47)
22	3,2	1325	1645	921	897	120	2	9,4	29,1	-4,1	18,1	5,2	CMc(100)
23	0,9	1314	1575	942	649	148	0	9,7	25,6	-2,2	16,2	3,1	CMc(100)
26	0,9	1204	1350	985	832	104	2	10,7	29	-2,0	18,1	3,5	CMc(100)

2.2. Técnicas de manejo y propagación

2.2.1. Semillas

La recolección de las semillas se hace a principios de otoño (septiembre-octubre), bien del propio árbol o en el suelo (Catalán, 1991), cuando el contenido de humedad está próximo al 16% (Vanstone, 1982). Algunos autores recomiendan recolectar las semillas a principios de septiembre, con el pericarpio aún semiduro (al cambiar de verdoso a marrón-grisáceo), porque facilita su procesado y aumenta el porcentaje de germinación (Mollashahi *et al.*, 2008). Estos frutos recolectados precozmente no pueden secarse y conservarse, por lo que han de destinarse de inmediato a la siembra o a su estratificación (Suszka *et al.*, 1994). Los frutos aún no completamente maduros deben recolectarse a mano tras acceder a la copa de los árboles. Cuando la colecta se hace más tarde, se recurre a sacudir o agitar las ramas, ayudándose con lonas o redes extendidas en el suelo.

A partir de la recolección el contenido de humedad suele bajar a un ritmo de 1-2% por día, por lo que no debe demorarse demasiado el procesado, si van a ser utilizados de inmediato. Si fueran a almacenarse, será preciso proceder a su extendido, removido y secado. De los frutos recolectados se debe separar la bráctea por frotación manual o mecánica y seguidamente limpiar mediante cribado y aventado. El pericarpio es fácil de separar en *T. cordata* mediante frotación o sacudida enérgica, pero es bastante difícil, por su dureza y por el riesgo de dañar las semillas, en *T. platyphyllos*.

La conservación de las semillas se debe hacer con un contenido de humedad del 8-12%, desinfectadas, en recipientes herméticos y ambiente fresco y seco. De este modo pueden conservar la viabilidad hasta 1-2 años. Si dicha conservación se hace a temperaturas más bajas, de 0 a -10 °C, la viabilidad se mantiene 2-5 años (Heit, 1977; Catalán, 1991; Svejgaard Jensen, 2003), incluso hasta 16 años según Tylkowski (2006). Si el contenido de humedad en *T. cordata* supera el 17% o baja del 5%, la viabilidad disminuye considerablemente (Chemielarz, 2002). Como ya se indicó anteriormente, las semillas recogidas precozmente al final de verano deben ser destinadas a su siembra de inmediato, pues no es posible su conservación.

La germinación de las semillas es lenta debido a la doble latencia que presentan (exógena y endógena), causada tanto por el pericarpio (fácilmente eliminable en *T. cordata*) y la cubierta impermeable por un lado, y por el embrión o el endospermo por otro lado (Heit, 1977; Catalán, 1991). Las semillas no sometidas a tratamientos de pregerminación tardarán entre 1 y 3 años en germinar (generalmente menos del 20% de semillas germinan el primer año). Los tratamientos que recomiendan diferentes autores son de tipo combinado, para romper el doble letargo. Los métodos más recomendados son la escarificación con ácido sulfúrico concentrado durante 10-20 minutos (hasta 50 minutos en lotes de semillas muy duros) a temperatura ambiente, seguido de una estratificación en frío durante 3-6 meses a 0-4 °C (Heit, 1977; Catalán, 1991; Magherini y Nin, 1993 a; Rowe y Blazich, 2008). Tylkowski (1995) obtiene porcentajes de germinación superiores al 70 % en *T. cordata* sometiendo las semillas a una escarificación con ácido sulfúrico 12 minutos, seguido de una estratificación fría a 3 °C durante 16 semanas, efectuando una hidratación semanal de las semillas de 1 hora de duración durante la estratificación. En el caso de *T. platyphyllos*, este mismo autor (Tylkowski, 2006) obtiene excelentes resultados

(90%) mediante el tratamiento de las semillas durante 10 minutos con ácido sulfúrico y una estratificación a 3 °C durante 20-24 semanas. También se recomienda el tratamiento de la cubierta de las semillas de *T. platyphyllos* con agua oxigenada al 1% durante 40 minutos, seguida de una estratificación fría de 7 meses Mollashhi *et al.* (2008). Algunos autores afirman que la incubación a temperatura cálida (20-25 °C) durante 4-6 meses puede sustituir a la escarificación con ácido, pero en cualquier caso debe estar seguida de una estratificación en frío (Suszka *et al.*, 1994). En la experimentación realizada por Blomme y Degeyter (1987) con *T. cordata*, la duración de estratificación es de 1 mes para la fase en caliente y de 9 meses para la fase fría, si bien los resultados de germinación son medios (del 64%). La estratificación fría finalizará cuando emerjan las primeras radículas, pues los tilos son capaces de promover la germinación a temperaturas del orden de 2-3 °C, una vez satisfechos los requerimientos de temperatura baja. La estratificación en frío a 4 °C incrementa progresivamente la actividad enzimática y los niveles de proteína soluble y aminoácidos en el endospermo (Pitel *et al.*, 1989). Asimismo, hay experiencias con tratamientos de calor nada más recolectadas en la segunda semana de septiembre (50 °C durante 3 días) seguido de siembra otoñal en vivero (Catalán, 1991). Como método alternativo, pero algo más complejo de poner en práctica, Chmielarz (2002) sugiere la aplicación de una temperatura de -196 °C, mediante la inmersión del material durante 24 horas en nitrógeno líquido, seguido de una estratificación fría (3 °C) y combinado con una aplicación de ácido sulfúrico antes o después de la fase de estratificación fría; con estos tratamientos el autor logra tasas de germinación del 79-87% en *T. cordata*. De la bibliografía consultada, sólo Nasiri (2006) recomienda para *T. platyphyllos* un tratamiento sencillo, de un paso, consistente en la estratificación fría de las semillas durante 6 meses.

La infestación ocasional en campo de los lotes de semillas por huevos de dípteros puede provocar la emergencia de larvas durante la fase de calor húmedo, que pueden destruir una buena parte de las semillas estratificadas (Suszka *et al.*, 1994).

En cuanto a las condiciones de germinación, en *T. cordata* se ha comprobado que una alternancia térmica de 3-20 °C (16+8 horas) permite obtener una germinación más agrupada y completa, si bien una temperatura constante de 20 °C ofrece una germinación más rápida, pero más débil. Eso significaría que las semillas pueden sembrarse en vivero en un momento en que el suelo está ya caliente (Suszka *et al.*, 1994). Como la aplicación de los tratamientos pregerminativos requiere un período largo, se recomienda estimar la viabilidad de las semillas antes y después de su aplicación; para ello es común realizar el test del tetrazolio. La germinación de las semillas de los tilos es epigea.

Las reglas de la ISTA (2011) especifican como método de evaluación de lotes de semillas del género *Tilia* su germinación en arena con una alternancia térmica (20-30 °C), según un ciclo de 16-8 horas, durante 28 días, previa estratificación en frío de la muestra durante 6-9 meses. No obstante, dada la dificultad ligada a la germinación de los tilos y al largo plazo requerido, aconsejan que se utilice el test con tetrazolio como alternativa al ensayo convencional de germinación.

2.2.2. Vegetativa

Se reproducen vegetativamente con facilidad a partir de estacas de tallo o por acodo, incluso pueden llegar a enraizar estacas de tallo de árboles viejos (más de 200 años) y

Tabla 2. Datos característicos de lotes de semillas de *Tilia cordata* y *T. platyphyllos*.

Rendimiento semilla/fruto (% en peso)	Pureza (%)	Facultad germinativa (%)	Nº semillas kg ⁻¹	Referencia
<i>Tilia cordata</i>				
	95	70	29.000 ⁽¹⁾	Aldhous (1972)
75-80	95-98	20-40	24.000-48.000 ⁽¹⁾ 40.000-48.000 ⁽²⁾	Catalán (1991)
		30-70	25.000-38.000 ⁽²⁾ (30.000-33.000)	Piotto (1992)
80	85-98	50-80	28.600 ⁽¹⁾ 25.000-38.000 ⁽²⁾	Suszka <i>et al.</i> (1994)
			48.800-65.100 ⁽²⁾	Rowe y Blazich (2008)
<i>Tilia platyphyllos</i>				
		70	7.500 ⁽¹⁾	Aldhous (1972)
			(11.500) ⁽¹⁾	Catalán (1991)
		(65)	7.500-11.000 ⁽¹⁾ (9.000-10.000) ⁽¹⁾	Piotto (1992)
			25.100-30.600 ⁽²⁾	Rowe y Blazich (2008)
	89-100	79-100 ⁽³⁾	13.500-20.900 ⁽¹⁾	Banc de Llavors Forestals (Anexo II)
(26-28)	98-100	60-90 ⁽³⁾	(24.000-40.300) ⁽²⁾ 8.000-11.000-17.000 ⁽¹⁾	CNRGF <i>El Serranillo</i> (Anexo III)
42-85	97-100	75-97 ⁽³⁾	8.000-13.000 ⁽²⁾	Vivero Central JCyL (Anexo IV)

⁽¹⁾ Cápsulas

⁽²⁾ Semillas

⁽³⁾ Ensayos al tetrazolio

brotan bien de cepa (Flemer, 1980; Kunneman y Albers, 1991; Howard, 1995; Radoglou *et al.*, 2008). También pueden propagarse en vivero por injerto de invierno (Howard, 1995; Obdrzalek y Pinc, 1996) y ha dado buenos resultados la propagación *in vitro* y la inducción de embriogénesis somática (Karkonen, 2000; Chalupa, 2003; Fodor *et al.*, 2005).

La propagación en vivero mediante inducción de enraizamiento en trozos de tallo suele dar mejores resultados si se emplean esquejes de brotes nuevos o estaquillas semileñosas, de 10-18 cm de longitud, especialmente si se aplican auxinas (Broshchilov y Kalmukov, 1988; Elsner, 1992; Magherini y Nin, 1993 b; Magherini y Nin, 1994; Kzmaz, 1996; Spethmann, 1997). La fecha de recolección de este tipo de material suele ser mayo-junio (Radosta, 1991; Elsner, 1992; Radoglou *et al.*, 2008). El porcentaje de enraizamiento mejora si se toman las muestras de material juvenil procedente de brotes de cepa o de otras yemas adventicias (Hansen, 1988; Magherini y Nin, 1994).

En cuanto a la micropropagación *in vitro* de estas dos especies de tilos, sin extenderse en detalles de la metodología utilizada por diversos autores, ya se ha indicado que es posible su propagación tanto a través de organogénesis como de la inducción de embriogénesis somática. Para ello se emplean y afinan técnicas habituales respecto al medio de cultivo utilizado y a la aplicación hormonal (citoquininas y auxinas), así como a su traslado y aclimatación a condiciones de vivero (Pinker *et al.*, 1995; Chalupa, 2003; Mauleova *et al.*, 2004; Fodor *et al.*, 2005).

3. Producción de plantas

La producción de plantas en vivero se hace habitualmente a partir de semillas, pero también es posible efectuar su propagación de manera vegetativa, bien a partir de métodos convencionales (estaquillas de tallo, injerto, acodo) o bien a partir de material procedente de cultivo *in vitro* (Flemer 1980; Kunneman y Albers, 1991; Howard, 1995).

En el caso de siembra de semillas, ésta se efectúa normalmente en primavera, tras haber recibido los tratamientos pregerminativos antes señalados. Las semillas deben cubrirse con una capa de arena, mantillo u otro sustrato de 1-2 cm de espesor (Flemer, 1980; Tabari y Tabandeh, 2007). Por su parte, la siembra de las semillas recogidas precozmente y sembradas a continuación posibilita la nascencia en primavera, pues las condiciones del suelo al final del verano favorecen la desintegración del pericarpio. En este caso, debe mantenerse la humedad en las semillas hasta su germinación en primavera y protegerlas de los ataques de roedores. La emergencia de las plántulas es muy delicada y se aconseja protegerlas de la luz solar directa mediante mallas de sombreado (Flemer, 1980). Las plantitas jóvenes son muy sensibles a las heladas, por lo que deben ser protegidas en vivero. Se recomienda el cultivo en contenedor forestal de 300-400 cm³ para obtener plantas de una savia, o bien a raíz desnuda en surcos, produciendo plantas de una o dos savias (1+0, 1+1) (Catalán, 1991; García del Barrio *et al.*, 2001).

En España no hay establecidas normas específicas de calidad relativas a la planta de *T. cordata* y *T. platyphyllos*, pero sí en Francia, como se detalla en la Tabla 3.

Tabla 3. Valores de atributos morfológicos y, en su caso, volumen de contenedor establecidos por la normativa francesa para plantas de *Tilia cordata* y *T. platyphyllos* (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	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



Figuras 4 a y b. Plantas de *Tilia platyphyllos* de una savia (izquierda) y dos savias (derecha) cultivadas en alvéolo de 300 cm³ (Fotos: CNRGF El Serranillo).

4. Uso en repoblaciones y restauraciones

Los tilos, aunque prefieren suelos húmedos y fértiles, también toleran otros más pobres en nutrientes. No obstante, vegetarán mejor en los primeros, donde pueden alcanzar la categoría de árboles codominantes cuando se plantan con el objetivo de formar rodales mixtos con otras frondosas, especialmente en robledales. Los plantones de una savia (a veces de dos o hasta 3 savias) deben plantarse individualmente o en pequeños grupos en rodales de no más de 0,5 ha, con espaciamientos que van de 1,2 x 1,2 m a 2,2 x 2,2 m (Jaworski, 1995). Simultáneamente se plantan las otras especies de frondosas mesófilas, para formar el rodal mixto pretendido. Se debe aprovechar para ello los claros del bosque, evitando un exceso de exposición a la luz solar directa y buscando obtener cierta protección contra las heladas por parte de los árboles adultos en las primeras etapas de su desarrollo.

Los tilos son muy palatables para el ganado doméstico y la fauna salvaje, como cérvidos y roedores (Nasiadka y Lipski, 2006; Don *et al.*, 2007; Radoglou *et al.*, 2008). Los mamíferos herbívoros comen las hojas y dañan la corteza, tanto en el período vegetativo como en época de parada invernal, por lo que se aconseja plantarlos en mezcla con otras especies (al menos 6) y proteger las plantas si se prevén daños importantes de este tipo. Es aconsejable realizar clareos a los 5 y 10 años, dejando un árbol por claro de bosque, si éste es pequeño (Radoglou *et al.*, 2008).

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. 319-326.
- 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. 206-208.
- BLOMME R., DEGEYTER L., 1987. Seed treatments of *Tilia cordata*. Verbodsnieuws voor de Belgische Sierteelt 31(1), 35-37.
- BROSHCHILOV K., KALMUKOV K., 1988. Propagation of *Tilia tomentosa* and *Prunus avium* by green cuttings. Gorsko Stopanstvo 44(9), 25-28.
- 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. 378-381.
- CHALUPA V., 2003. *In vitro* propagation of *Tilia platyphyllos* by axillary shoot proliferation and somatic embryogenesis. J. For. Sci. 49 (12), 537-543.
- CHMIELARZ P., 2002. Sensitivity of *Tilia cordata* seeds to dehydration and temperature of liquid nitrogen. Dendrobiology 47(supplement), 71-77.
- DIRR M.A., 1990. Manual of woody landscape plants: their identification, ornamental characteristics, culture, propagation and uses. 4th ed. Champaign, IL: Stipes Publishing Co.
- DON A., ARENHOVEL W., JACOB R., SCHERER-LORENZEN M., SCHULZE E D., 2007. Establishment success of 19 different tree species on afforestations: results of a biodiversity experiment. Allgemeine Forst und Jagdzeitung 178(9/10), 164-172.
- ELSNER G., 1992. Length of cuttings and rooting success in cherry, lime and birch. Forst und Holz 47(23), 746-748.
- FLEMER W.III., 1980. Linden propagation: a review. En: Combined Proceedings of the International Plant Propagators' Society 30, 333-336.
- FODOR S., BISZTRAY G., DEAK T., JAMBOR-BENCZUR E., 2005. Micropropagation and genetic analysis of lindens. Kertgazdasag - Horticulture Special, 255-264.
- 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.
- HANSEN O.B., 1988. Tissue culture of Norwegian parkland plants ? (I). Gartneryrket 78(17), 530-532.
- HEIT C.E., 1977. Propagation from seed: 27. Collecting, testing and growing *Tilia* linden species. Am. Nurserym. 146(7), 100-110.
- HOWARD B.H., 1995. Opportunities for developing clonal rootstocks from natural seedlings of *Tilia* spp. J. Hort. Sci. 70(5), 775-786.
- ISTA (International Seed Testing Association), 2011. International rules for seed testing. Edition 2011. ISTA, Bassersdorf, Switzerland.
- JAWORSKI A., 1995. Silviculture characteristic of forest trees (Charakterystyka hodowlana drzew leśnych). Gutenberg, Kraków.
- KARKONEN A., 2000. Anatomical study of zygotic and somatic embryos of *Tilia cordata*. Plant Cell Tiss. Organ Cult. 61 (3), 205-214.
- KUNNEMAN B.P.A.M, ALBERS M.R.J., 1991. Linden trees (*Tilia* spp.). Trees 3(16), 152-163.

- KZMAZ M., 1996. Vegetative propagation techniques for some broadleaved tree species. Teknik Bulten Serisi - Ormanlık Araştırma Enstitüsü Yayınları.
- LÓPEZ GONZÁLEZ G.A., 2004. Guía de los árboles y arbustos de la Península Ibérica y Baleares. Ed. Mundi-Prensa, SA, Madrid. pp. 609-611.
- MAGHERINI R., NIN S., 1993 a. Experiments on seed germination of some *Tilia* spp. Acta Hort. 331, 251-258.
- MAGHERINI R., NIN S., 1993 b. Research on rooting of selected *Tilia* spp. Acta Hort. 331, 259-263.
- MAGHERINI R., NIN S., 1994. Propagation of selected *Tilia* spp. by seed and semihardwood cuttings. Adv. Hort. Sci. 8(2), 91-96.
- MAULEOVA M., VITAMVAS J., TUSEK Z., 2004. *In vitro* propagation of important deciduous forest tree species. Zpravy Lesnickeho Vyzkumu 49(1/4), 3-6.
- MOLLASHAH M., HOSSEINI S.M., BAYAT D., NASERI B., REZAEI A., VATANI L., 2008. Effect of collection time on germination and viability of *Tilia platyphyllos* (Basswood). Iran. J. For. Poplar Res. 16(3), 478-485.
- NASIADKA P., LIPSKI S., 2006. Seasonal dynamics of deer browsing and its impact on deciduous saplings during first year after planting. Sylwan. 150(5), 3-15.
- NASIRI M., 2006. The optimal treatment for seed germination of large-leaved lime (*Tilia platyphyllos* Scop.). Iran. J. Rangelands For. Plant Breed. Genet. Res. 14(3), 148-154.
- OBDRZALEK J., PINC M., 1996. Winter grafting of lime (*Tilia* L.). Acta Pruhoniciana 63, 21-40.
- PINKER I., JESCH H.H., KLAUSCH A., 1995. Rooting and acclimatization of *in vitro* propagated shoots of *Tilia cordata* 'Wega'. Gartenbauwissenschaft 60(6), 253-258.
- PIOTTO B., 1992. Semi di alberi e arbusti in Italia: come e quando seminarli. Società Agricola e Forestale (Gruppo ENCC), Roma.
- PITEL J.A., CHELIAK W.M., WANG B.S.P., 1989. Some biochemical changes associated with stratification and germination of basswood seeds. Seed Sci. Technol. 17(1), 57-71.
- RADOGLU K., DOBROWOLSKA D., SPYROGLOU G., NICOLESCU V.N., 2008. Review on the ecology and silviculture of limes (*Tilia cordata* Mill., *Tilia platyphyllos* Scop. and *Tilia tomentosa* Moench.) in Europe. Disponible en: <http://www.valbro.uni-freiburg.de/> [10 Nov, 2010].
- RADOSTA P., 1991. Effect of the application of mineral fertilizer and growth stimulator on the development of the root system in *Tilia cordata* cuttings. Sylwan 135(4-6), 43-49.
- ROWE D.B., BLAZICH F.A., 2008. *Tilia* L. En: The woody plant seed manual (Bonner F.T., Karrfalt R.P., eds.). United States Department of Agriculture, Forest Service, Agriculture Handbook 727, Washington. pp. 1113-1117.
- RUIZ DE LA TORRE J., 2006. Flora Mayor. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Dirección General para la Biodiversidad, Madrid. pp. 441-449.
- SPETHMANN W., 1997. Growth substances in the nursery. TASPO Gartenbaumagazin 6(11), 51-53.
- SUSZKA B., MULLER C., BONNET-MASIMBERT M., 1994. Graines des feuillus forestiers. De la récolte au semis. INRA. Paris, Francia.
- SVEJGAARD JENSEN J., 2003. EUFORGEN Technical guidelines for genetic conservation and use for lime (*Tilia* spp.). International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy.
- TABARI M., TABANDEH A., 2007. The germination response of *Tilia platyphyllos* stratified seed to irrigation and sowing depth. Iran. J. For. Poplar Res. 15(2), 144-151.
- TYLKOWSKI T., 1995. Adaptation of dormant seeds to sowing by cyclically repeated soaking in water. II. Small leaved lime, *Tilia cordata* Mill. Sylwan 138(12), 67-72.

TYLKOWSKI T., 2006. Effects of dormancy breaking in stored seeds on germinability and seedling emergence of *Tilia platyphyllos*. *Dendrobiology* 56, 79-84.

VANSTONE D.E., 1982. Seed germination of American basswood in relation to seed maturity. *Can. J. Plant Sci.* 62(3), 709-713.

Ulmus minor Mill.

Olmo, álamo negro; *cat.*: om, om negre, olm, almudella, augudella, omissa, omisser, orm, rugat; *eusk.*: zumar hostotxikia; *gall.*: ulmeiro, lamagueiro

Martin VENTURAS, Salustiano IGLESIAS SAUCE, Juan Luis NICOLÁS PERAGÓN, Juan Antonio MARTÍN GARCÍA, Luis GIL SÁNCHEZ

1. Descripción

1.1. Morfología

El olmo es un árbol caducifolio de talla media, que en España suele tener una altura entre 15-20(30) m y hasta 1-1,5 m de diámetro, aunque en otros países puede llegar a los 40 m y 2,70 m de grosor. Su tronco es grueso, recto y elevado en los pies que no han sido modificados por poda o tala. La corteza es inicialmente lisa y de color gris, pero que conforme va madurando, a partir de los 20-25 años, se resquebraja y oscurece. Posee una copa amplia, ovoideo-alargada u ovoideo-redondeada. Las ramas principales son erectas y largas, con unas ramillas horizontales, a veces péndulas, en las cuales, en ciertas ocasiones, el ritidoma se engrosa formando una corteza más o menos suberosa y acostillada longitudinalmente, de bastante espesor. Este ritidoma corchoso posteriormente cae o se transforma, no apreciándose más tras formarse el definitivo. Su corteza interna o floema es muy nutritiva y apetecida por los herbívoros, lo que puede ser la causa de que presente en su fase juvenil las costillas longitudinales de corcho a modo de defensa (Heybroek, 2003). La raíz central es penetrante y muere a los 10-15 años; desarrollando fuertes raíces laterales oblicuas, casi superficiales (Ruiz de la Torre, 2006).

Las hojas son simples, alternas, dísticas, de 3-12 x 2-5 cm, con pecíolo corto y estípulas caducas; ovadas u obovadas, simple o, más común, doblemente dentadas, acuminadas en punta corta, redondeadas o acorazonadas en la base, con una de las mitades más desarrollada, resultando asimétricas; su haz es de color verde intenso, más o menos pubescente y áspero, y el envés de un color más claro y tacto más suave, en el que destacan los 11-13 pares de nervios secundarios casi paralelos y más o menos rectos (Ruiz de la Torre, 2006).

1.2. Biología reproductiva

Es una especie monoica, con flores hermafroditas o, raramente, unisexuales por aborto, poco aparentes y agrupadas en fascículos globulosos sobre los ramillos del año anterior. Cada flor presenta un perigonio verdoso-amarillento con 4-8 divisiones sepaloideas cortas, obtusas y pestañosas, 3-5 estambres de anteras rojizas y un pistilo con dos estilos divergentes, con los estigmas papilosos, blancos o rosados y netamente separados; el ovario es uniovulado. El fruto es monospermo en sámara (Fig. 1), aplastado, de 17-20 mm de longitud, lampiño, inicialmente verde, si bien en algunos ejemplares puede presentar la zona de la semilla de color rojizo, y posteriormente pardo-amarillento, ovalado, algo

estrechado en la base, escotado en el ápice, con la semilla, de textura papirácea, situada en el tercio superior y próxima a la escotadura del ala (Ruiz de la Torre, 2006).

La floración es invernal, desde mediados de febrero a mediados de marzo, iniciándose en enero; no resulta afectada por las heladas. Puede comenzar a los tres años de edad, siendo lo más frecuente a los siete. La polinización es anemófila y suele ocurrir entre febrero y la primera semana de marzo, por lo que es muy sensible a las lluvias en este intervalo, que de ser abundantes tiran el polen al suelo y reducen la producción de semilla. Como se trata de un caducifolio de floración precoz, la dispersión del polen es muy eficaz, pues no hay un efecto pantalla por las copas de los propios olmos o de otros árboles riparios, también de hoja caduca, con los que aparecen mezclados. La maduración de ambos sexos está separada en el tiempo (dicogamia) para favorecer la fecundación cruzada, pues la especie no admite la autofecundación. Existen individuos cuyas flores hermafroditas dispersan primero el polen (protándricos) o, por el contrario, los estigmas son receptivos con anterioridad (protoginios) (López Almansa y Gil, 2003 a). Las sámaras, que simulan un penacho de hojitas, se desarrollan rápidamente, madurando de marzo a abril y diseminando a los pocos días de la maduración, cuando las hojas están alcanzando su pleno desarrollo (Ruiz de la Torre, 2006).

El brinzal empieza a fructificar en abundancia pronto, hacia los 15-20 años, y lo hace todos los años (especie cadañega). El porcentaje de frutos con semillas llenas es muy variable, encontrándose entre 0 y 90% (López-Almansa y Gil, 2003 a y b; datos del Centro de Puerta de Hierro sin publicar). En algunos casos esto se debe a caracteres extrínsecos, que hacen que se produzcan frutos partenocárpicos por problemas de polinización, especialmente en ejemplares solitarios o dispersos, y en otras ocasiones a propiedades intrínsecas de los genotipos, en particular, el aborto de las semillas. Así, en las copias del clon Atinio tal circunstancia afecta al 100% de los óvulos fertilizados, estando relacionado con un desarrollo anormal del tejido de reserva del embrión (López Almansa *et al.*, 2004).

El esfuerzo reproductivo es muy aparente por el abundante número de frutos que se forman, que dan a los olmos un aspecto llamativo cuando fructifican, con la copa completamente verde por las sámaras verdes y foliáceas. La sámara tiene capacidad de fotosintetizar y reduce el gasto de las reservas almacenadas en ramas y troncos. El



Figura 1. Sámaras de *Ulmus minor* sin madurar (Foto: M. Venturas).

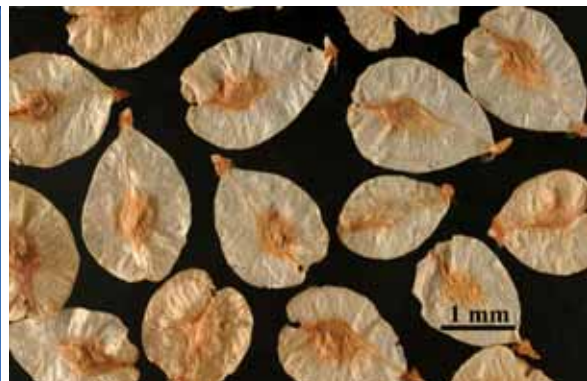


Figura 2. Sámaras de *Ulmus minor*.

peso ligero de los frutos (6-8 g por cada 1.000 sámaras) apunta la necesidad de germinar en espacios abiertos y fotosintetizar rápidamente, sin ninguna competencia con otras especies, lo que la señala como especie colonizadora de terrenos afectados por las grandes avenidas que caracterizan la dinámica fluvial. La sámara del olmo es un fruto alado al que se considera de dispersión anemócora, pero su capacidad de alejarse del árbol madre es pequeña y se opina que, como especie riparia, el fruto persigue la dispersión por el agua. Sus poblaciones, periódicamente afectadas por el desbordamiento del cauce fluvial con las lluvias primaverales, dispersarían los frutos caídos río abajo, germinando y logrando establecerse en zonas más o menos alejadas; allí donde la acción perturbadora de la avenida las haya desprovisto de cubierta vegetal leñosa. La estrategia reproductiva río arriba, o en el seno de formaciones vegetales ya establecidas, sería a través de la reproducción asexual por las abundantes sierpes que brotan de sus raíces laterales; en particular cuando han sido dañadas, lo que es frecuente tras un episodio de inundación de la ribera por los materiales que arrastran los ríos en esta etapa. Brota bien de cepa y es factible el acodo.

1.3. Distribución y ecología

Es una especie de distribución ampliamente europea, a excepción de los países escandinavos y bálticos, extendiéndose de forma natural por el centro y sur de Europa, además de por el norte de África, Asia Menor, Cáucaso y norte de Persia. En siglos recientes ha sido introducido en Norteamérica. Sin embargo, es difícil determinar su área primitiva, debido a que ha sido ampliamente manejada por el hombre desde tiempos pretéritos, en particular a partir de la expansión del viñedo en los primeros siglos de nuestra era. En España abunda de forma espontánea en Andalucía, la Meseta, Extremadura y Aragón, aunque se presenta en la mayoría de las provincias. Su presencia es menor en áreas norteñas de clima atlántico y zonas bajas del Sur y Levante, siendo muy raro en los territorios áridos del sudeste. El olmo fue introducido en la época de la conquista de América en las islas Canarias, estando asilvestrado en las islas de Gran Canaria y Tenerife. Su rango altitudinal, que arranca desde el nivel del mar en las desembocaduras de los torrentes, no suele sobrepasar los 1.200 metros de altitud y excepcionalmente llega a superar los 1.500 m en Sierra Nevada (Ruiz de la Torre, 2006).

La amplia difusión de la especie por todo el mundo romano como consecuencia de su utilización como soporte de las viñas y, también, como productora de un excelente ramón destinado a forraje y su empleo en siglos más recientes como árbol ornamental y de sombra y para producción de madera destinada a la construcción naval, ha desfigurado su área natural. A ello ha contribuido además la introducción de procedencias foráneas donde la especie ya estaba presente y su mestizaje con las poblaciones de carácter espontáneo, cuya presencia se puede deducir del registro paleopolínico (López, 2003). El movimiento en época romana afectó a poblaciones italianas, poseedoras de un linaje de cloroplasto diferente al ibérico y, en particular, al clon denominado olmo Atinio (Gil *et al.*, 2004). Conjuntamente y en sentido inverso a su utilización y ampliación artificial, el olmo ha sido eliminado de sus áreas naturales, en particular las zonas riparias, en beneficio de los cultivos agrícolas y las choperas. La identificación del material no autóctono es posible gracias al empleo de marcadores moleculares; lo que también permite reconocer las poblaciones naturales (Fuentes, 2008).

En el último siglo la enfermedad de la grafiosis causada por los hongos *Ophiostoma ulmi* y *Ophiostoma novo-ulmi* se ha convertido en el mayor enemigo para la supervivencia de los olmos. La intervención humana, con el desplazamiento de leñas y trozas sin descortezar, ha contribuido de manera involuntaria, pero destacada, a la propagación de la enfermedad, que ha provocado grandes mortandades. Además, la indiscriminada plantación, con frecuencia fuera del hábitat natural de la especie, y el manejo abusivo e inadecuado (fuertes podas, desmoches, malos tratos, etc.) ha convertido a los olmos en una víctima propicia de plagas y enfermedades (Gil *et al.*, 2003; Ruiz de la Torre, 2006). A su vez, el desarrollo de las dos pandemias de grafiosis se ha visto favorecido por la reducida o nula variabilidad genética que presentaban las poblaciones (Martín *et al.*, 2010). Hoy en día la grafiosis está presente en todos los países con olmos nativos y es la causa de que las olmedas prácticamente hayan desaparecido en Europa y América.

Vive en condiciones pluviométricas variadas, pero con un mínimo de disponibilidad hídrica en el suelo. Las precipitaciones anuales suelen oscilar entre los 350 y los 900 mm y las estivales en el intervalo 15-85 mm. Soporta una larga sequía estival de entre 3 y 4,5 meses, período que se incrementa conforme la profundidad del suelo permite superarla, y así llegar hasta los 7 meses de sequía, caso de sus representaciones murcianas. Especie termófila, las temperaturas medias anuales son elevadas, con un óptimo entre los 12,4 y 18 °C, aunque, al localizarse en zonas con acusada continentalidad, el período de heladas seguras puede alargarse durante más de 2 meses (Anexo I).

El olmo requiere suelos frescos, profundos y fértiles. Domina con granulometrías finas, en particular, ricas en carbonatos, aunque puede vegetar también sobre sustratos arenosos y ácidos, siempre que no sean muy pobres en nutrientes, sin poder precisar si en estos últimos casos su presencia es natural o resultado del manejo humano y posterior asilvestramiento. Su dominancia respecto a otros taxones está condicionada por una serie de parámetros ambientales significativos, como son la profundidad de la capa freática, la naturaleza del sustrato, etc.

En la Península Ibérica, el término “olmeda” se reserva a los bosques donde *U. minor* es la especie hegemónica o más representativa. Las olmedas de mayor superficie y mejor formadas se encuentran formando setos y galerías en llanuras aluviales, sobre terrenos de vega protegidos y suelos profundos con inundaciones periódicas, donde el encharcamiento temporal impide el asentamiento de las especies climáticas. A su vez, las agrupaciones de *U. minor* son las comunidades riparias con menor exigencia de humedad freática; así, los olmos se alejan del cauce cuando éste es continuo, salvo que sea temporal o la vega esté sometida a una sequía estival más o menos intensa que restringe la presencia de las especies típicamente freatófitas, como chopos, alisos y sauces arbóreos. En la España caliza, en la que estarían sus formaciones naturales, no forma bosques muy extensos, pero sí rodales o galerías limitadas a los cauces de los barrancos; mayor extensión presentaba en las llanuras aluviales de la España silíceas, procedentes habitualmente de antiguas plantaciones o asilvestramiento.

El dosel arbóreo que caracteriza las olmedas puede alcanzar los 20 ó 25 metros y aparece dominado por el olmo, pero suele incorporar otros caducifolios, como fresnos (*Fraxinus angustifolia*), chopos (*Populus alba*, *P. nigra*), sauces (*Salix alba*, *S. fragilis*) o almeces

(*Celtis australis*). Aunque la cobertura es prácticamente total (100%), deja pasar suficiente luz como para que bajo el mismo se desarrollen los vegetales propios de estratos inferiores. Así, el nivel arbustivo está constituido por matorral de 2 ó 3 metros de especies de los géneros *Rubus*, *Rosa*, *Crataegus*, *Cornus*, *Frangula*, *Prunus*, etc. Por su parte, el estrato herbáceo, que también puede ser muy abundante, presenta una gran diversidad florística (ranunculáceas, cariofiláceas, liliáceas, juncáceas, etc.) y en él la dominancia suele corresponder a gramíneas de gran talla que, debido a la humedad freática, permanecen verdes todo el año: *Brachypodium* spp., *Dactylis* spp., *Poa* spp., *Cynosorus* spp., *Festuca* spp., etc. En lugar destacado aparecen los vegetales trepadores o enredaderas propios de las formaciones riparias (García-Nieto *et al.*, 2003). Tal complejidad vegetal hace de las olmedas un paisaje singular, de considerable interés fitogeográfico.

En los últimos veinte años, el uso agrícola de los terrenos y, sobre todo, la acción devastadora de la grafiosis han barrido literalmente las olmedas de nuestra geografía. Lo que queda son sólo vestigios de las mismas, con rebrotes que escapan a la enfermedad hasta que alcanzan los diámetros en los que sistemáticamente son afectados de nuevo. La antigua olmeda, en la que predominaba el estrato arbóreo, se ha transformado en una formación prácticamente arbustiva, en el mejor de los casos. El reto con el programa de conservación emprendido por las Administraciones es la obtención de un número suficiente de genotipos tolerantes a la enfermedad y de origen ibérico, de modo que puedan volver a reconstituirse estas formaciones vegetales.

2. Materiales forestales de reproducción

2.1. Marco normativo. Identificación de los materiales de reproducción

Ulmus minor es una de las especies que España incorpora de forma facultativa al sistema de certificación de la UE (Directiva 1999/107/CE del Consejo). Las regiones de procedencia de esta especie (Alía *et al.*, 2009) se han establecido por el método divisivo, por lo que no cabe hablar de regiones específicas (Fig. 3).

Según Alía *et al.* (2009) hay presencia de olmos en 49 de las 57 regiones establecidas. Es de señalar que en este trabajo no se han considerado las olmedas presentes en la isla de Menorca, que constituyen las únicas no afectadas por la grafiosis, lo que es posible por el aislamiento y lo reducido de sus poblaciones, en las que se ha evidenciado su carácter espontáneo (Fuentes, 2008). En la Tabla 1 se recogen las características ambientales abióticas de las regiones con presencia de olmo.

En la actualidad, en el Catálogo Nacional de Materiales de Base de *U. minor* sólo hay unidades de admisión del tipo fuente semillera. El número de ellas que están autorizadas, según datos de marzo de 2012, es 98, correspondiendo la mayor parte de ellas a tres regiones localizadas en la Meseta Norte: Región 16 (10 fuentes semilleras), 17 (39) y 19 (20) y una en Extremadura: 31 (11).

La semilla deberá recolectarse en poblaciones o individuos sin síntomas de grafiosis y proceder de zonas donde hayan sobrevivido ejemplares. Sin embargo, hay que tener en cuenta que el uso de materiales no testados no garantiza en ningún caso la resistencia a la



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

enfermedad. A su vez se procurará fomentar la variabilidad genética, dando preferencia a la recolección de pocos pies por población en muchas poblaciones, particularmente, cuando se sospeche que los individuos, por su homogeneidad fenotípica, pueden ser un mismo genotipo. Por su parte, el riesgo de la hibridación se ve minimizado por el desfase de fenología entre las especies del género.

La enfermedad de la grafiosis, que ha afectado a la práctica totalidad de las poblaciones naturales, ha supuesto que no haya recolección de semillas de los árboles que han escapado o superado la acción del hongo, ante la aceptación por parte de los viveristas de que el material que se obtiene no podrá resistir a la enfermedad. La única solución posible para resolver esta situación es la disponibilidad de material procedente de olmos resistentes con el que pueda iniciarse los trabajos de restauración de las olmedas. Debido a ello, desde 1985 la Administración Forestal del Estado promueve junto a la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes de la Universidad Politécnica de Madrid un programa para la conservación de los olmos ibéricos frente a la amenaza de la grafiosis. En dicho programa se plantearon cuatro objetivos generales. Entre 1985 y 1989, el objetivo principal fue conocer los agentes implicados en la enfermedad y su situación en las condiciones particulares de la Península Ibérica. A partir de 1990 el programa se centró en la conservación de los recursos genéticos de los olmos ibéricos aún existentes y se inició el programa de obtención de individuos resistentes a través de ciclos de mejora genética

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

RP	Pres	Altitud (m)			Precipitación (mm)		A	Temperatura (°C)			Osc	Hs	Tipo de suelo (FAO)
	(%)	Med	Max	Min	Anual	Estival	(meses)	Med	MaxMC	MinMF	(°C)	(meses)	(%)
1	0,2	240	548	53	1520	132	1	13,2	25	4	11,3	0	CMu(100)
2	0,3	606	773	453	971	99	2	12,4	27,7	1,5	14,7	0	RK(57) CMu(29) PDu(14)
3	0,1	26	35	16	1411	157	0	13,3	22,7	5,5	9,8	0	CMu(50) RK(50)
4	0,4	823	1218	256	1327	144	0,4	10,7	26,2	-0,1	14,6	1,2	RK(50) CMu(40) CMc(10)
5	1,6	978	1298	715	917	108	1,5	9,8	26,7	-2,0	15,9	3,3	CMu(53) CMc(11) FLe(11) RK(11)
6	0,2	481	844	230	1731	259	0	12	23,5	3,3	11,9	0	CMc(80) CMu(20)
7	1,7	681	977	337	748	123	1,3	11,3	26,9	0,3	15,2	0,4	CMc(65) CMu(23)
8	1,4	1347	1759	1014	1042	270	0	8,2	24,6	-4,4	16,5	5,1	CMu(82)
9	3,8	572	1384	120	856	218	0,4	12,4	28,7	-0,8	17,1	1,6	CMc(68) CMg(11)
10	1,7	153	392	2	763	155	0,9	14,8	29	2,4	15,7	0	CMc(43) CMg(23) CMu(13) FLe(10)
11	2,6	496	1090	165	559	120	1,8	13,2	31	-0,4	19,3	1,2	CMc(79) CMg(15)
12	2,1	216	459	98	345	74	4,8	15,1	33,1	1,7	19,2	0	FLe(57) XEc(20)
13	1,9	806	1064	377	423	97	2,9	12,3	30,3	-0,5	17,8	1,5	CMc(36) CMg(36) FLe(18)
14	0,8	473	912	264	503	99	2,8	13,2	29,6	1,6	17	0,1	CMc(65) FLe(20) CMg(10)
15	1,2	1074	1667	609	650	130	1,2	10	26,8	-1,6	16,3	2,8	CMc(79) CMu(18)

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	7,1	941	1313	651	524	90	2,5	11	29,2	-1,4	17,5	2,7	CMc(47) FLe(27) CMg(20)
17	11,8	785	1267	610	484	66	3,2	11,8	30,2	-0,8	17,8	1,8	CMc(20) FLe(18) CMg(16) CMd(11)
18	0,2	748	1014	482	770	61	3	13,3	31,6	0,7	17,5	0,8	CMe(40) CMtu(40) CMd(20)
19	0,7	951	1591	252	721	67	2,7	12,1	30,6	-0,4	17,7	2,2	FLe(38) CMd(25) CMtu(19) LVv(13)
20	2,4	973	1319	651	633	79	2,7	11,9	30,3	-0,7	18,1	1,5	CMd(33) CMtu(21) CMc(16) CMg(11)
21	3,1	825	1208	565	488	77	3,1	12,6	32,1	-1,0	18,6	2	CMc(85) FLe(11)
22	0,3	967	1202	826	684	91	2,5	11,8	32,2	-1,8	18,9	3,3	CMc(100)
23	1,7	995	1578	465	559	129	1,2	11,8	27,8	-0,2	16,3	1,2	CMc(93)
24	0,4	198	543	38	545	94	2,6	15,7	29,4	4,1	15,3	0	CMc(56) CMg(33) FLe(11)
25	0,9	495	1009	26	534	60	3,2	15,3	31,4	3,2	16,5	0	CMc(81) FLe(14)
26	2,4	885	1080	747	558	77	2,9	12,7	32,8	-0,9	19,3	2	CMc(95)
27	2,6	619	800	467	419	53	4	14,2	33,7	0,4	19,8	0,2	CMc(44) FLe(37) SLg(13)
28	6,5	561	802	285	472	51	4	14,5	33,9	0,7	19,7	0,1	LVv(34) FLe(22) CMc(16) CMg(14)
29	2,4	640	881	309	561	52	3,8	14,9	34,2	1,5	19,7	0	CMe(37) LVx(19) CMc(11) LPd(11)
30	3,1	412	794	229	587	41	4	16,2	35,1	3,1	18,9	0	CMe(54) CMd(28)
31	2,3	352	585	159	474	36	4,5	16,5	34,8	3,4	18,4	0	CMe(35) FLe(18) LVk(18)
32	1,8	648	1009	456	561	46	3,9	15	34,5	1,3	19,9	0	CMe(57) LVx(24) LVk(10)
33	2,5	671	941	447	402	54	4	14,2	33,7	0,4	19,8	0,2	CMc(68) CMg(15)
34	1,1	855	1109	713	478	51	3,7	13,9	33,8	0,2	20	0,1	CMc(63) LVk(33) O(4)

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	0,8	822	1232	417	624	57	3,5	14,6	33	1,8	18,7	0	CMc(89) FLe(11)
36	0,3	839	1511	442	382	51	4,1	14	30,5	1,7	16,8	0	CMc(50) FLe(33) XEec(17)
37	0,2	75	113	16	314	25	7,3	17,9	31,2	6,7	14,7	0	XEec(75) CMc(25)
39	0,3	907	1246	248	412	24	5,9	14,8	32,2	1,7	17,1	0	CMc(67) CMg(33)
40	4,4	711	1307	297	587	35	4,2	15,4	33,8	2,1	18,3	0	CMc(85) FLe(10)
41	7,7	377	1065	56	610	30	4,3	16,7	34,9	3,5	17,9	0	CMc(58) FLe(22)
42	0,6	591	928	372	769	29	4,1	15,4	32,2	3,1	16,7	0	CMc(60) VRx(27) LVk(13)
43	1,2	89	1013	1	672	21	4,6	18	33	6,7	15	0	CMc(43) FLe(18) VRx(18)
44	3,2	108	265	9	588	27	4,5	17,8	36	4,3	17,5	0	PLd(24) VRx(18) FLe(17) LVk(11)
45	4,8	356	767	56	706	34	4	16,5	35,1	3,1	17,8	0	CMc(62) LVk(12) LVx(10)
46	2,2	579	790	345	627	39	3,9	15,8	34,4	2,6	18,3	0	CMc(55) LVx(25) CMd(11)
49	1,1	237	891	8	628	57	3,2	15,7	27,8	5,8	-	0	CMc(100)

partiendo del material seleccionado en las olmedas ibéricas o bien mediante cruzamientos con olmos asiáticos o procedentes de otros centros europeos (Ipinza y Gil, 1989). A largo plazo se espera difundir en la naturaleza el mayor número de olmos resistentes capaces de reproducirse sexualmente. Los resultados obtenidos hasta el momento en el programa de mejora genética muestran que la resistencia es variable. Ésta se debe a distintos mecanismos, como rasgos preformados, tales como el diámetro medio de los vasos del xilema o la proporción de vasos con gran diámetro, lo que influye sobre la conductividad hidráulica del sistema leñoso; también una apertura de las punteaduras de menor tamaño y unos radios parenquimáticos de menor altura y anchura, junto a una menor proporción de parénquima radial, lo que dificulta la dispersión del hongo en el interior del olmo y la accesibilidad de nutrientes (Martín *et al.*, 2009). También se han identificado factores de resistencia inducidos, como la presencia de tilosas o la rapidez en la formación de zonas de barrera y compartimentación de la enfermedad. Además de los factores de resistencia propios del genotipo, la interacción de la planta con factores ambientales de tipo biótico o abiótico puede inducir resistencia ante la grafiosis (Martín *et al.*, 2010). Éste es el motivo por el cual determinados olmos que se muestran susceptibles al ser inoculados en vivero, resisten en campo a la enfermedad. Las últimas investigaciones apuntan a que, en determinados casos, la flora de microorganismos endófitos simbiotes, que habita en el interior del árbol sin causar enfermedad, puede predisponer al árbol a una mejor defensa ante una infección por grafiosis, o bien puede inhibir al patógeno directamente, mediante la producción de metabolitos específicos (Martín *et al.*, 2013).

La evaluación del nivel de resistencia a la grafiosis de los genotipos del programa de conservación y mejora de los olmos ibéricos se realiza mediante la inoculación artificial del hongo *Ophiostoma novo-ulmi* en 6 ó más réplicas por clon. Estos ejemplares se encuentran en parcelas con genotipos control que han sido testados repetidas veces y de los que se conoce su respuesta a la enfermedad. Posteriormente, se evalúa el porcentaje de marchitamiento de las copas de los olmos inoculados y tras su comparación con los controles se determina qué genotipos se incluyen en el ciclo de mejora y cuáles son excluidos (Solla *et al.*, 2003). Para completar su ciclo de mejora es necesario evaluar su comportamiento como clones en dos ambientes distintos para eliminar el factor ambiental ante la respuesta a la enfermedad. Además de evaluar el nivel de resistencia de los clones también se caracterizan la fenología floral y foliar (López-Almansa, 2002), la capacidad reproductiva sexual y asexual, el porte del clon, la morfología foliar y su valor ornamental. Asimismo, se realiza una caracterización genética del DNA del cloroplasto y nuclear (Weising y Gardner, 1999; Whiteley *et al.*, 2003; Collada *et al.*, 2004) para determinar si los ejemplares son de linaje ibérico o italiano.

La catalogación como materiales de base de aquellos olmos que se demuestren resistentes, al tratarse de clones, ha de hacerse exclusivamente en las categorías cualificada o controlada, y en ambos casos el criterio de selección será la resistencia a la enfermedad. De acuerdo con los resultados que se están obteniendo, es de prever la incorporación al Catálogo Nacional de Materiales de Base de siete genotipos (Tabla 2) como material clonal cualificado resistente a la grafiosis.

A pesar del grado de amenaza que sufre la especie, la única figura de protección actualmente recogida por la normativa para *U. minor* es la que aparece en el Catálogo

Regional de Flora Silvestre Protegida de la Región de Murcia (D. 50/2003), donde se le asigna la categoría de especie “De interés especial”. El género *Ulmus* se encuentra sujeto a la normativa sobre pasaporte fitosanitario.

Tabla 2. Clones de *Ulmus minor* Mill. de origen ibérico seleccionados en el “Programa español de mejora genética del olmo frente a la grafiosis” (MAGRAMA-UPM) por su tolerancia a la enfermedad: marchitamiento en respuesta a la inoculación durante dos años consecutivos (media \pm error estándar) (control resistente: ‘Sapporo Autumn Gold’[®] – cultivar híbrido de *Ulmus pumila* x *U. davidiana* var. japonica comercializado como resistente; control susceptible: clones ibéricos de *U. minor*, normalmente, con grado de marchitamiento $>80\%$ en diferentes ensayos de inoculación) (número de ramets inoculados por clon ≥ 6).

Nombre del clon	Lugar de ensayo	Año de inoculación	Marchitamiento de la copa 60 días tras la inoculación (%)		
			Clon seleccionado	Sapporo Autumn Gold (Control resistente)	Control susceptible
Ademuz	Madrid	2008	11,1 \pm 7,0	48,1 \pm 9,9	89,2 \pm 4,5
		2009	17,5 \pm 4,6	21,4 \pm 6,7	87,1 \pm 3,1
Dehesa de Amanuel	Madrid	2011	1,4 \pm 4,9	31,7 \pm 4,9	86,7 \pm 4,9
		2012	1,7 \pm 5,4	11,0 \pm 5,4	80,0 \pm 6,3
Dehesa de la Villa	Madrid	2009	12,0 \pm 5,6	18,1 \pm 6,9	81,3 \pm 5,5
		2010	15,2 \pm 6,9	0,0 \pm 8,6	99,0 \pm 6,7
Fuente Umbría	Guadalajara	2010	3,2 \pm 4,3	18,3 \pm 4,3	70,7 \pm 6,1
		2011	11,3 \pm 5,0	15,5 \pm 4,8	86,4 \pm 7,5
Majadahonda	Madrid	2008	13,1 \pm 7,8	48,1 \pm 9,9	89,2 \pm 4,5
		2009	19,1 \pm 5,3	21,4 \pm 6,7	87,1 \pm 3,1
Retiro	Madrid	2011	14,0 \pm 5,2	31,7 \pm 4,9	86,7 \pm 4,9
		2012	6,2 \pm 5,8	15,5 \pm 4,8	86,4 \pm 7,5
Toledo	Madrid	2011	31,6 \pm 5,2	31,7 \pm 4,9	86,7 \pm 4,9
		2012	15,5 \pm 5,8	15,5 \pm 4,8	86,4 \pm 7,5

2.2. Técnicas de manejo y propagación

2.2.1. Semillas

La recolección de semillas de olmo se realiza en los meses de marzo y abril. Las sámaras se pueden recolectar de forma manual directamente del árbol o mediante vareo o agitación de las ramas, colocando una lona o red bajo el árbol. Este último procedimiento, en el que se provoca la caída natural, garantiza que la semilla se recoge en el momento adecuado; el no desprendimiento de las semillas significa que los frutos no están bien maduros (Catalán, 1991). También se pueden recolectar las semillas barriendo las que se encuentran en el suelo tras la dispersión. No obstante, si se quieren mantener las semillas separadas por familias, el método del barrido no es válido y el vareo no es muy apropiado, puesto

que podrían caer semillas sobre la lona o la red de algún árbol cercano. Se recomienda recolectar las sámaras cuando el ala de las mismas se ha secado y vuelto marrón, lo que ofrece más garantías para su conservación. Con todo, si es necesario obtener las semillas de un determinado ejemplar, se pueden recolectar algo verdes, no demasiado, para no correr el riesgo de que las semillas se dispersen por algún temporal de viento antes de su recogida. En este caso, es de gran importancia proceder de inmediato tras la recolección a su extendido en capas finas en un lugar fresco y seco y a su volteo periódico, para que se sequen las alas y evitar pudriciones y la aparición de hongos durante su conservación. De igual forma ha de procederse si las sámaras se recogen húmedas debido a las condiciones ambientales, pues además existe el riesgo de germinaciones indeseadas. Se ha de evitar en todo caso un secado demasiado agresivo, pues puede dañar las semillas irremediablemente.

Un índice para determinar el grado de madurez de la semilla de olmo, y que cabe utilizar para fijar el momento de su recogida, es su contenido de humedad. Se ha visto que la viabilidad de la semilla de olmo está en relación inversa con el contenido de humedad de las mismas. Las semillas con un contenido de humedad del 75-85% en el momento de su recogida presentan capacidad germinativa nula (Catalán, 1991).

Dada la frecuencia de elevados porcentajes de semilla vana, antes de proceder a la recogida es preciso evaluar de forma aproximada el grado de incidencia de esta circunstancia en los frutos; en campo, esta tarea puede realizarse mediante el tacto. Más tarde, ya acondicionadas, cabe evaluar de una forma más segura la proporción de semillas llenas, vanas y sin desarrollar, preferiblemente sobre una mesa de luz. La eliminación, tras el secado, de las hojas, ramillas y otras impurezas puede realizarse de forma manual o, al ser las sámaras más ligeras, mediante aventado inverso y posterior cribado (Myatt *et al.*, 1998; Barbour y Brinkman, 2008).

Normalmente se comercializa y utiliza como semilla la sámara entera (Fig. 2). Sin embargo, si el lote presenta muchas semillas vanas o si éstas deben retirarse para facilitar la siembra, es preciso eliminar el ala membranosa. Esto puede hacerse frotando las semillas contra una criba (malla 5-6 mm) o bien golpeándolas, metidas en sacos, con varas. Posteriormente se separan las semillas llenas de las vanas y de los restos de ala con una máquina aventadora (Catalán, 1991). No obstante, estas operaciones pueden dañar la semilla.

Las semillas de *U. minor* son ortodoxas y pueden secarse hasta 3,3% de humedad sin sufrir reducción de su capacidad germinativa (Tompsett, 1986). Sin embargo, las semillas de olmo pierden rápidamente viabilidad en condiciones normales de temperatura y humedad. Su conservación invernal y a corto plazo ha de hacerse en recipientes herméticos, a una temperatura entre -1 y 4 °C y con un contenido de humedad del 7-10% (Piotto y di Noi, 2003; Alía *et al.*, 2009). Para plazos mayores de tiempo, el porcentaje de humedad debe estar próximo al 5% y la temperatura de almacenaje alcanzar los -13 °C (Tompsett, 1986). No obstante, es preciso hacer constar que la conservación reviste una importancia relativa, dada la posibilidad de disponer de semilla fresca del año y la conveniencia de proceder a su siembra inmediata. Las semillas de *U. minor* no presentan durmancia y en condiciones naturales suelen germinar en la misma primavera en la que son dispersadas. La capacidad

germinativa de las semillas llenas suele ser superior al 80%, llegando a porcentajes del 95% (Tompsett, 1986; Dirr y Heuser, 1987; Cicek y Tilki, 2007). La luz no afecta a la capacidad germinativa de estas semillas y los mayores porcentajes de germinación se han obtenido con temperatura constante de 25 °C y con un régimen alternante de 30/20 °C (8/16 horas) (Cicek y Tilki, 2007).

Las normas ISTA (2011) prescriben para algunas especies del género *Ulmus* (*U. americana*, *U. parviflora*, *U. pumila*) como condiciones de germinación una alternancia térmica de 20-30 °C, según un ciclo de 16-8 horas, y como alternativa una temperatura constante de 20 °C, recomendando la retirada del pericarpo para favorecer la germinación. Asimismo, establecen el protocolo que se debe seguir para el ensayo al tetrazolio, que establece como actuaciones previas a la tinción la inmersión de las semillas en agua a 20 °C durante 18 horas y la realización de un corte transversal por la mitad (ISTA, 2003). En la Tabla 3 se recogen una serie de datos de referencia de lotes de semillas de olmo; las tasas de germinación de los lotes pueden ser muy variables en función del porcentaje de semillas vanas.

Tabla 3. Datos característicos de lotes de semillas de *Ulmus minor* (datos referidos a sámaras).

Pureza (%)	Facultad germinativa (%)	Nº semillas kg ⁻¹	Referencia
90	30-50	(130.000-160.000)	Catalán (1991)
	60-90	117.000-120.000-140.000	Piotto (1992)
95	36		Navarro-Cerrillo y Gálvez (2001)
90-95	30-50	130.000-190.000	CNRGF <i>El Serranillo</i> (Anexo III)

La germinación es hipogea y la plántula, de 3-4 cm, presenta dos cotiledones elipsoidales y hojas primordiales aovadas, algo acorazonadas, de borde finamente aserrado y color verde brillante (Navarro y Gálvez, 2001).

2.2.2. Vegetativa

Ulmus minor se propaga en la naturaleza de manera vegetativa con relativa facilidad, produciendo abundantes rebrotes de raíz, sobre todo cuando se produce la muerte de la parte aérea de la planta. Estos rebrotes arraigan con facilidad cuando se separan de la madre con algo de raíz. No obstante, se han desarrollado numerosos métodos de propagación vegetativa para esta especie y el éxito o fracaso de estas depende en gran medida del genotipo a propagar (Burón *et al.*, 2003). Por eso, no existe un método universal para propagar la especie, dando lugar a una extensa bibliografía al respecto, así como metodologías diversas. Las más comunes son el estaquillado de raíz, el estaquillado aéreo, el injerto y la propagación *in vitro*, aunque con clones resistentes que presentan dificultades para propagarse se han probado técnicas más inusuales, como el acodo aéreo combinado con aplicaciones de reguladores de crecimiento y bacterias (Rinallo *et al.*, 1999).

El estaquillado de raíz para olmos ha sido puesto a punto y empleado en los programas de mejora genética de los olmos frente a la grafiosis en distintos países (Doran y McKenzie, 1949; Brezt y Swingle, 1950; Shreiber, 1963; Tchernoff, 1963). Para preparar estaquillas de raíz, primero se cava una pequeña zanja alrededor de la base del tronco y se localizan las raíces. A continuación se cava siguiendo la trayectoria de las raíces con cuidado de no dañarlas. Las raíces de las que se pueden preparar estaquillas son aquellas con diámetros comprendidos entre 0,5 y 2,5 cm. A la hora de extraerlas hace falta marcar la parte proximal y distal de la raíz, puesto que hay que plantarlas con la polaridad correcta para que puedan arraigar, ya que las nuevas raicillas sólo se formarán en el extremo distal (Hartman y Kester, 1959), pudiendo emplearse para ello un corte recto en la parte proximal y biselado en la distal o el marcado con pintura. Las raíces deben conservarse en húmedo, protegidas del sol y del aire hasta su preparación a temperaturas comprendidas entre los 4 y los 8 °C durante un máximo de 15 días antes de su preparación. Las estacas se preparan cortando segmentos de 10 cm de las raíces y eliminando las partes dañadas. Estos segmentos se lavan en agua, se les elimina las raicillas secundarias y se desinfectan sumergiéndolas 10 minutos en fungicida (benomilo al 0,2%). Las estaquillas se colocan verticalmente en el sustrato (mezcla de perlita y turba negra en proporción 3:1 en volumen) con la parte proximal sobresaliendo entre 1-2 cm, ya que de esta manera se producen mayores porcentajes de enraizamiento (Doran y McKenzie, 1949). El sustrato ha de mantenerse húmedo en todo momento, pero nunca encharcado. Los envases pueden dejarse en el exterior, siempre que se sitúen bajo umbráculo, y deben protegerse con malla antihelada si hay riesgo de que ésta se produzca. El momento óptimo para recoger las estaquillas es a finales de invierno, en período de reposo vegetativo. Al inicio de la primavera, con la subida gradual de las temperaturas y el aumento de la intensidad de la luz, se empieza a formar en el extremo proximal de la estaquilla un anillo verde de tejido calloso, situado entre la corteza externa y el leño interior, en contacto con el cambium vascular y el suberoso. Una semana después, en este anillo se empiezan a diferenciar zonas meristemáticas que darán lugar a la aparición de yemas adventicias. Dos semanas más tarde, ya se pueden apreciar los primeros brotes con hojas. Al mismo tiempo o un poco posterior, se forman las raíces. La gran mayoría de las estaquillas producirá los brotes adventicios, pero no todas consiguen enraizar, siendo los resultados muy variables (0-80%) en función del genotipo y la edad de la planta a propagar (Burón *et al.*, 2003). La gran ventaja de este método de propagación es su sencillez y el que no se requieren unas instalaciones sofisticadas. No obstante, la extracción de las raíces es un trabajo arduo y lento y, en función de dónde se encuentre el árbol, no siempre posible.

La metodología para realizar el estaquillado aéreo de invierno o estaquillado sin hojas que se va a describir, es la propuesta por Mittempergher *et al.* (1991). Para realizar este tipo de propagación se emplean los brotes del año y si son de escaso crecimiento hace falta incorporar parte del brote del año anterior. Las ramas más propicias para este tipo de propagación son las de la zona baja de la copa que no contengan yemas florales. Este material se recolecta durante la parada vegetativa del árbol (diciembre-marzo) y la mejor época para colocar las estaquillas en la cama de enraizamiento es febrero. La estaquilla se prepara cortando los brotes del año en segmentos de 15-20 cm. El corte de la parte apical se realiza biselado y el de la zona basal perpendicular a la ramilla, justo por encima y por debajo, respectivamente, de una yema. La base de la estaquilla se sumerge a continuación



Figura 4. Estaquillas leñosas de *Ulmus minor* de genotipos resistentes a la grafiosis en mesa de enraizamiento en el Vivero de Ejea de los Caballeros (Foto: J. Pemán).

durante 5 segundos en una solución de 6.000 ppm (6 g l^{-1}) de ácido indolbutírico (AIB) en alcohol al 30%. Antes de colocar las estaquillas en la cama de enraizamiento se ha de tratar la base de la estaquilla con fungicida. Se puede utilizar una mezcla en polvo de benomilo y talco, con una concentración del 5,5% (2 g de benomilo al 50% humectable en 16 g de talco) (Burón *et al.*, 2003). Las estaquillas se plantan introduciendo un tercio de su longitud en la cama de enraizamiento, siendo el sustrato empleado perlita o perlita mezclada con turba negra en una relación de volumen de 3:1. El sustrato ha de mantenerse siempre húmedo, pero sin encharcar, para que exista una buena aireación de la base de la estaquilla. Se emplea un sistema de cama caliente, siendo la temperatura óptima del sustrato de 18-20 °C. La parte aérea de la estaquilla debe encontrarse a una temperatura inferior para favorecer el enraizamiento y evitar el brote prematuro de las yemas foliares, que podrían agotar las reservas de la estaca. Para evitar la aparición de hongos se recomienda realizar tratamientos semanales con fungicida. A las dos semanas desde su colocación empiezan a formarse las primeras raicillas y callos en las estaquillas. Las estaquillas enraizadas estarán listas para su trasplante transcurrido un mes y medio o dos meses. El porcentaje de enraizamiento es muy variable en función de los distintos genotipos, pero suele encontrarse en el intervalo 15-40%. La gran ventaja de este método de propagación es la sencillez y rapidez, tanto en la recolección del material como en la preparación de las estaquillas. Además, se pueden conservar las ramas y estaquillas, incluso ya hormonadas, a 4 °C durante varias semanas antes de ser colocadas en la cama de enraizamiento. Las instalaciones que se requieren no son muy sofisticadas y es uno de los métodos de propagación vegetativa más económicos.

El estaquillado aéreo de verano o con hojas es muy similar al estaquillado de invierno. La mejor época para recolectar el material es junio y julio, cuando la base de los crecimientos anuales ya se encuentra algo lignificada. Las ramillas se han de conservar con humedad y en frío hasta su preparación, que debe realizarse lo antes posible, en el mismo día de la recolección. Se preparan estaquillas de unos 15 cm de la parte basal de la rama, realizándose un corte biselado en la parte apical, por encima de una hoja y yema axial, y un corte perpendicular al tallo, justo por debajo de una yema en su extremo basal. A continuación se eliminan todas las hojas de la estaquilla a excepción de la apical. Si ésta es de gran tamaño se recorta la lámina foliar para evitar una excesiva desecación de la estaquilla por transpiración. La parte basal de la estaquilla se sumerge 5 segundos en una solución de ácido indolbutírico (AIB) con etanol al 25% y una concentración de 1.000 ppm (1 g l⁻¹). Cuando se seca se trata la base con fungicida y se introduce un tercio de su longitud en la cama de enraizamiento, cuya temperatura óptima es 18-20 °C (Mittempergher *et al.*, 1991; Burón *et al.*, 2003). El sustrato a emplear es perlita o una mezcla de perlita y turba negra en proporción 3:1 y debe mantenerse húmedo, pero no encharcado. La humedad de la cámara de propagación debe estar en torno al 80% para evitar la desecación de las estaquillas y la temperatura de la misma no deber superar los 25 °C. Las hojas comienzan a caerse a las dos semanas, al mismo tiempo que empiezan a brotar las yemas. Hay que ir retirando las hojas que se caen para evitar la aparición de hongos y favorecer un riego homogéneo. Se debe realizar un tratamiento semanal con fungicida. Este estaquillado produce mayor porcentaje de enraizamiento que el estaquillado de invierno (Tchernoff, 1963), pero requiere unas instalaciones mucho más sofisticadas que las del estaquillado sin hojas. Un inconveniente de este método de propagación es que hace falta preparar las estaquillas de forma inmediata tras su recolección.

Los injertos en T o de escudete y los de aproximación en placa han sido empleados con *U. minor* con éxito (Burón *et al.*, 2003). Los injertos de aproximación en placa tienen la ventaja de que se pueden injertar ramas sexualmente maduras, pero el inconveniente de que es un injerto laborioso y que la unión entre el injerto y el patrón es muy frágil durante los primeros años, pudiendo romperse por la acción del viento. Debido a esto, se desaconseja este tipo de propagación. Para la realización de un injerto en T o escudete se requiere un patrón con un diámetro en el tallo principal de 0,5-1,5 cm, lo que en el caso del olmo se corresponde con brinzales de 1 a 3 savias. El injerto puede ser homoplástico aunque se recomienda realizar un injerto heteroplástico con patrón de *U. glabra* ya que esta especie no rebrota de raíz (Dirr y Heuser, 1987). Los injertos se han de realizar cuando la planta está en crecimiento con sus células cambiales en división activa. En la práctica se pueden realizar de marzo a septiembre, denominándose a “ojo dormido” las que se realizan en este último mes, porque la yema injertada no brota hasta la primavera siguiente. Los patrones han de regarse abundantemente los días previos al injertado para que la corteza se desprenda mejor. Se eliminan todas las ramas laterales cercanas al punto en el que se va a realizar el injerto y se efectúa un corte en forma de T sobre el patrón, de 1 cm de longitud el corte horizontal y de 2,5 cm el vertical, de tal manera que la corteza se pueda despegar. Las yemas a injertar han de recolectarse de ramas con brotes vigorosos del año que contengan yemas vegetativas y no florales. Para la extracción de la yema se corta la hoja dejando el pecíolo y se realiza un corte transversal sobre el tallo un centímetro por encima de la yema, penetrando en la madera. A continuación,

se realiza un corte rebanador desde un centímetro por debajo de la yema hasta el primer corte penetrando en la madera de forma que se obtiene el escudete. Éste se inserta en el patrón por debajo de la corteza levantando los labios de la incisión en T, respetando la polaridad y cubriendo los bordes del escudete, pero no la yema con los labios. Se envuelve la unión del injerto con cinta plástica transparente de arriba a abajo sin cubrir la yema. Esta cinta ha de sujetarse firmemente para evitar la desecación de la unión y favorecer el contacto entre patrón y escudete. Las plantas injertadas deben colocarse a la sombra y la temperatura óptima para que se produzca la unión son 20-25 °C. La unión suele producirse a las 3 semanas, momento en el cual se puede eliminar la cinta plástica. No obstante, la mayoría de las yemas sólo brotarán la primavera siguiente, momento en el cual se ha de cortar el patrón justo por encima del injerto. Se han de eliminar el resto de brotes que salgan en el patrón.

El cultivo *in vitro* puede ser de gran importancia para la propagación de los clones catalogados como material controlado por su resistencia a la grafiosis o para reproducir genotipos de árboles singulares que se quiere conservar o testar su resistencia a la grafiosis y que no se consiguen propagar de otra manera. Se han ensayado numerosos métodos de propagación *in vitro* para *U. minor*; habiéndose obtenido buenos resultados con técnicas de microestaquillado y embriogénesis somática.

Para el microestaquillado se han empleado distintos tipos de explantos para la propagación inicial. Fenning *et al.* (1993) emplea la parte apical de ramillas laterales de plantas jóvenes para la propagación inicial y posteriormente usa las hojas obtenidas de éstas microestaquillas como explantos. Díez y Gil (2004) emplean segmentos nodales de los brotes apicales del año para la propagación inicial y posteriormente los brotes adventicios obtenidos de manera exitosa con árboles de cuatro savias. Para la propagación de árboles maduros se han obtenido buenos resultados empleando el microestaquillado de brotes obtenidos de estaquillas de ramas en parada vegetativa (Conde *et al.*, 2008) y utilizando yemas axilares en parada vegetativa como explantos (Malá *et al.*, 2007). Conde *et al.* (2004) han desarrollado un protocolo para la propagación de ejemplares maduros de olmos mediante embriogénesis somática a partir de hojas.

3. Producción de plantas

De emplear semillas, las siembras se harán en primavera con semilla fresca sin necesidad de tratamiento previo alguno, produciéndose la emergencia al cabo de 1-2 semanas. De tener que recurrir a semillas almacenadas durante algún tiempo, es conveniente ponerlas a remojo en agua fría durante unos días, dejarlas secar ligeramente y sembrarlas a continuación (Catalán, 1991). Dadas sus características, se puede cultivar a raíz desnuda a partir de estaquillas o de semillas sembradas a voleo, a dosis de 40 g m⁻², o en surcos separados 20-25 cm, a razón de unas 50 semillas por metro, y a una profundidad de 0,5 cm. Es recomendable un sombreado durante las primeras semanas. La planta producida puede tener entre 1 y 3 savias y suele ser objeto de repicado (1+0, 1+1 y 1+2). Cabe obtener plantas de 6-8 cm de perímetro y hasta 100-150 cm de altura.

Asimismo, cabe acudir al cultivo en envase, tanto si se utiliza la propagación sexual como la vegetativa. Los envases a emplear deben ser de 300 cm³ o mayores y la densidad

de cultivo inferior a 300 plantas m^{-2} (Fig. 5). Es recomendable, especialmente cuando se trata de lotes con un importante porcentaje de semillas vanas, hacer la siembra en bandejas semilleros, de donde se trasplantarán las plantitas al cabo de una semana de nacer al alvéolo de cultivo definitivo. Se recomienda cubrir las semillas con una capa de vermiculita de un milímetro de espesor. El sustrato a emplear será a base de componentes orgánicos, tipo turba rubia o fibra de coco generalmente en mezcla con algún componente inorgánico, como perlita o vermiculita, en proporción 3:1 (volumen). En cuanto a la fertilización, una alternativa es la incorporación al sustrato de un fertilizante de liberación lenta y la aplicación de abono foliar de forma periódica. A tal respecto, como referencia de abonado controlado durante la primera savia y para un período de 8-9 meses puede servir la adición, por litro de sustrato, de 2 g de un fertilizante tipo 18-11-10 ó 2,5 g de otro, tipo 14-8-15. Otra opción es el uso de turbas fertilizadas, con abonado de base tipo 16-8-16, y fertilización de mantenimiento de tipo 20-7-19, con un rango en la concentración de N de 160-190 ppm.



Figuras 5 a y b. Brinzales de *Ulmus minor* de una savia producido en alvéolo de 300 cm^3 (izquierda), y de dos savias cultivado durante el primer año en el mismo tipo de alvéolo y trasplantado a envase de 1 litro para su segundo año de cultivo (derecha) (Fotos: CNRGF *El Serranillo*).

Los olmos cultivados en envase pueden llevarse a campo con 1-2 savias. En caso de continuación del cultivo durante un segundo año, es conveniente trasplantar los olmos de los alvéolos de la bandeja a un contenedor de mayor capacidad (2-3,5 l). El olmo es una especie de crecimiento rápido, estando el tamaño de la planta producida muy relacionado con el del envase utilizado. Con envases de 300-400 cm^3 se obtienen plantas de una savia

con una altura de 25-50 cm y diámetro basal de 4-6 mm, mientras que con contenedores de 2-3 litros las plantas de tipo 1+1 alcanzan alturas de 100-150 cm y diámetros basales de 8-12 mm.

En el caso de que se quiera obtener planta de mayor tamaño para parques y jardines se pueden plantar en eras las plantas cultivadas inicialmente en envase. El marco de plantación en este caso dependerá del tamaño final de la planta que se quiere obtener y el método de extracción de la misma. La distancia mínima aconsejable entre plantas colocadas en la misma fila es de 0,5 m, puesto que el sistema radical desarrollado es potente y se dañarían los árboles al extraerlos si se plantan demasiado juntos. Si se plantan con dos savias a la cuarta savia los olmos suelen medir entre 4-5 m.

4. Uso en repoblaciones y restauraciones

En la actualidad el uso de esta especie en restauraciones y forestaciones resulta controvertido, debido a la incertidumbre sobre el estado sanitario y la susceptibilidad del material de reproducción a la grafiosis. Por ello, los olmos no son demandados para la reforestación por el riesgo de perder las plantaciones conforme la enfermedad de la grafiosis retorne a fases epidémicas, lo que es muy probable cuando las actuaciones tienen una cierta entidad y se establecen en entornos donde se mantiene de forma endémica. Sin embargo, el papel protector de vegas y riberas que caracteriza a la especie se logra tras la repoblación con olmos. Aunque la parte aérea muera por la enfermedad al alcanzar un cierto tamaño su tronco principal, el sistema radical permanece y los olmos plantados vuelven a brotar. Tras cerca de tres décadas de situación epidémica puede que los numerosos olmos que aún permanecen tengan un cierto nivel de resistencia, por lo que la utilización de la especie es recomendable en los terrenos de la España caliza, que en el pasado le pertenecieron, con objetivos de conservación, tanto del recurso genético como de los suelos en los que se reforesta. Cabe destacar, que la especie propia de la España silíceo es el negrillo, *Ulmus laevis* Pallas (Fuentes 2008, Venturas *et al.* 2013).

En el programa español de conservación de la especie se han detectado niveles de tolerancia muy aceptables en olmos ibéricos, similar e incluso superior a la de los híbridos que se utilizan en plantaciones ornamentales (Tabla 2); pero la capacidad de difundir este material clonal es muy reducida en la actualidad y se limita a satisfacer las necesidades del programa. El número disponible de clones es todavía pequeño y se están caracterizando los mecanismos de tolerancia para diseñar cruzamientos que aúnen varios factores y, así, lograr resistencias más difíciles de superar por el patógeno en un número amplio de genotipos poco o nada emparentados. No obstante, una vez estén disponibles los clones resistentes, se recomienda emplear en las restauraciones una mezcla del mayor número posible de dichos genotipos, a fin de que las poblaciones establecidas no se vean comprometidas por la grafiosis y se mantengan niveles adecuados de diversidad genética.

5. Planificación de la repoblación

Dado el carácter protector de las repoblaciones en márgenes de ríos y riberas se recomienda la preparación puntual del terreno mediante ahoyado manual o mecánico.

Se recomienda añadir fertilizante durante la plantación para favorecer el crecimiento de la planta en los primeros años. Se han de eliminar todas las bolsas de aire que pudieran quedar en contacto con la raíz compactando la tierra empleada para rellenar el hoyo en la plantación. También se debe aportar un riego de establecimiento. El olmo es una especie muy palatable, siendo uno de los mayores riesgos para las repoblaciones la herbivoría, debido a lo cual han de colocarse protectores a las plantas.

La mejor época para realizar las repoblaciones es a finales de otoño e invierno, durante la parada vegetativa de la planta. La densidad de plantación puede variar en función del objetivo de la repoblación y el tipo de planta empleada. Mayores densidades serán empleadas con brinzales, ya que la probabilidad de que algunos mueran por grafiosis es elevada, mientras que si se emplean clones tolerantes a la enfermedad serán menores. Estas densidades se encontrarían entre los 270 y 1.100 pies ha⁻¹. Un marco de plantación apropiado para clones tolerantes a la enfermedad sería 6 x 6 m, con objeto de favorecer la formación de una copa amplia y una temprana floración, buscando que estos ejemplares transmitan sus genes, portadores de caracteres de resistencia, a las olmedas circundantes (Fig. 6). No obstante, siempre que sea factible, dado el carácter protector y estético de estas repoblaciones, se recomienda huir de los marcos convencionales y emplear una distribución aleatoria.

Dada su exigencia en humedad y nutrientes, durante los dos primeros veranos conviene realizar riegos de apoyo para favorecer el establecimiento de las plantas y desbrozar alrededor de los pies a fin de evitar una excesiva competencia por recursos. También ha de realizarse una poda de formación a los 2-3 años de su plantación.



Figura 6. Parcela de adaptación de *Ulmus minor* en Valsain. (Foto: M. Venturas).

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. 331-335.
- BARBOUR J.R., BRINKMAN K.A., 2008. *Ulmus* L. En: The woody plant seed manual (Bonner F.T., Karrfalt R.P., eds.). United States Department of Agriculture, Forest Service, Agriculture Handbook 727, Washington. pp. 1143-1149.
- BRETZ T.W., SWINGLE R.U., 1950. Propagation of disease-resistant Elms. Am. Nurserym. 92, 7-9.
- BURÓN M., DÍEZ J., GIL L., 2003. Propagación vegetativa de los olmos. En: Los olmos ibéricos. Conservación y mejora frente a la grafiosis. (Gil L., Solla A., Iglesias S., eds.). Ministerio de Medio Ambiente. Madrid. pp. 185-212.
- 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. 384-386.
- CICEK E., TILKI F., 2007. Seed germination of three *Ulmus* species from Turkey as influenced by temperature and light. J. Environ. Biol. 28, 423-425.
- COLLADA C., FUENTES-UTRILLA P., GIL L., CERVERA M.T., 2004. Characterization of microsatellite loci in *Ulmus minor* Miller and cross-amplification in *U. glabra* Hudson and *U. laevis* Pall. Molec. Ecol. Notes 4, 731-732.
- CONDE P., LOUREIRO J., SANTOS C., 2004. Somatic embryogenesis and plant regeneration from leaves of *Ulmus minor* Mill. Plant Cell Rep. 22, 632-639.
- CONDE P., SOUSA A., COSTA A., SANTOS C., 2008. A protocol for *Ulmus minor* Mill. micropropagation and acclimatization. Plant Cell Tiss. Organ Cult. 92, 113-119.
- DÍEZ J., GIL L., 2004. Micropropagation of *Ulmus minor* and *U. minor* x *U. pumila* from 4-year-old ramets. Invest. Agr.: Sist. Recur. For. 13, 249-254.
- DIRR M.A., HEUSER C.W.Jr, 1987. The reference manual of woody plant propagation: from seed to tissue culture. Athens, GA: Varsity Press. pp. 212-214.
- DORAN W.L., MCKENZIE M.A., 1949. The vegetative propagation of a few species of elm. J. For. 47, 810-812.
- FENNING T.M., GARTLAND K.M.A., BRASIER C.M., 1993. Micropropagation and regeneration of English elm, *Ulmus procera* Salisbury. J. Exp. Bot. 44, 1211-1217.
- FUENTES P., 2008. Estudio de la variabilidad genética del género *Ulmus* L. en España mediante marcadores moleculares. Tesis Doctoral. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.
- GARCÍA-NIETO M.E., GÉNOVA M., MORLA C., ROSSIGNOLI A., 2003. Los olmos en el paisaje vegetal de la Península Ibérica. En: Los olmos ibéricos. Conservación y mejora frente a la grafiosis. (Gil L., Solla A., Iglesias S., eds.). Ministerio de Medio Ambiente, Madrid. pp. 129-158.
- GIL L., LÓPEZ R.A., GARCÍA-NIETO M.E., 2003. Historia de los olmos en la Península Ibérica. En: Los olmos ibéricos. Conservación y mejora frente a la grafiosis. (Gil L., Solla A., Iglesias S., eds.). Ministerio de Medio Ambiente, Madrid. pp. 69-114.
- GIL L., FUENTES-UTRILLA P., SOTO A., CERVERA M.T., COLLADA C., 2004. English elm is a 2000-year-old Roman clone. Nature 431, 1053.
- HARTMANN H.T., KESTER D.E., 1998. Propagación de plantas. Principios y prácticas. Compañía Editorial Continental, S.A. Sexta reimpresión. México. pp. 255-277.
- HEYBROEK H.M., 2003. Los olmos en la historia y cultura de Centroeuropa. En: Los olmos ibéricos. Conservación y mejora frente a la grafiosis. (Gil L., Solla A., Iglesias S., eds.). Ministerio de Medio Ambiente. Madrid. pp. 23-48.

- ISTA (International Seed Testing Association), 2003. Working sheets on tetrazolium testing testing: Tree and shrub species. Volume II. ISTA, Bassersdorf, Switzerland.
- ISTA (International Seed Testing Association), 2011. International rules for seed testing. Edition 2011. ISTA, Bassersdorf, Switzerland.
- IPINZA R., GIL L., 1989. Mejora genética del olmo frente a la grafiosis en España. En: Mejora genética de especies arbóreas forestales. (Pardos J.A., ed.). Fundación Conde del Valle de Salazar, Madrid. pp. 394-410.
- LÓPEZ R.A., 2003. Paleobotánica de los olmos. En: Los olmos ibéricos. Conservación y mejora frente a la grafiosis. (Gil L., Solla A., Iglesias S., eds.). Ministerio de Medio Ambiente. Madrid. pp. 49-68.
- LÓPEZ-ALMANSA J.C., 2002. Biología de la reproducción en *Ulmus minor* Mill. y sus híbridos en España. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.
- LÓPEZ-ALMANSA J.C., GIL L., 2003 a. Biología reproductiva de los olmos ibéricos. En: Los olmos ibéricos. Conservación y mejora frente a la grafiosis. (Gil L., Solla A., Iglesias S., eds.). Ministerio de Medio Ambiente. Madrid. pp. 213-236.
- LÓPEZ-ALMANSA J.C., GIL L., 2003 b. Empty samara and parthenocarpy in *Ulmus minor* s.l. in Spain. *Silvae Genet.* 52, 241-243.
- LÓPEZ-ALMANSA J.C., YEUNG E.C., GIL L., 2004. Abortive seed development in *Ulmus minor* (*Ulmaceae*). *Bot. J. Linn. Soc.* 145, 455-467.
- MALÁ J., CVIKROVÁ M., CHALUPA V., 2007. Micropropagation of mature trees of *Ulmus glabra*, *Ulmus minor* and *Ulmus laevis*. En: Protocols for Micropropagation of Woody Trees and Fruits (Jain S.M., Häggman H., eds.). pp. 237-246.
- MARTÍN J.A., SOLLAA., ESTEBAN L.G., DE PALACIOS P., GIL L., 2009. Bordered pit and ray morphology involvement in elm resistance to *Ophiostoma novo-ulmi*. *Can. J. For. Res.* 39, 420-429.
- MARTÍN J.A., FUENTES-UTRILLA P., GIL L., WITZELL J., 2010. Ecological factors in Dutch elm disease complex in Europe - a review. *Ecol. Bull.* 53, 209-224.
- MARTÍN J.A., WITZELL J., BLUMENSTEIN K., ROZPEDOWSKA E., HELANDER M., SIEBER T.N., GIL L., 2013. Resistance to Dutch elm disease reduces presence of xylem endophytic fungi in elms (*Ulmus* spp.). *Plos One* (aceptado).
- MITTEMPERGER L., BARTOLINI G., FERRINI F., PANICUCCI M., 1991. Aspects of elm propagation by soft and hardwood cuttings. *Suelo Planta* 2, 129-137.
- MYATT A., HUFFMAN G., ODELL J.Sr., 1998. Seed processing manual. Washington, OK: Oklahoma Department of Agriculture, Forestry Division, Forest Regeneration Center.
- 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. 359-361
- PIOTTO B., 1992. Semi di alberi e arbusti in Italia: come e quando seminarli. Società Agricola e Forestale (Grupo ENCC), Roma.
- PIOTTO B., DI NOI A., 2003. Seed propagation of mediterranean trees and shrubs. APAT-Agency for the protection of the environment and for technical services, Roma.
- RINALLO C., MITTEMPERGER L., FRUGIS G., MARIOTTI D., 1999. Clonal propagation in the genus *Ulmus*: improvement of rooting ability by *Agrobacterium rhizogenes* T-DNA genes. *J. Hort. Sci. Biotech.* 74, 502-506.
- RUIZ DE LA TORRE J., 2006. Flora Mayor. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Dirección General para la Biodiversidad, Madrid. pp. 566-570.
- SCHREIBER L.R., 1963. Propagation of American Elm, *Ulmus americana*, from root cuttings. *Plant Disease Rep.* 47, 1092-1093.

SOLLA A., DÍEZ J., GIL L., 2003. Desarrollo de técnicas para la obtención de olmos resistentes a la grafiosis. En: Los olmos ibéricos. Conservación y mejora frente a la grafiosis. (Gil L., Solla A., Iglesias S., eds.). Ministerio de Medio Ambiente. Madrid. pp. 311-337.

TCHERNOFF V., 1963. Vegetative propagation of Elms by means of shoots cut from callused roots. Acta Bot. Neerl. 12, 40-50.

TOMPSETT P.B., 1986 The effect of temperature and moisture content on the longevity of seed of *Ulmus carpinifolia* and *Terminaha brassu*. Ann. Bot. 57, 875-883.

VENTURAS M., FUENTES-UTRILLA P., ENNOS R.E., COLLADA C., GIL L., 2013. Human induced changes on fine-scale genetic structure in *Ulmus laevis* Pallas wetland forests at its SW distribution limit. Plant Ecol. doi: 10.1007/s11258-013-0170-5

WEISING K., GARDNER R.C., 1999. A set of conserved PCR primers for the analysis of simple sequence repeat polymorphisms in chloroplast genomes of dicotyledonous angiosperms. Genome 42, 9-19.

WHITELEY R.E., BLACK-SAMUELSSON S., CLAPHAM D., 2003. Development of microsatellite markers for the European white elm (*Ulmus laevis* Pall.) and cross-species amplification within the genus *Ulmus*. Molec. Ecol. Notes 3, 598-600.

Viburnum lantana L.

Barbadejo, barbatijo, barbatil, barbatilla, betalaina, burrionera, cabritilla, carajula, copos de nieve, flor de bandera, marmaratilla, matagente, mentironera, mentironeras, morrionera, palo bruja, petichaina, pierno, revienta-gallinas, tintilaína, vetilaína, viburno; *cat.*: barbadell, cantellatge, tortellatge; *eusk.*: andura, marmaratila, zimindurra

Viburnum opulus L.

Aspil, bola de nieve, bola de oro, güelde, membrera, mundillo(s), rodela, rosa de Gueldres, sauco de agua, saúco rodel, sauquillo; *cat.*: aliguer, bola(es) de neu, gaukar, gaukarra, mató de monja, matoner, saúc d' agua, saúc doble; *eusk.*: andora, andorra; *gall.*: lamagueiro

Viburnum tinus L.

Barbadija, betatana, cornejo macho, duraznillo, durillo, guiyombo, sanguillo, tino; *cat.*: lloer bord, lloeret, marfull, marfuy, margui, mollfull, oriol, oriola, picabaralles, santjoanera, sauquet; *eusk.*: gogorrtxu, gogortxu, gogortxua, pipa-kirten, zuandor

Nieves HERRERO SIERRA, Pedro VILLAR-SALVADOR

1. Descripción

1.1. Morfología

El género *Viburnum* comprende unas 150 especies de pequeños arbolillos o arbustos que se distribuyen fundamentalmente por el Hemisferio Norte, aunque también se encuentran en el sudeste de Asia y en América del Sur. En España encontramos tres representantes: *Viburnum lantana*, *V. opulus* y *V. tinus*.

Viburnum lantana es un arbusto caducifolio de hasta 4 m de alto, con ramas muy flexibles, de color grisáceo, cubiertas de tomento. Sus hojas son simples, opuestas, gruesas, de pecíolo corto y limbo oval, acorazonado, con borde finamente dentado. Presenta en el envés nervios muy marcados y abundante pilosidad, más escasa en el haz. Puede vivir hasta superar los 50 años. Desarrolla un sistema radical no muy profundo, que prospecta hasta 1 m, que tampoco se desarrollan mucho más allá de la proyección de la copa (Kollmann y Grubb, 2002).

Viburnum opulus es un arbusto caducifolio generalmente de hasta 4 m de alto, aunque alguna vez alcanza los 7 m. Es ramoso, siendo las ramas nuevas de color ocre a rojizo,

adquiriendo después un tono grisáceo. Tiene las hojas simples, lampiñas, de limbo palmeado-lobulado, con 3-5 lóbulos dentados desigualmente. El follaje presenta colorido desde rojizo hasta amoratado en otoño antes de caer. Desarrolla varias raíces importantes, pero sobre todo ocupa los primeros 20 cm de suelo con muchas raíces secundarias (Ruiz de la Torre, 2006), manteniéndose en el perímetro de proyección de la copa (Kollmann y Grubb, 2002).

Viburnum tinus es un arbusto perennifolio de hasta 5 m de alto, siempreverde, muy ramoso, que forma una copa umbeliforme. La corteza es más oscura cuanto más añosa, pero de joven es algo pilosa. Las hojas son simples, opuestas, de 7-9 × 3,5-4 cm, coriáceas, de pecíolo corto y borde entero, de color verde brillante en el haz y envés más pálido. Presenta mechones de cierta pilosidad en las axilas de los nervios (Ruiz de la Torre, 2006).

1.2. Biología reproductiva

Viburnum lantana florece en primavera y verano. Sus frutos maduran en agosto y septiembre (Bonner *et al.*, 2008; Cardo, com. pers.). En condiciones óptimas alcanza la madurez sexual a los 5-6 años (Kollman y Grubb, 2002). Las flores son bisexuales y están dispuestas en gran número en inflorescencias aparasoladas de unos 6-10 cm de diámetro, con pedúnculos con pelos estrellados. La corola es de color blanco o blanco-cremoso, de una sola pieza, con tubo corto y 5 lóbulos redondeados abiertos en estrella (López González, 2004). Presentan un cáliz de 5 dientes cortos, que coronan más tarde el fruto. Todas las flores de una inflorescencia son fértiles y más o menos iguales. El fruto consiste en una drupa monosperma, de 7-10 mm de longitud y 5,5-7 mm de anchura, ovoide y comprimida, primero verde, luego rojiza en la madurez y, tras algunas semanas, al fin negra, coexistiendo frutos con diferentes grados de madurez en la misma infrutescencia (Fig. 1 a). El fruto, que recuerda a la semilla de la sandía, es tóxico, no comestible para el hombre, pero muy apreciado por las aves. El número medio de frutos por infrutescencia varía entre 15 y 30 (Kollmann y Grubb, 2002). La semilla, de forma similar a la del fruto y de tamaño ligeramente inferior, es de color beige o marrón claro y presenta una superficie más o menos asurcada (Fig. 2 a).

Viburnum opulus florece en primavera o comienzos del verano, madurando los frutos a finales de agosto y en septiembre (Bonner *et al.*, 2008). En condiciones óptimas comienza a florecer a los 3-5 años (Kollman y Grubb, 2002). Las flores son hermafroditas y se disponen en inflorescencias cimosas, de forma casi esférica, con flores exteriores más grandes que las del centro. Las flores son de color blanco puro o rosado, teniendo las fértiles unos 6 mm de diámetro y las estériles marginales 1,5-2 mm. El ovario tiene el estilo corto y el estigma lobulado. Los estambres tienen las anteras blancas y gruesecitas (Ruiz de la Torre, 2006). Las inflorescencias presentan en su periferia flores estériles y de mayor tamaño que las del interior, como una adaptación para atraer a los polinizadores. El fruto es una drupa carnosa, esférica, de hasta 8 mm de diámetro, que al alcanzar la madurez mantiene un color rojo vivo brillante (Fig. 1 b). La semilla es ovoide, ligeramente acorazonada y aplastada, de 7-9 mm de longitud y 6-7,5 mm de anchura, color rosáceo o castaño claro y superficie algo rugosa (Fig. 2 b). Muy utilizado en jardinería, los individuos que encontramos en los bosques son menos vistosos que los comercializados.



Figuras 1 a, b y c. Frutos de *Viburnum lantana*, *V. opulus* y *V. tinus* (de izquierda a derecha y de arriba a abajo) (Fotos: C. Cardo).

Viburnum tinus florece de noviembre a junio, aunque presenta flores inmaduras todo el año (García-Fayos *et al.*, 2001). Las flores son hermafroditas y autocompatibles (Nebot y Mateu, 1991). Se disponen en inflorescencias aparasoladas, como cimas corimbiformes, densas y aplanadas. Presentan una corola blanca, cortamente acampanada, con cinco lóbulos abiertos en estrella. El cáliz consiste en cinco pequeños dientes. Tienen cinco estambres cortos que se alternan con los pétalos. El ovario es de estilo corto y estigma trilobulado (López González, 2004). Todas las flores de la inflorescencia son fértiles y de tamaño similar. Los frutos maduran de septiembre-octubre a diciembre, pudiendo permanecer en la planta hasta el invierno. El fruto es una drupa ovoidea de 5 a 8 mm con un solo hueso en su interior, de color azul metálico a la madurez y más tarde negro (Fig. 1 c). La semilla es un pireno de forma ovoide, de 4-7 mm, color marrón claro y cubierta rugosa, en la que se marcan una serie de suturas longitudinales. Presenta una ligera variación anual en la producción de frutos, con picos de producción aproximadamente cada tres años (Herrera, 1989). En el campo, la germinación tiene lugar en la segunda primavera después de la dispersión del fruto. Se estima que la cohorte de semillas de *V. tinus* producida en un año germinaría completamente entre 1 y 5 años después.

En las tres especies la polinización es entomófila y la dispersión de los frutos corre a cargo principalmente de aves y en menor medida de otros animales. Sin embargo algunos estudios ponen de manifiesto la preferencia de las aves por los frutos de otras plantas, dejando a veces sin consumir los frutos de *Viburnum* spp., que en ocasiones llegan intactos a la primavera (Englund, 1993). Las semillas de *V. lantana* no parecen mantener su viabilidad durante períodos prolongados a juzgar por la escasa o nula presencia de semillas viables en el suelo (Kollmann y Grubb, 2002; Krüssmann, 1997).



Figuras 2 a, b y c. Semillas de *Viburnum lantana* y *V. opulus* y frutos secos de *V. tinus* utilizados directamente para la siembra (de izquierda a derecha y de arriba a abajo).

Las especies de *Viburnum* tienen una elevada capacidad de rebrote y se recuperan muy bien después de haber sido ramoneadas.

1.3. Distribución y ecología

Viburnum lantana se extiende por Europa y oeste de Asia. Está presente en toda la Región mediterránea, hasta el centro de Europa. En la Península Ibérica es más frecuente en el norte, especialmente en el noreste: Asturias, Cantabria, Aragón, Cataluña y periferia oriental de las dos submesetas, siendo raro en el sur y faltando en Baleares (Fig. 3 a). Vive en los pisos colino y montano. Es una especie de sombra o media sombra, que vegeta principalmente en valles y vaguadas y sitios donde perdura el contenido de agua en el sustrato durante el verano (Ruiz de la Torre, 2006). En las montañas, está principalmente sobre suelos calizos. Forma parte de matorrales, setos, bosque en galería y bosques aclarados (quejigares, pinares, encinares) ascendiendo hasta cerca de los 1.500 m de altitud. Se asocia con *Ligustrum vulgare*, *Cornus sanguinea*, *Sambucus nigra*, *Prunus mahaleb*, *Corylus avellana*, *Ruscus aculeatus* y *Buxus sempervirens*. Es una especie muy poco atacada por los herbívoros vertebrados, pues resulta poco palatable para ciervos y conejos (Kollmann y Grubb, 2002).

Viburnum opulus se extiende por casi toda Europa, Asia y Norteamérica. En la Península Ibérica es la menos frecuente de las tres especies. Se localiza en los Pirineos, País Vasco y Cordilleras Cantábrica, Ibérica y Central, llegando por el sur hasta la Serranía de Segura (Fig. 3 b). Es propia de los pisos colino y montano. Como especie de sombra o media sombra, se cría en los sotos y bosques húmedos, sobre sustratos con humedad abundante y resiste en los encharcados, exigiendo suelos ricos en nutrientes. Se entremezcla con

Amelanchier ovalis, *Berberis vulgaris*, *Cistus populifolius*, *Cornus sanguinea*, *Corylus avellana*, *Erica arborea*, *Ilex aquifolium*, *Quercus pyrenaica*, *Q. robur*, *Rhamnus cathartica*, *Sambucus nigra*, *Sorbus aria* y *S. torminalis* (Ruiz de la Torre, 2006). Es una especie que resulta más atractiva para los herbívoros vertebrados que *V. lantana* (Kollmann y Grubb, 2002).

Viburnum tinus vive en el sur de Europa y noroeste de África. En la Península Ibérica se extiende sobre todo por el este, sur y sudoeste, escaseando en el centro; está presente en Baleares (Fig. 3 c). Es una especie termófila propia de los bosques de encinas, alcornoques y quejigos, en enclaves umbrosos y frescos, no áridos. Es propia de los pisos bajo y montano. En forma natural sólo prospera cuando el clima es suave, pero cultivado puede aguantar zonas de heladas frecuentes. Aparece sobre sustratos variados y prefiere suelos que conserven horizontes con fertilidad, creciendo bien en lugares pedregosos. Es indiferente a la naturaleza litológica del sustrato (López González, 2004; Ruiz de la Torre, 2006). Aparece a menudo con *Arbutus unedo*, *Acer monspessulanum*, *Crataegus monogyna*, *Erica arborea*, *Ilex aquifolium*, *Laurus nobilis*, *Lonicera etrusca*, *Myrtus communis*, *Phillyrea media*, *Pistacia terebinthus*, *Pyrus bourgaeana*, *Quercus ilex*, *Q. suber*, *Rhamnus alaternus*, *Sorbus domestica* y *S. torminalis* (Ruiz de la Torre, 2006). Los rangos térmicos y pluviométricos en los que se hallan la mayoría de las poblaciones de *V. tinus* son: temperatura media anual: 13-16,8 °C; temperatura media mínima mes más frío: 0,2-4,8 °C; temperatura media máxima mes más cálido: 27,2-36,4 °C; precipitación anual media: 550-1.000 mm; precipitación estival media: 20-100 mm (Anexo I). Es una especie de sombra o media sombra.

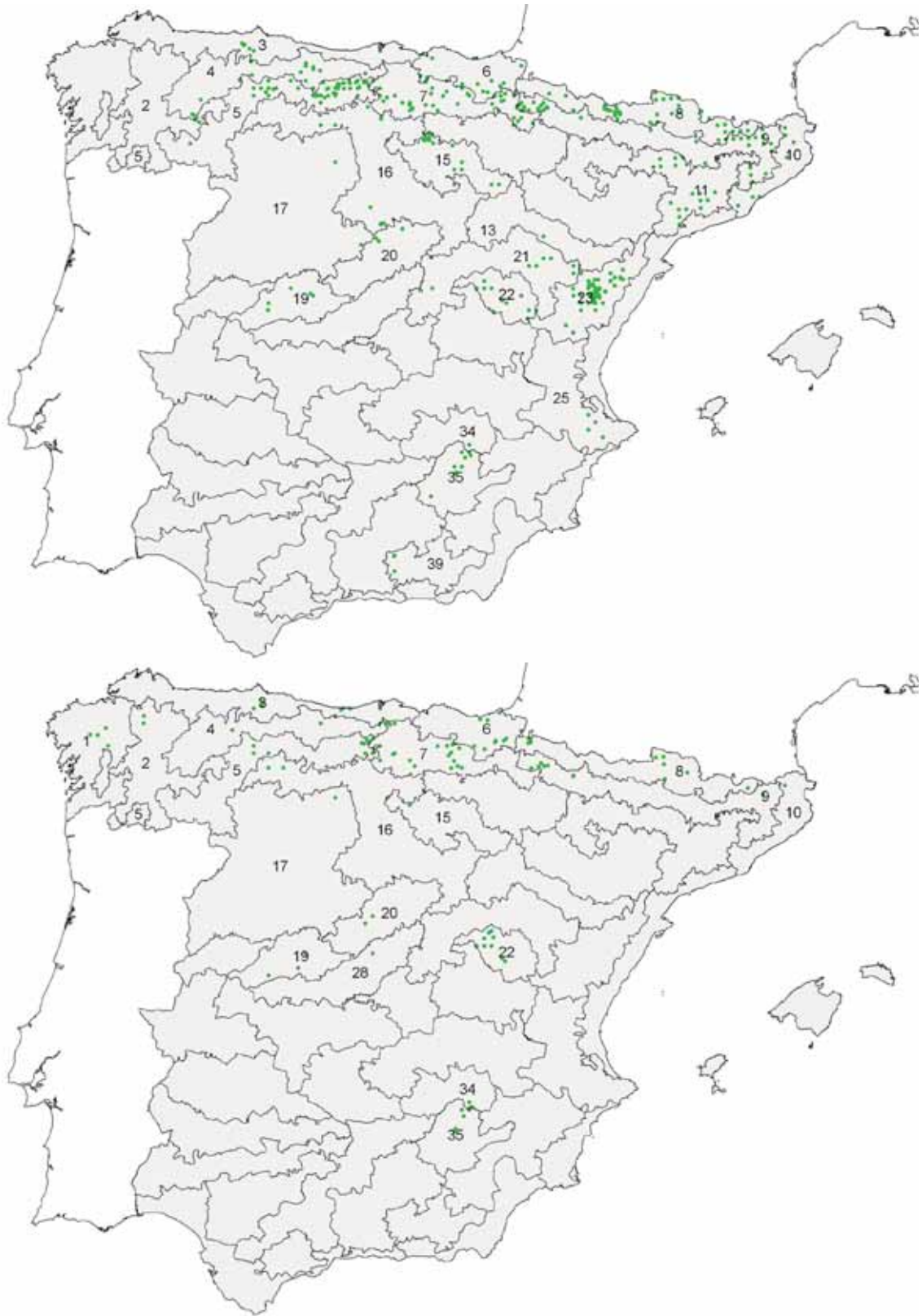
2. Materiales forestales de reproducción

2.1. Marco normativo. Identificación de los materiales de reproducción

Si bien en la legislación estatal que regula la producción y comercialización de los materiales forestales de reproducción no figura ninguna de las especies del género *Viburnum*, las medidas establecidas en la misma, además de otras relativas a la utilización, sí le son aplicables a dos de ellas, *V. lantana* y *V. tinus*, en el territorio de la Comunidad Valenciana, por estar incluidas en el listado de taxones de su normativa de desarrollo (D. 15/2006). Aunque fuera del sistema de control para la comercialización de sus materiales, las recolecciones de *V. tinus* con fines comerciales requiere autorización administrativa en Baleares (D. 75/2005).

En la Figura 3 se muestran los mapas de las regiones de identificación, establecidas según el método divisivo, en las que se enmarcan las poblaciones de las tres especies. Con el objetivo de promover la conservación de los recursos genéticos de las poblaciones naturales, se recomienda el uso de materiales de la misma región ecológica en la que se va a efectuar la forestación.

En lo que se refiere a la normativa sobre sanidad vegetal, el género *Viburnum* está sometido a la reglamentación sobre pasaporte fitosanitario. En cuanto a las figuras de protección aplicables a las tres especies de *Viburnum*, en la Tabla 1 se reseña lo establecido actualmente al respecto por los catálogos autonómicos.



Figuras 3 a y b. Distribución de *Viburnum lantana* (superior) y *Viburnum opulus* (inferior) y Regiones de Identificación de sus materiales de reproducción (Fuente: Anthos).



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

2.2. Técnicas de manejo y propagación

2.2.1. Semillas

Los frutos de *V. opulus* y *V. lantana* se recolectan en agosto-septiembre y los de *V. tinus* a partir de diciembre, cuando se produce el cambio de coloración del verde al color propio de su madurez. Es preciso no retrasarse en la recogida por el riesgo de consumo por parte de los depredadores. La colecta se hace a mano mediante ordeño o corte con tijeras de los ramilletes de frutos.

Aunque el fruto seco puede almacenarse y utilizarse directamente en la siembra en el vivero (Fig. 2 c), se aconseja eliminar la cubierta carnosa (Catalán, 1991), ya que la eliminación del epicarpo y el mesocarpo es imprescindible para que se produzca el crecimiento del embrión y la germinación de las semillas (Karlsson *et al.*, 2005). Se ha visto que la pulpa evita la germinación por su efecto impermeabilizante y la alta presión osmótica que provocan sus azúcares disueltos y algún tipo de sustancia inhibidora (Mayer y Poljakoff-Mayber, 1989). Si bien es preferible abordar pronto la extracción, el riesgo por problemas por fermentación no es tan grande como en otros frutos carnosos, dada la poca entidad del endospermo.

El procesado de los frutos de las tres especies es similar, extrayéndose la semilla después de un ligero remojo, mediante el batido de los frutos, eliminando así la fina capa que

Tabla 1. Normativa de protección y categoría asignada a *Viburnum lantana*, *V. opulus* y *V. tinus* en diferentes CC.AA.

Ámbito	Normativa	Categoría
<i>Viburnum. lantana</i>		
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
<i>Viburnum opulus</i>		
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
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	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	De interés especial
<i>Viburnum tinus</i>		
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	De interés especial (exclusivamente poblaciones de Cuenca y Guadalajara)
Murcia	Decreto 50/2003, de 30 de mayo, por el que se crea el Catálogo Regional de Flora Silvestre Protegida de la Región de Murcia y se dictan normas para el aprovechamiento de diversas especies forestales	De interés especial
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	De interés especial

recubre el endospermo, y posterior separación de la pulpa por decantación. Dado lo reducido de la parte carnosa y la fragilidad del endospermo, el despulpado debe realizarse cuidadosamente para no romper las semillas. Por ello, cuando se trata de pequeñas cantidades es preferible hacerlo a mano por frotación. Tras el secado de las semillas por corriente de aire o por exposición, se procede a la limpieza de los lotes mediante cribado y aventado.

Las semillas de las especies de *Viburnum* se consideran ortodoxas. Pueden mantenerse viables durante varios años en contenedores herméticos y sometidas a baja temperatura (Piotto y di Noi, 2003). Mac Carthaigh y Spethmann (2000) proponen una humedad entre el 4 y el 8% y una temperatura de 0-4 °C para poder conservarlas, al menos, 10 años. En concreto, para mantener las semillas de *V. lantana* y *V. opulus* durante ese tiempo, Gosling (2007) indica como condiciones de conservación un contenido de humedad del 8-15% y

una temperatura inferior a 0 °C. Para las especies americanas Bonner (2008) señala que la viabilidad de las semillas secadas al aire se puede mantener durante al menos 10 años si se conservan en recipientes cerrados herméticamente entre 1 y 4 °C. Las características medias de los lotes de semillas de las especies de *Viburnum* se recogen en la Tabla 2.

Las semillas parecen mostrar algún tipo de letargo, quizá una durmancia fisiológica de la radícula, como en otros *Viburnum* (Baskin y Baskin, 1998), o una ligera dormición morfofisiológica (Prada y Arizpe, 2008). Piotto y di Noi (2003) afirman que no se conocen métodos efectivos para eliminar la compleja durmancia de los frutos de este género, recomendando de forma genérica una estratificación en caliente seguida de una fría, sin apuntar su duración, puesto que los períodos dependen del estado de madurez de las semillas o del grado de letargo del lote (extremo difícil de fijar *a priori*), advirtiendo que las semillas pueden empezar a germinar durante la segunda estratificación.

Tabla 2. Datos característicos de lotes de semillas de *Viburnum lantana*, *V. opulus* y *V. tinus*.

Rendimiento semilla/fruto (% en peso)	Pureza (%)	Facultad germinativa (%)	Nº semillas kg ⁻¹	Referencia
<i>Viburnum lantana</i>				
		80-90		Beckett y Beckett (1979)
			9.250-29.100	Bonner <i>et al.</i> (2008)
17-20	95-98	50-60	30.000	Catalán (1991)
		68		Kollman (1996)
9-20	95-98	40-65	28.000-40.000	CNRGF <i>El Serranillo</i> (Anexo III)
	(99)		(25.000)	Vivero Central JCyL (Anexo IV)
<i>Viburnum opulus</i>				
8	95-98	50-80	26.500-35.000	Catalán (1991)
		60		Schütt <i>et al.</i> (1994)
		55		Pirl (2000)
		60	20.700-39.250	Bonner <i>et al.</i> (2008)
6-10	95-98	(57-86)	30.000-48.000	CNRGF <i>El Serranillo</i> (Anexo III)
	(100)		(32.000)	Vivero Central JCyL (Anexo IV)
<i>Viburnum tinus</i>				
	95-98		12.500-18.500	Catalán (1991)
			13.550-25.651	García-Fayos (2001)
35-65	95-98	40-60	12.500-25.600	Prada y Arizpe (2008)
			(10.477-12.260)	Louro y Pinto (2011)
(39-43)	95-98	(77)	(16.700-18.200) 8.000-22.000 ⁽¹⁾	CNRGF <i>El Serranillo</i> (Anexo III)

⁽¹⁾ Datos referidos a fruto seco con pericarpo

Viburnum lantana responde a un tratamiento de doble estratificado, primero en frío a 5 °C durante 1 mes y después a temperatura alterna de 25 y 10 °C, simulando condiciones de día y noche. Este paso parece imprescindible para que tenga lugar la germinación, produciéndose la nascencia tres meses después. Bezdečková *et al.* (2009), en pruebas con semilla sometida a estratificación fría (3 ó 5 meses) o a doble estratificación (caliente: 1, 2 ó 3 meses; fría: 2 ó 3 meses), obtuvieron los mejores resultados con la aplicación, tras cinco meses de vernalización, de las pautas siguientes: 2-3 meses a 15 °C, seguido de 2-3 meses a 4 °C ó 3 meses a 20 °C y a continuación 2 meses a 4 °C.

Viburnum opulus germina después de una doble estratificación. El pretratamiento se alarga durante 14 semanas, siendo las 8-12 primeras de temperatura alterna día/noche, según el esquema 30/20 °C o bien, 30/10 °C. A continuación, las semillas deben estar durante 1-2 semanas a una temperatura constante entre 1 y 6 °C. Por su parte, el protocolo de germinación debe simular temperaturas día/noche de 30/20 °C. Con estas condiciones se han conseguido germinaciones medias del 60%, partiendo de frutos con pulpa (Bonner *et al.*, 2008).

Parece ser que la emergencia de la raíz en las semillas de *V. tinus* responde a un período de calor (primer verano o estratificación caliente) y la emergencia del tallo sucede durante o después del primer invierno (Bonner *et al.*, 2008). Este patrón de germinación responde a una latencia clasificada como durmancia morfofisiológica del epicótilo (Baskin y Baskin, 1998). García-Fayos *et al.* (2001) proponen, partiendo de frutos con pulpa, un tratamiento combinado, escarificando los frutos con ácido sulfúrico concentrado durante 30-60 minutos y posteriormente, una vez lavados, aplicando una doble estratificación, primero caliente entre 20-30 °C durante 2 ó 3 meses y luego a temperatura inferior a 15 °C por un tiempo similar. La experiencia del CNRGF *El Serranillo* indica que pueden obtenerse germinaciones del 70% después de un tratamiento de estratificación doble (caliente, 20 °C durante 15 días, y fría, 5 °C durante 7 meses). Sin embargo, Karlsson *et al.* (2005) apuntan que no es absolutamente necesario un período cálido para conseguir germinaciones, así como no lo es el período frío para obtener emergencia del tallo, logrando los mejores resultados en ciclos luz/oscuridad de 20/10 °C, durante al menos 40 semanas. Estos autores concluyen que *V. tinus* posee una débil latencia fisiológica, que, una vez eliminada, deja paso al desarrollo de las plántulas, si bien el proceso de germinación es lento.

De las tres especies de *Viburnum* reseñadas, sólo *V. opulus* está contemplado en las reglas de la ISTA (2011), que establecen para dicha especie el ensayo de tetrazolio como el método recomendado para evaluar la viabilidad de un lote. Dado que las otras dos especies presentan dificultades similares en cuanto a la germinación, tiene sentido recomendar para ellas también el citado análisis colorimétrico. El género presenta una germinación epigea. Las plántulas de *V. lantana*, de 4-5 cm, presentan dos cotiledones elipsoidales y hojas primordiales elípticas, ligeramente aserradas, de color verde rojizo. Las de *V. tinus*, de 3-4 cm, muestran cotiledones lanceolados y hojas primordiales ovales, ligeramente lanceoladas, de borde entero y color verde rojizo (Navarro Cerrillo y Gálvez, 2001).

2.2.2. Vegetativa

Las especies de *Viburnum* pueden multiplicarse por acodo y por estaquilla de madera tanto blanda como dura. Aparte de las consideraciones generales para la obtención de

estaquillas, se deben observar algunas particularidades, tales como escoger planta madre en estado juvenil, no guardar los esquejes más de 42 días y conservarlos siempre a una temperatura de 1-2 °C. Para *V. tinus*, Prada y Arizpe (2008) recomiendan utilizar estaquillas con 3-4 entrenudos. En *V. lantana*, la fase de conservación del esqueje enraizado es especialmente delicada, por lo que una vez realizado el levantamiento de las camas de enraizamiento, los esquejes deben utilizarse y colocarse en envase definitivo de manera inmediata (López y Carazo, 2005). También se puede micropropagar *V. opulus* (Hildebrandt y Harney, 1985; Ibáñez *et al.*, 2003) y *V. tinus* (Nobre *et al.*, 2000).

3. Producción de plantas

En cultivos a raíz desnuda, si bien cabe realizar siembras primaverales con semillas sometidas a estratificación previa, existe la posibilidad de que los pretratamientos germinativos se puedan llevar a cabo directamente en la eras de cultivo. Para ello se sembrará en primavera o finales de verano, en los casos de dormición menos profunda y si se cuenta con al menos 60 días de calor (Catalán, 1991). Durante el verano o el período cálido postsiembra las semillas emitirán una raíz, pero sin emerger la parte aérea. Desde muy temprano, las plántulas presentan una raíz principal lignificada con numerosas laterales poco ramificadas. Posteriormente, la baja temperatura invernal permitirá la emergencia de la parte aérea después de romper el letargo del epicótilo. En caso de siembra otoñal, de no haber días cálidos *a posteriori*, la germinación se retrasará hasta la segunda primavera. Se siembra con una densidad de 215 semillas m⁻², en surcos separados 20-30 cm, y se cubren las eras con algún acolchado ligero, por ejemplo de vermiculita o serrín, de modo que las semillas queden enterradas alrededor de 12 mm (Bonner *et al.*, 2008). La planta producida es del tipo 1+0 ó 2+0.

En el caso de cultivo en envase, se aconseja realizar semilleros con la semilla pretratada y posteriormente trasplantar las plántulas obtenidas al envase de cultivo. Se debe tener especial precaución en el caso de plántulas con raicillas emitidas durante la estratificación caliente. Los sustratos utilizados hasta ahora, compuestos casi exclusivamente por turba, dan buenos resultados, aunque puede ser interesante introducir una mezcla con otros sustratos basados en compostajes, a la vista de los resultados obtenidos por Guerin *et al.* (2001), considerando también los que permiten a la planta una fácil disponibilidad del agua. Para cultivos de jardinería los mismos autores proponen, una vez efectuado el trasplante al envase definitivo, densidades de cultivo de 6 plantas m⁻² en envases de 4 l de capacidad, consiguiendo plantas de hasta 27 cm de altura desde abril a octubre.

Para trabajos de restauración se recomienda el trasplante desde los semilleros a bandejas forestales con alvéolos de 300 a 400 cm³, pudiéndose cultivar los brinzales a una o dos savias, si bien se recomienda utilizar en repoblación los de un año (Fig. 4). Dado el relativo gran tamaño de las hojas de las especies de *Viburnum*, se recomienda la producción a densidades bajas, de 200 a 300 plantas m⁻². No se ha encontrado trabajos sobre fertilización en especies de *Viburnum*. No obstante, se aconseja que la fertilización sea mayor para las dos especies caducifolias, ya que este tipo de especies suele concentrar más nutrientes en sus tejidos. Como fertilización estándar en viveros en contenedor se propone aportar para *V. tinus* 100 mg de N por planta, repartidos a lo largo de 25-30 semanas, una fertirrigación por semana con una concentración de N en la disolución final

de fertilización de 100 mg l⁻¹. Para las dos especies caducifolias se sugiere aumentar el aporte hasta 150 mg N por planta, con unas concentraciones de N en la disolución final de fertilización de 160 mg l⁻¹. Se recomienda utilizar fertilizantes con formulaciones N-P-K que favorezcan el crecimiento rápido, por ejemplo 20-7-19.

Las especies de *Viburnum* son sensibles al *damping-off* en un primer momento, por lo que es necesario efectuar tratamientos preventivos con fungicidas. Se suelen utilizar en alternancia principios activos como el Himexazol, (nombre comercial *Tachigaren*), Iprodiona (n.c. *Rovral*), Propamocarb (n.c. *Previcur*) y Carbendacima. (n.c. *Maypon Flow*).

Aunque *V. lantana* tolera en estado de plántula una sombra considerable, en su desarrollo posterior se muestra como demandante de luz abundante. *Viburnum opulus* parece más tolerante a la sombra que *V. lantana* (Kollmann y Grubb, 2002). *Viburnum tinus* soporta condiciones de plena insolación si no van acompañadas por estrés hídrico (Sánchez-Gómez *et al.*, 2006). No obstante, los viveros emplazados en localizaciones muy cálidas en verano pueden proteger el cultivo con una sombra no superior al 70%, con el fin de resguardar a las plantas de la elevada temperatura y reducir el consumo de agua en el cultivo. El sombreado sólo se aplicará durante los meses de verano.



Figuras 4 a y b. Brinzales de *Viburnum lantana* (izquierda) y *V. tinus* (derecha) de una savia cultivados en envase forestal de 200 cm³ (Fotos: CNRGF El Serranillo).

La tasa máxima de crecimiento relativo de *V. lantana* y *V. opulus* en su primer año es relativamente baja comparada con la de otros árboles y arbustos de su entorno europeo. En cambio la tasa media de crecimiento relativo es comparable a la de muchas especies

leñosas caducifolias (Kollmann y Grubb, 2002). Sack y Grubb (2002) encontraron que la tasa de crecimiento relativo decrecía según el gradiente $V. opulus > V. lantana > V. tinus$. La velocidad de crecimiento de $V. lantana$ y $V. opulus$ permanece constante hasta los 9 años, en que comienza a declinar. Ambas especies presentan micorrizas vesiculares-arbusculares (Harley y Harley, 1987).

4. Uso en repoblaciones y restauraciones

Son plantas que se usan como ornamentales dado su alto valor estético, en particular $V. tinus$, por la duración de sus flores, el momento de floración, sus llamativos frutos azul metálico y su follaje verde brillante. Su uso en actuaciones de restauración ha sido muy raro, pero deberían ser contempladas en trabajos cuyo objetivo principal sea el incremento de la diversidad de plantas en masas forestales ya establecidas y para sustentar a poblaciones de aves, aunque sus frutos no sean los más apreciados. En el caso de $V. lantana$, su alta resistencia al recorte le confiere un interés especial en las reforestaciones en parajes donde la población de herbívoros es muy abundante, siendo especialmente indicada para terrenos calizos y arcillosos (López González, 2004).

5. Planificación de la repoblación

Dada la dificultad de la germinación de las especies de *Viburnum*, el método de repoblación principal debe ser la plantación. Ninguna de las especies de *Viburnum* forma masas, y raramente grupos, apareciendo casi siempre como ejemplares aislados. Por ello, se recomienda emplearla como especie de acompañamiento de otras principales. Los lugares más idóneos para su plantación son los frescos, que retengan suficiente humedad en verano o al menos los más sombreados, sin ser demasiado oscuros, desaconsejando su plantación a pleno sol, especialmente en repoblaciones en zonas de clima mediterráneo. En una plantación en taludes de carretera en Córdoba se observó que $V. tinus$ fue la que menor supervivencia presentó entre nueve especies comparadas. (Villar-Salvador *et al.* 2011). La densidad de plantación debe ser, en principio, de media a baja (<200 pies ha^{-1}). La distribución de los individuos en la repoblación será al azar, entremezclados con la especie principal de la reforestación formando pequeños grupos de 8-10 ejemplares, siguiendo las orillas de ríos o arroyos, por su dependencia del nivel de agua en el suelo. Para $V. tinus$ se recomienda que la plantación se realice a lo largo de la segunda mitad del otoño, mientras que las dos especies caducifolias pueden plantarse al final del invierno y a comienzos de la primavera, antes de su brotación. Dada la baja densidad de plantación, los sitios preferentes de plantación y la distribución irregular de las plantas en el espacio, se recomienda principalmente preparaciones puntuales del suelo con hoyos de 40×40×50 cm.

El estrés hídrico es un factor muy limitante para el establecimiento de estas especies, sobre todo en las localidades más mediterráneas. Por ello se recomienda suministrar riegos en la estación seca, al menos durante el primer verano, siendo imprescindibles en años de sequía. La cantidad de agua que se debe aportar será tal que permita complementar la falta de precipitación hasta un mínimo de 700 mm $año^{-1}$. En lugares con alta presencia de herbívoros se recomienda el uso de mallas cinegéticas, especialmente para $V. tinus$ y $V.$

opulus. Si la plantación se ha realizado en zonas muy expuestas al sol en localizaciones de clima mediterráneo, se aconseja el uso de tubos protectores translúcidos con agujeros de ventilación. En sitios con gran cantidad de hierba se recomienda su eliminación alrededor de los plantones durante los dos o tres primeros años. Esta tarea puede efectuarse mediante escardas, herbicidas o *mulch*, obteniéndose mejores resultados con las dos primeras opciones (Navarro Cerrillo *et al.*, 2005).

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].
- BASKIN C., BASKIN J., 1998. Seeds: Ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination. Academic Press, San Diego, California, USA.
- BECKETT K., BECKETT G., 1979. Planting native trees and shrubs. Jarrold, Norwich, UK.
- BEZDĚČKOVÁ L., ŘEZNÍČKOVÁ J., PROCHÁZKOVÁ Z., 2009. Germination of stratified seeds and emergence of non-stratified seeds and fruits of *Viburnum lantana*, *Euonymus europaeus* and *Staphylea pinnata*. Zprávy Lesnického Výzkumu 54(4), 275-285.
- BONNER F.T., GILL J.D., POGGE F.L., 2008. *Viburnum* L. En: The woody plant seed manual (Bonner F.T., Karrfalt R.P., eds.). United States Department of Agriculture, Forest Service, Agriculture Handbook 727, Washington. pp. 1162-1167.
- 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. 387-388.
- ENGLUND R., 1993. Fruit removal in *Viburnum opulus*: copious seed predation and sporadic massive seed dispersal in a temperate shrub. Oikos 67, 503-510.
- 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. 47.
- GOSLING P.G., 2007. Raising trees and shrubs from seed. Forestry Commission, Edinburgh.
- GUÉRIN V., LEMAIRE F., MARFÁ O., CÁCERES R., GIUFFRIDA F., 2001. Growth of *Viburnum tinus* in peat-based and peat-substitute growing media. Sci. Hort. 87, 129-142.
- HARLEY J.L., HARLEY E.L., 1987. A check-list of mycorrhiza in the British Flora. New Phytol. (Suppl.) 105, 1-102.
- HERRERA C.M., 1989. Frugivory and seed dispersal by carnivorous mammals and associated fruit characteristics, in undisturbed mediterranean habitats. Oikos 55, 250-262.
- HILDEBRANDT V., HARNEY P., 1985. *In vitro* propagation of *Viburnum opulus* 'Nanum'. J. Environ. Hort. 3, 41-45.
- IBÁÑEZ M.A., MARTÍN C., PÉREZ C., 2003. Alternative statistical analyses for micropropagation: A practical case of proliferation and rooting phases in *Viburnum opulus*. In Vitro Cell. Dev.-Pl. 39, 429-436.
- ISTA (International Seed Testing Association), 2011. International rules for seed testing. Edition 2011. ISTA, Bassersdorf, Switzerland.
- KARLSSON L.M., HIDAYATI S.N., WALCK J.L., MILBERG P., 2005. Complex combination of seed dormancy and seedling development determine emergence of *Viburnum tinus* (Caprifoliaceae). Ann. Bot. 95, 323-330.
- KRÜSSMANN G., 1997. Die Baumschule. Ein praktisches Handbuch für Anzucht, Vermehrung, Kultur und Absatz der Baumschulpflanzen. Parey, Berlin, Germany.

- KOLLMANN J., GRUBB P.J., 2002. *Viburnum lantana* L. and *Viburnum opulus* L. (*V. lobatum* Lam., *Opulus vulgaris* Borkh.). J. Ecol. 90, 1044-1070.
- LÓPEZ GONZÁLEZ G.A., 2004. Guía de los árboles y arbustos de la Península Ibérica y Baleares. Ed. Mundi-Prensa, SA, Madrid. pp. 793-797.
- LÓPEZ PÉREZ D., CARAZO N., 2005. La producción de esquejes. Revista Viveros (Extra), 22-29.
- LOURO V., PINTO G., 2011. Sementes, uma ponte entre o passado e o futuro da floresta. Ministério da Agricultura, Mar, Ambiente e Ordenamento do Território. CENASEF. pp. 31-38.
- MAC CÁRTHAIGH D., SPETHMANN W. (Hrsg.), 2000. Krüssmanns Gehölzvermehrung. Parey Buchverlag. Berlin, Alemania.
- MAYER A.M., POLJAKOFF-MAYBER A., 1989. The germination of seeds, 4th ed. Pergamon Press. New York, New York, USA.
- 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. 362-367.
- NAVARRO CERRILLO R.M., FRAGUEIRO B., CEACEROS C., DEL CAMPO A., DE PRADO R., 2005. Establishment of *Quercus ilex* L. subsp. *ballota* [Desf.] Samp. using different weed control strategies in southern Spain. Ecol. Engin. 25, 332-342.
- NEBOT J., MATEU I., 1991. Some observations on pollination in a Mediterranean shrub, *Viburnum tinus* L. (*Caprifoliaceae*). Acta Hort. 288, 93-97.
- NOBRE J., SANTOS C., ROMANO A., 2000. Micropropagation of the Mediterranean species *Viburnum tinus*. Plant Cell Tiss. Organ Cult. 60, 75-78.
- PIOTTO B., DI NOI A., 2003. Seed propagation of mediterranean trees and shrubs. APAT - Agency for the protection of the environment and for technical services. Roma.
- PIRL M., 2000. Reproduktionsökologische Untersuchungen an Sträuchern und Bäumen Zentraleuropäischer Gehölzfluren. PhD Thesis, University of Giessen, Giessen, Germany.
- PRADA M.A., ARIZPE D. (coords.), 2008. Manual de propagación de árboles y arbustos de ribera. Una ayuda para la restauración de riberas en la región mediterránea. Generalitat Valenciana, Valencia.
- RUIZ DE LA TORRE J., 2006. Flora Mayor. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Dirección General para la Biodiversidad, Madrid. pp. 1408-1416.
- SACK L., GRUBB P.J., 2002. The combined effects of deep shade and drought on the growth and biomass allocation of shade-tolerant woody seedlings. Oecologia 131, 175-185.
- SÁNCHEZ-GÓMEZ D., VALLADARES F., ZAVALA M.A., 2006. Performance of seedlings of mediterranean woody species under experimental gradients of irradiance and water availability: trade-offs and evidence for niche differentiation. New Phytol. 170, 795-806.
- SCHÜTT P., SCHUCK H.J., AAS G., LANG U.M., 1994. Enzyklopädie der Holzgewächse. Handbuch und Atlas der Dendrologie. Ecomed, Landsberg, Germany.
- VILLAR-SALVADOR P., SOLIVERES S., QUERO J.L., 2011. Introducción de plantas leñosas. En: Restauración de áreas afectadas por infraestructuras lineales. Bases ecológicas para soluciones técnicas. Valladares F., Balaguer L., Mola I., Escudero A., Alfaya V. (Eds.). Fundación para la Biodiversidad pp: 144-175.