

Los materiales forestales de reproducción en la restauración ambiental

David León Carbonero¹,
Felipe Pérez Martín²,
Ricardo Alía Miranda³

¹Ingeniero técnico forestal
y licenciado en ciencias ambientales

²Ingeniero técnico forestal e ingeniero de montes

³Doctor ingeniero de montes

1. INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas degradados presentan una pérdida de biodiversidad causada por una serie de perturbaciones importantes que limitan su recuperación natural y que se refleja en la simplificación de la estructura, la funcionalidad y la composición de la vegetación. Las acciones de restauración tratan de revertir estos procesos de perturbación introduciendo elementos que puedan iniciar o facilitar la recuperación del ecosistema hacia un estado de mayor madurez, complejidad y estabilidad (Bozzano, 2014). En particular, la restauración forestal trata de recuperar las formaciones vegetales que había en ese lugar antes de que se produjera la degradación u otras que puedan ayudar a ese proceso de evolución hacia etapas más maduras. No todas las restauraciones incluyen plantaciones o siembras, sino que en muchas ocasiones simplemente el hecho de romper las dinámicas de degradación hace que la vegetación se recupere por sí misma. No obstante, en muchas iniciativas se incluye la introducción de especies vegetales para acelerar los procesos naturales y como elementos catalizadores de los cambios que se pretenden conseguir.

Para proyectar y ejecutar una restauración ambiental que incluya la siembra o plantación de especies vegetales es sustancial tener en cuenta una serie de aspectos legales y algu-

nas recomendaciones sobre la variabilidad genética, el origen y la calidad de las semillas y plantas utilizadas. No siempre se realiza un análisis adecuado de la importancia de estos aspectos, lo que puede determinar el resultado final de la restauración. Otro aspecto esencial es que, si no se tiene la previsión suficiente, la dispo-





nibilidad en los viveros no siempre es la requerida y los materiales utilizados se ven condicionados por la oferta que haya en ese momento. Por ello, en este artículo pretendemos destacar algunas circunstancias relevantes a tener en cuenta para cometer los menores errores posibles.

2. ASPECTOS NORMATIVOS

Existe un marco normativo a nivel nacional que regula la comercialización de semillas, plantas y partes de plantas (es decir, los materiales de reproducción) para su uso en restauración. Tiene como objetivo proteger al consumidor (usuario) y proporcionarle la información relevante para la toma de decisiones. Los productores deben cumplirla para poder comercializar cualquier material de reproducción.



Lista de especies forestales e híbridos artificiales del Anexo I del R. D. 289/2003 (especies reguladas a nivel de toda la Unión Europea)	Lista de especies forestales e híbridos artificiales del Anexo XII del R. D. 289/2003 (especies reguladas a nivel del estado español)	
<p><i>Abies alba</i> Mill. <i>Abies cephalonica</i> Loud. <i>Abies grandis</i> Lindl. <i>Abies pinsapo</i> Boiss. <i>Acer platanoides</i> L. <i>Acer pseudoplatanus</i> L. <i>Alnus glutinosa</i> Gaertn. <i>Alnus incana</i> Moench. <i>Betula pendula</i> Roth. <i>Betula pubescens</i> Ehrh. <i>Carpinus betulus</i> L. <i>Castanea sativa</i> Mill. <i>Cedrus atlantica</i> Carr. <i>Cedrus libani</i> A. Richard. <i>Fagus sylvatica</i> L. <i>Fraxinus angustifolia</i> Vahl. <i>Fraxinus excelsior</i> L. <i>Larix decidua</i> Mill. <i>Larix x eurolepis</i> Henry. <i>Larix kaempferi</i> Carr. <i>Larix sibirica</i> Ledeb. <i>Picea abies</i> Karst. <i>Picea sitchensis</i> Carr. <i>Pinus brutia</i> Ten.</p>	<p><i>Pinus canariensis</i> C. Smith. <i>Pinus cembra</i> L. <i>Pinus contorta</i> Loud. <i>Pinus halepensis</i> Mill. <i>Pinus leucodermis</i> Antoine. <i>Pinus nigra</i> Arnold. <i>Pinus pinaster</i> Ait. <i>Pinus pinea</i> L. <i>Pinus radiata</i> D. Don. <i>Pinus sylvestris</i> L. <i>Populus</i> spp. e híbridos artificiales entre estas especies. <i>Prunus avium</i> L. <i>Pseudotsuga menziesii</i> Franco. <i>Quercus cerris</i> L. <i>Quercus ilex</i> L. <i>Quercus petraea</i> Liebl. <i>Quercus pubescens</i> Willd. <i>Quercus robur</i> L. <i>Quercus rubra</i> L. <i>Quercus suber</i> L. <i>Robinia pseudoacacia</i> L. <i>Tilia cordata</i> Mill. <i>Tilia platyphyllos</i> Scop.</p>	<p><i>Arbutus canariensis</i> Veill. <i>Arbutus unedo</i> L. Híbridos artificiales de <i>Castanea sativa</i> Mill. <i>Ilex aquifolium</i> L. <i>Juglans</i> spp. e híbridos artificiales entre estas especies. <i>Juniperus communis</i> L. <i>Juniperus oxycedrus</i> L. <i>Juniperus phoenicea</i> L. <i>Juniperus thurifera</i> L. <i>Olea europaea</i> Brot. <i>Phoenix canariensis</i> Hort. <i>Pinus uncinata</i> Mill. <i>Pistacia atlantica</i> Desf. <i>Quercus canariensis</i> Willd. <i>Quercus coccifera</i> L. <i>Quercus faginea</i> Lam. <i>Quercus pyrenaica</i> Willd. <i>Sorbus aria</i> Crantz. <i>Sorbus aucuparia</i> L. <i>Tamarix gallica</i> L. <i>Taxus baccata</i> L. <i>Tetraclinis articulata</i> Masters. <i>Ulmus minor</i> Mill. <i>Ulmus glabra</i> Huds.</p>



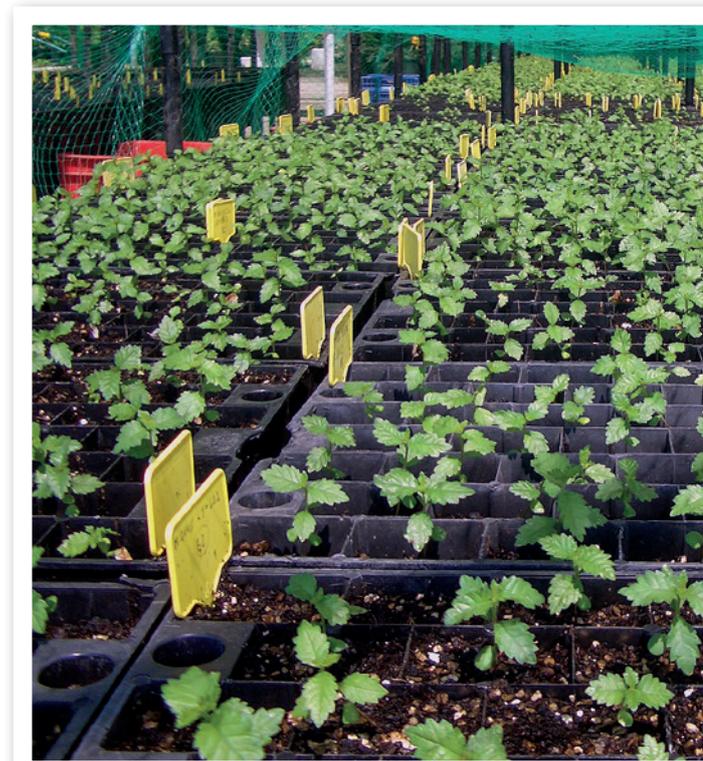
2. 1 Generalidades

La Ley 30/2006, de 26 de julio, de semillas y plantas de vivero y de recursos fitogenéticos (en adelante, Ley de Semillas), establece que los operadores y productores que pretendan comercializar lotes de semillas, plantas o partes de plantas para cualquier uso deben etiquetarlos adecuadamente, proporcionando información sobre la especie, la variedad (cuando se trate de variedades comerciales), la categoría y algunos parámetros de calidad del material de reproducción. Para el caso particular de los materiales forestales de reproducción existe una normativa específica (Real Decreto 289/2003, de 7 de marzo, sobre comercialización de los materiales forestales de reproducción, transposición de la Directiva 1999/105/CE del Consejo) que com-



plementa la Ley de Semillas, exigiendo mayores requisitos para garantizar un uso adecuado de estos. Esta normativa forestal se aplica a los materiales de reproducción que se usan en el ámbito de la silvicultura, incluyendo aquellos

para usos de restauración forestal o ambiental. La norma pone una especial atención en el origen del material, los tipos de materiales de base de los que pueden obtenerse los materiales de reproducción y las categorías con



las que se puede comercializar este material.

La normativa forestal obliga a incorporar la información del origen del material en los documentos de acompañamiento (etiquetas y documentos del proveedor) a los lotes de material forestal de reproducción, precisamente para facilitar la elección del material más adecuado. El origen de los materiales debe reflejarse a nivel de regiones de procedencia, que constituyen la zonificación donde las masas de una especie tienen unas características genéticas o ecológicas teóricamente homogéneas.

2.2. Especies reguladas

La Ley de Semillas afecta a todas las especies, pero solo algunas están contempladas en la normativa forestal y se les exige esos mayores requisitos. Se trata de 71 táxones, entre especies y géneros completos, que se corresponden con las especies forestales arbóreas más utilizadas a nivel selvícola en la Unión Europea y, en particular, en España. Muchas de ellas, sobre todo aquellas especies de ámbito centro-europeo sin distribución natural en España, tienen un escaso uso para la restauración ambiental en nuestro país.

Como se verá en el siguiente apar-

tado, quedan fuera de la aplicación de esta normativa el resto de especies arbóreas, la mayoría de los arbustos y las especies herbáceas y de matorral en su totalidad.

2.3. Especies no reguladas

Hay numerosas especies no reguladas sobre las que no se aplica el Real Decreto 289/2003 sobre comercialización de materiales forestales de reproducción, pero que sí se deben aplicar los requisitos genéricos de la Ley 30/2006, de semillas y plantas de vivero. La consecuencia más importante es que la recolección de materiales de reproducción de estas especies no está controlada por la Administración y no existe obligación de aportar al utilizador la información de origen ni de la calidad de los materiales.

Los ejemplos son numerosos: no se incluye en la regulación los materiales de *Celtis australis*, *Ceratonia siliqua*, *Sorbus torminalis*, *Sorbus latifolia*, *Corylus avellana*, *Crataegus* spp., *Malus* spp., *Pyrus* spp., *Pistacia* spp., *Sambucus* spp., *Buxus* spp., *Viburnum* spp., *Rhamnus* spp., *Fraxinus ornus*, *Ulmus laevis*, tampoco ninguna especie del género *Salix*; del género *Prunus*, solo *Prunus*

avium; solo un *Tamarix* (*T. gallica*); del género *Acer*, solo las dos especies más abundantes en Centroeuropa (*A. platanoides* y *A. pseudoplatanus*). Por supuesto, tampoco está regulada ninguna especie de herbáceas o matorrales. Esto último es un gran inconveniente, ya que estas especies muchas veces constituyen el grueso de la restauración, al ser las más adecuadas para cubrir con vegetación lo antes posible los suelos, habitualmente degradados, que se pretenden restaurar.

Sería necesario ampliar la normativa a todas las especies, incluidos los matorrales y las herbáceas, al menos en la obligación de dar información sobre el origen geográfico del material de base utilizado, es una información imposible de determinar si no es suministrada y es un aspecto relevante a la hora de escoger las semillas y plantas que se van a introducir. Esta carencia en la normativa hace que, si se quiere garantizar un origen concreto o local de una especie, la opción más segura es la recogida de la semilla por el usuario.

Cabe destacar que en España solo se han establecido regiones de procedencia (Alía *et al.*, 2009) para las especies reguladas por el Real



Decreto 289/2003; el resto de las especies o grupos de especies no cuentan con esta delimitación geográfica. Es cierto que existe una división del territorio en regiones de identificación, que delimitan grandes zonas con características ecológicas homogéneas, que podría aplicarse a muchas especies, pero no tiene en cuenta las singularidades de algunos grupos biológicos, como puedan ser las herbáceas de distribución dispersa y polinización entomófila con escaso flujo genético entre poblaciones. En este sentido, existe una iniciativa, aún en estudio, para delimitar regiones de procedencia genéricas para las especies herbáceas que puedan servir para dar una información básica de origen en los lotes comerciales.

No obstante, muchos viveros públicos y privados cuentan con información sobre el origen de la semilla, pudiendo proporcionarla a los clientes. Entre otros, el Centro Nacional de Recursos Genéticos Forestales El Serranillo, donde se centraliza el servicio de suministro de semillas del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, que incluye para todos los lotes de semilla, sean de especies reguladas o no, su origen geográfico.

2.4. Primera aclaración: La normativa no regula el uso

Una de las equivocaciones más habituales respecto de la normativa es creer que obliga a utilizar materiales de origen local. Ni la Directiva europea ni el Real Decreto 289/2003 establecen tal obligación. El uso es libre y la elección del material más adecuado debe estar basada en el conocimiento de los técnicos que proyectan las actuaciones y que establecen las condiciones en los pliegos, y por tanto han de establecer las obligaciones respecto a la categoría y origen del material a utilizar.

No obstante, algunas comunidades autónomas, como la Comunidad Valenciana, sí que han establecido en su normativa (Art. 19 del Decreto 15/2006, de 20 de enero, del *Consell de la Generalitat*, por el que se regula la producción, comercialización y uti-

lización de los materiales forestales de reproducción) la obligación, para las especies autóctonas, de utilizar materiales de origen local, y el uso de materiales con otro origen debe ser autorizado previamente a la plantación.

Las condiciones que se establecen en las órdenes de subvenciones de las comunidades autónomas suelen limitar los orígenes del material utilizado en una plantación a las procedencias locales, cercanas o aquellas que tienen una homologación climática con la zona de actuación. Si no se cumple ese requisito, la subvención no se concedería. También, muchas de las CC. AA., aunque no tengan normativa al respecto, suelen aplicar este principio de procedencias locales para autorizar las plantaciones en espacios naturales protegidos o en sus zonas de influencia.



2.5. ¿Cuáles son las principales características de los distintos tipos de materiales de base y de las categorías de materiales de reproducción?

La normativa establece cuatro categorías de materiales forestales de reproducción. Para dos de ellas, «identificado» y «seleccionado», se trata de materiales recogidos de poblaciones (fuentes semilleras y rodales) delimitadas en masas de un tamaño adecuado, ideales para la recogida de semillas de alta diversidad, con buen estado sanitario y mayormente de origen natural (salvo para las especies exóticas, que son plantaciones). La diferencia entre ambas categorías es que los materiales de la categoría «identificado» no contemplan ningún tipo de selección; en cambio, la categoría «seleccionado» (rodales selectos) proceden de poblaciones con características fenotípicas excepcionales en cuanto a algún aspecto productivo, ya sea en cantidad o en calidad, como la forma de los árboles, el crecimiento y la producción de frutos, o bien por su tolerancia a enfermedades. Todos estos aspectos no deben desdeñarse porque indican buena adaptación al ambiente.

Por su parte, las categorías «cualificado» y «controlado» se basan en selecciones de árboles individuales con características excepcionales. Los árboles así seleccionados sirven para establecer plantaciones semilleras (huertos semilleros o progenitores de familia), o bien bancos clonales para multiplicación vegetativa (clones o mezclas de clones). Estas categorías recogen los resultados de los distintos programas de mejora genética que se han desarrollado en España.

De las cuatro categorías, *a priori*, la categoría «identificado» podría considerarse la más adecuada por cubrir gran número de unidades con amplia distribución y poder elegir poblaciones locales. La categoría «seleccionado» no debería descartarse siempre que nos aseguremos que el «rodal selecto» cuente con un número suficiente de progenitores, como suele ser habitual.

Otro de los materiales de base de interés son los «huertos semilleros» de las categorías «cualificado» y «controlado», sobre todo aquellos que agrupan muchos individuos localizados de manera dispersa en una misma región de procedencia. Estos

individuos se seleccionan por sus características excepcionales en cuanto a crecimiento, forma y estado sanitario, y componen una población élite que se polinizan entre ellos. Si el número de componentes es suficiente, la semilla obtenida suele tener un grado de diversidad genética similar al de las masas naturales. Además, existen en España huertos semilleros creados con el objetivo principal de la conservación de los recursos genéticos forestales, como el caso del huerto semillero de *Pinus nigra* subsp. *salzmannii* cuyos componentes se seleccionaron de las escasas masas que quedan de esta especie en la sierra de Gredos. La diversidad que pueda tener este huerto seguramente sea incluso mayor que la de las masas naturales de esa región de procedencia, al agrupar ejemplares de poblaciones muy dispersas.

En principio, los materiales de base tipo «progenitores de familia», «clones» y «mezclas de clones» no serían adecuados para una restauración. No obstante, existen casos excepcionales cuando estos materiales se seleccionan por su resistencia a enfermedades o plagas con altas tasas de mortalidad, como son por



ejemplo la grafiosis de los olmos y la tinta del castaño, para las que ya hay materiales tolerantes, o la seca de encinas y alcornoques cuando los programas de mejora ya iniciados obtengan los resultados esperados. En estos casos, esos materiales son los más adecuados para restaurar un ambiente que se ha degradado precisamente por la presencia de estos patógenos.

**2.6. Segunda aclaración:
El material forestal de
reproducción comercializado
bajo la normativa es**

**adecuado para su uso en
restauración ambiental**

Otro error típico es creer que el material forestal de reproducción regulado en la normativa y disponible en los viveros comerciales no es adecuado para las restauraciones porque se obtiene de ejemplares con un alto nivel de selección para caracteres productivos (producción de madera, por ejemplo) y con poca diversidad genética. Nada más lejos de la realidad; actualmente hay casi seis millones de hectáreas de superficie forestal autorizada para la recogida de frutos y semillas en el Registro

Nacional de Materiales de Base, y la inmensa mayoría de las unidades autorizadas (el 96,8 % de las 8522 unidades actuales) pertenecen a fuentes semilleras y rodales de especies autóctonas, delimitados en masas naturales, normalmente de gran tamaño, que recogen adecuadamente la gran diversidad genética de las especies forestales reguladas. Solo algunos materiales son fruto de programas de mejora genética forestal y están seleccionados por caracteres de interés, ya sean productivos o de resistencia a enfermedades, y tienen una base genética más limitada.

Además de la amplia diversidad genética que contiene, el material forestal de reproducción cuenta con la ventaja de que incluye, como ya se ha comentado, un sistema de trazabilidad obligatorio que proporciona información sobre el origen geográfico de los lotes de semillas y plantas.

**3. RECOMENDACIONES
DE UTILIZACIÓN**

Ante la introducción de especies vegetales en una zona degradada para tratar de restaurarla, no hay que olvidar algunos aspectos clave relacionados con los materiales de reproducción utilizados. Trataremos de repasar algunos de ellos con recomendaciones generales que puedan servir para todo tipo de especies y espacios.

Como recomendación general se debe procurar utilizar materiales locales de especies autóctonas y que contengan la máxima diversidad genética posible. A veces, estas dos condiciones no se dan a la vez y es necesario sacrificar cercanía por diversidad.

**3.1. Táxones (especies,
subespecies y
variantes locales)**

La selección de los táxones a utilizar en una restauración es una decisión fundamental que condicionará el éxito o el fracaso de la misma dependiendo de la adaptación de las plantas al medio. Existen muchas herramientas técnicas para ayudar a tomar esta decisión y no es el objetivo de este artículo hacer un repaso en este sentido, pero sí queremos destacar la

recomendación general de la elección de táxones autóctonos compatibles con el nivel de degradación del lugar. El concepto de autoctonía se debe enfocar desde una visión restrictiva, considerando solo aquellas especies, subespecies y variantes locales que realmente forman parte de formaciones vegetales bien conservadas del entorno y que se pretenden emular.

El uso de especies autóctonas facilita la adaptación a las condiciones locales, mejora las interacciones con las especies espontáneas de flora y fauna nativa, contribuye por sí mismo a la conservación de esas especies y sus recursos genéticos y se minimiza el riesgo de procesos indeseados de colonización excesiva (especies invasoras). Además, desde el punto de vista social, mejora la aceptación de la población local ante estas actuaciones (Bozzano *et al.*, 2014).

3.2. Aspectos genéticos

En una restauración hay que asegurar que la base genética intra-específica utilizada en cada taxon es suficiente para asegurar no solo una adaptación a las condiciones ecológicas del lugar, sino pensando a largo plazo, que las plantas establecidas sean capaces de generar una progenie diversa y viable que les permita adaptarse a las presiones bióticas y abióticas y a un ambiente cambiante. Es lo que se conoce como diversidad genética adaptativa. Las recomendaciones en este sentido pasan por seleccionar bien la procedencia o procedencias de los materiales, intentar maximizar el número de ejemplares donde se recogen las semillas y evitar la recolección de ejemplares aislados donde el flujo genético es escaso y hay más riesgo de autopolinización.

Como se ha expresado anteriormente, la endogamia es uno de los mayores riesgos, y suele evidenciar sus efectos en las generaciones sucesivas, con consecuencias como infertilidad, ausencia de regeneración, reducción en el crecimiento, decaimiento prematuro y mayor susceptibilidad a plagas y enfermedades. En este sentido, se vuelve a insistir en asegurar la calidad y variabilidad genética de las semillas recolectándolas



en grandes poblaciones, aunque no sean las más cercanas. Así se debería constituir el grueso de los lotes, aunque estos se puedan enriquecer con pequeñas cantidades recolectadas en poblaciones más pequeñas y cercanas al lugar de actuación.

La deriva genética es otro aspecto fundamental a tener en cuenta. Provoca la pérdida aleatoria de diversidad genética porque hay genes que no se transfieren, simplemente por azar en los cruzamientos, a la siguiente generación. Si la población de partida es pequeña, por ejemplo, diez ejemplares, y la población se mantiene constante, en diez generaciones la deriva genética puede provocar pérdidas de hasta el 50 % de la diversidad inicial (Bozzano *et al.*, 2014). Este efecto se va reduciendo según se van aumentando los árboles reproductores. Como recomendación general se considera que para la recogida de material de propagación, un número mínimo sería el de 50 progenitores, que reduce la pérdida de diversidad genética por este aspecto a un 1 % en cada generación. Otro aspecto a tener en cuenta en las recogidas es procurar que los ejemplares recolectados estén separados entre sí, para evitar que estén emparentados.

3.3. El origen/procedencia de los materiales de reproducción

Ante la decisión de elegir el origen de los materiales a utilizar hay que seguir la recomendación general de utilizar materiales locales por su importancia en la conservación de los recursos genéticos y para aprovechar las posibles adaptaciones locales. En la mayoría de las ocasiones, servirá como origen cualquiera de las poblaciones bien conservadas de la región de procedencia local o alguna otra región de procedencia cercana geográficamente o, mejor, ecológicamente hablando.

En este aspecto, no se debe tener una visión demasiado localista. En muchas ocasiones, la población más cercana geográficamente no tiene por qué ser la mejor, si se detectan problemas de tamaño poblacional efectivo (número de individuos reproductores) que pueden generar problemas ocultos de endogamia, sobre todo si es una población pequeña y aislada de otros núcleos poblacionales. Las pequeñas poblaciones suelen tener una escasa diversidad por la deriva genética y la propia endogamia; esto puede derivar en problemas de adaptación, de crecimiento, de tolerancia a situaciones de estrés ambiental



o sanitario y en escaso éxito de reproducción.

Las especies de amplio flujo genético (polinización anemófila y dispersión de semillas a grandes distancias), como son la mayoría de los árboles forestales, no presentan fuertes adaptaciones locales salvo que las fuerzas de selección sean muy grandes. En cambio, las especies de flujo genético restringido (polinización entomófila y escasa dispersión de las semillas) sí que generan adaptaciones locales asociadas a su ambiente. Esto hay que tenerlo en cuenta a la hora de ampliar o reducir el ámbito de origen del material en cada caso.

Otra de las recomendaciones generales es no utilizar materiales de procedencias de latitudes o altitudes muy distintas, aunque sean dentro de la misma región de procedencia. La adaptación a las heladas es un carácter hereditario que se ha constatado en múltiples estudios desde que Linneo en 1759 informó de que tejos llevados desde Francia estaban poco adaptados a los duros inviernos escandinavos. La latitud y la altitud activan los mismos mecanismos de adaptación al frío. A todo esto hay que sumar la incertidumbre que incorpora los efectos del cambio climático.

Por ello, las recomendaciones actuales se basan en aumentar la diversidad y favorecer la introducción de materiales que se puedan adaptar a las condiciones de los escenarios futuros, mezclando orígenes locales de elevada diversidad con otros orígenes no locales pero que aporten un valor añadido en términos de adaptación de cara al futuro, como son la resistencia a la sequía o a los episodios puntuales de calor extremo. El uso de materiales de una población en otro lugar alejado, donde se espera que las condiciones climáticas futuras serán semejantes a las del lugar de origen según los escenarios de cambio, es lo que se conoce como migración asistida, y debe estar basado en el conocimiento generado en ensayos de procedencias, no en intuiciones más o menos razonadas. En este sentido, hay que valorar que traslocar materiales a grandes distancias puede ser beneficioso en algunos casos, pero también puede contaminar la diversidad genética local.

3.4. Homologación entre orígenes y zonas de utilización

En España se ha establecido una metodología para la homologación entre las regiones de procedencia y

de identificación con las regiones de utilización. Esta homologación se basa en modelos teóricos que relacionan la variación en el factor ambiental y el comportamiento, definiendo un óptimo para las distintas variables ecológicas. Se han definido 57 regiones de utilización de los materiales de reproducción (García *et al.*, 2005). Estas regiones de utilización coinciden con las regiones de procedencia establecidas por el método divisivo, que es también la misma delimitación geográfica que se utiliza de manera oficiosa para las regiones de identificación.

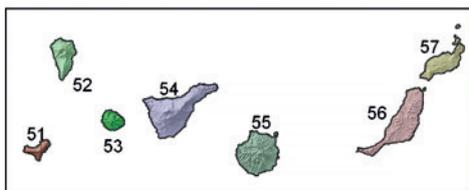
En la tabla se puede ver que cada región de utilización se homologa consigo misma, es decir, con la región de procedencia y de identificación correspondiente y con otras regiones de características ecológicas similares.

3.5. Métodos de multiplicación

El que proyecta una restauración vegetal debe elegir primeramente entre diseñar una siembra o una plantación, o bien una actuación mixta. La decisión depende de múltiples factores relacionados con las condiciones ambientales, la preparación del terreno y las características concretas de las especies a introducir. Un factor limitante para las siembras suele ser la depredación de la fauna y la ausencia de condiciones adecuadas para la germinación de las semillas, además de algunos factores intrínsecos y recalcitrantes de las semillas, como son la rápida pérdida de viabilidad y la latencia en algunas especies. En relación con las plantaciones, un aspecto fundamental es el método de multiplicación, que puede ser sexual o vegetativo. No cabe duda que en igualdad de condiciones (número de ejemplares recolectados), la multiplicación por semillas debería priorizarse, ya que proporciona una diversidad mucho mayor que la recolección de esquejes o estaquillas. Sin embargo, en algunas especies, como sauces y chopos, la viabilidad de las semillas es muy escasa y la estrategia natural más eficiente es la propagación vegetativa, por lo que plantear una restauración con plantas obtenidas por estaquillado o con un estaquillado directo no es ninguna equivocación, siempre y cuando se

Regiones de Procedencia (método divisivo)

- 1 Galicia Litoral
- 2 Montañas y mesetas interiores de Galicia
- 3 Litoral Astur-Cantábrico
- 4 Vertiente septentrional Cantábrica
- 5 Vertiente meridional Cantábrica-Lomas de La Maragatería
- 6 Litoral Vasco
- 7 Montes Vasco-Navarros
- 8 Páramos Astur
- 9 Pirenaico
- 10 Litoral Catalán
- 11 Olla septentrional de la depresión del Ebro
- 12 Depresión del Ebro
- 13 Olla meridional de la depresión del Ebro
- 14 La Rioja
- 15 Sistema Ibérico septentrional-Macizo del Moncayo
- 16 Páramos del Duero-Posa de Almazán
- 17 Tierras del Pan y del Vino
- 18 Sierra de Gata
- 19 Sierra de Gredos
- 20 Sierras de Guadarrama-Ayllón
- 21 Alcarrias
- 22 Sierra de Albarracín
- 23 Sistema Ibérico Oriental
- 24 Litoral Levantino
- 25 Sistema Ibérico Meridional
- 26 Serranía de Guasca
- 27 Campo de Criptana
- 28 Campo Arañuelo-Cuenca de Madrid
- 29 Montes de Toledo-Montargal
- 30 Alcarrias-Sierra de San Pedro-Llanos de Cáceres
- 31 Vegas del Guadiana-La Serena
- 32 Campo de Calatrava
- 33 La Mancha
- 34 Campo de Montiel
- 35 Sierras de Cazorra y Segura
- 36 Cordillera Subbética Murciana
- 37 Litoral Murciano
- 38 Litoral sur-oriental andaluz
- 39 Sierras Nevada-Filáreo
- 40 Cordillera Subbética granadina
- 41 Olla meridional de la Depresión del Guadalquivir
- 42 Serranía de Ronda
- 43 Litoral meridional andaluz
- 44 Depresión del Guadalquivir
- 45 Sierra Morena meridional
- 46 Sierra Morena septentrional
- 47 Ibiza
- 48 Formentera
- 49 Mallorca, Conejera y Cabrera
- 50 Menorca
- 51 El Hierro
- 52 La Palma
- 53 La Gomera
- 54 Tenerife
- 55 Gran Canaria
- 56 Fuerteventura, I. de Lobos
- 57 Lanzarote, I. Grietas



garantice la variabilidad del material de origen en número de ejemplares y su distribución entre sexos, al ser especies dioicas.

4. DISPONIBILIDAD DE MATERIALES ADECUADOS

La disponibilidad del material más adecuado para los objetivos de la restauración es un factor fundamental en el proceso de planificación de la actuación. El material de reproducción a utilizar deberá reunir una serie de requisitos establecidos en el pliego de prescripciones técnicas, unos, derivados de la aplicación de la normativa, y otros, fijados de forma más particular por el proyectista (Iglesias *et al.*, 2012). A fin de asegurar la ejecución en tiempo y forma de la repoblación o restauración, el redactor del proyecto debe tener la certeza de la disponibilidad del material de reproducción que se ha considerado idóneo en el momento en el que comience la siembra o plantación. Lo ideal, si fuera posible, es planificar la actuación a varios años vista, para

Homologación entre regiones de utilización y regiones de procedencia del método divisivo

Región de Utilización	El material puede obtenerse de la Región de Procedencia	Región de Utilización	El material puede obtenerse de la Región de Procedencia
1	1	24	24, (25)
2	2, (4)	25	25, (24,36)
3	3	26	26, 20,21
4	4	27	27, 28, 29, 32, 33
5	5, (15)	28	28, 26, 29, 32, 33
6	6	29	29, 19, 27, 28, 30, 32, 33, 34
7	7, (14)	30	30, 29, 31
8	8	31	31, 30, 41, 46
9	9	32	32, 27, 28, 29, 33, 34, 35, 40
10	10	33	33, 27, 28, 29, 33, 34
11	11, (12, 13, 14)	34	34, 29, 32, 33, 35, 40
12	12, 14, 11	35	35, 32, 34, 40
13	13, (11, 14, 16, 17)	36	36, 39, 40
14	14, 12	37	37, (38)
15	15, (5,16)	38	38, (37)
16	16, 17	39	39, 36, 40
17	17, 16	40	40, 32, 34, 35, 36, 39, 46
18	18, 19	41	41, 31, 45, 46
19	19, 18, 29, 46	42	42, (41, 45, 46)
20	20, 26	43	43
21	21, 22,26	44	44, 45
22	22, 21	45	45, 41, 44
23	23, (13)	46	46, 19, 31, 40, 41, 45

que exista margen de recolección de frutos y semillas, procesado de estas, así como producción de la planta en su caso, pudiendo esta actividad contemplarse en el propio proyecto.

Si no hubiera posibilidad de intervenir en el proceso de recolección del material en el campo, se consultará la disponibilidad en el mercado del material de reproducción que se

haya determinado inicialmente en el proyecto. En el caso de que se constate la no existencia de planta de las características requeridas con la que ejecutar el mismo, se deberá tener la certeza de la disponibilidad de semilla con la que producirla, y llegado el caso, se realizarán o promoverán las gestiones necesarias para su consecución. En cualquier caso, se contactará con los proveedores para analizar la disponibilidad y posibles alternativas. A tal efecto, se tendrá en cuenta que existe un Registro de Operadores Profesionales de Vegetales, que es único para toda España, y cuya inscripción en el mismo conlleva la autorización para producir de manera legal materiales de reproducción, de acuerdo a distintos grupos vegetales, entre los que están los forestales.

Hay que tener en cuenta que, si no hay disponibilidad de material de reproducción de las características que se han determinado dentro de los plazos en los que se prevé ejecutar las obras, habrá que renunciar a llevar a cabo la actuación o proceder a una sustitución de especie. El redactor del proyecto tendrá esto presente a la hora de contar los plazos que incumben al proyecto (redacción, tramitación, licitación, adjudicación, replanteo de los terrenos, preparación del terreno e inicio de la siembra/plantación), de modo que cuando se alcance esta, haya garantía de existencia del material pretendido. En cualquier caso, es mejor no realizar la actuación de restauración que realizarla con un material inadecuado.

5. EL CASO PARTICULAR DE LA RESTAURACIÓN DE RIBERAS

La revegetación de las riberas con especies propias de estos ambientes es una de las actuaciones más comunes en los proyectos de restauración y mejora del medio fluvial, y presenta una serie de particularidades respecto a otros tipos de proyectos de restauración de la vegetación. Sin embargo, se ha detectado que, con frecuencia, los materiales forestales de reproducción que se emplean en esta actividad no resultan los más adecuados, ya sea por una deficiente elección de las especies, porque no existe ningún criterio en

cuanto a su origen geográfico o diversidad genética o, incluso, porque se emplean materiales inadecuados para dicho objetivo. Se ha observado, además, que estos materiales pueden llegar a obtenerse de circuitos de producción y comercialización poco profesionalizados, que no se ajustan a la normativa vigente en relación con la calidad de las plantas y a sus sistemas de control.

En este sentido, para seguir unos criterios adecuados, se puede tomar como referencia la “Guía técnica para la gestión de materiales forestales de reproducción en la revegetación de riberas” (Prada *et al.*, 2012), donde se establecen recomendaciones para la elección de especies, la selección de procedencia y la diversidad genética de los materiales. También se explican situaciones especiales inadecuadas de este tipo de materiales, donde se recuerda que no se deben utilizar con objetivo restaurador táxones alóctonos con carácter invasor o con peligro de hibridación en las poblaciones naturales, táxones con fines productivos (ej. clones híbridos de chopo) o variedades ornamentales. La dinámica de estas especies en el medio fluvial hace que se recomiende su utilización en las mismas cuencas o subcuencas hidrográficas, en lugar de en las regiones de utilización convencionales, siempre que se garantice una diversidad genética suficiente.

Por otro lado, a la hora de tomar decisiones, hay que tener en cuenta el mejor conocimiento disponible respecto a las particularidades genéticas y poblacionales de muchas de estas especies de ribera. Un ejemplo es la escasa diversidad genética y composición prácticamente monoclonal que pueden tener algunas poblaciones de chopos, cuando aparentemente se trata de una población de diferentes individuos, lo que se ha podido saber a través de estudios con marcadores moleculares. Otro ejemplo a destacar es el reciente descubrimiento de que las poblaciones de *Alnus glutinosa* de la península ibérica, salvo en el nordeste, son tetraploides en lugar de diploides (resto de Europa), lo que ha hecho que se considere como una especie diferente (*A. lusitanica*)

(Mandák *et al.*, 2016; Vít *et al.*, 2017). La utilización de materiales diplodes en el entorno de poblaciones tetraploides, algo que nunca se ha tenido en cuenta hasta ahora, tendría una incidencia negativa en la conservación y composición genética única de estas últimas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alía R, García JM, Iglesias S *et al.* 2009. *Regiones de procedencia de especies forestales en España*. Organismo Autónomo Parques Nacionales, Madrid.
- Bozzano M, Jalonen R, Thomas E *et al.* 2014. *Genetic considerations in ecosystem restoration using native tree species. State of the world's forest genetic resources – thematic study*. FAO-Bioversity International, Roma.
- García JM, Iglesias S, Alía R. 2005. *Regiones de identificación y utilización del material forestal de reproducción. Regiones de procedencia en España realizadas por el método divisivo*. Adenda. Organismo Autónomo Parques Nacionales, Madrid.
- Prada MA, Cubero D, Rueda J *et al.* 2012. *Guía técnica para la gestión de materiales forestales de reproducción en la revegetación de riberas*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid.
- Iglesias S, Nicolás JL, Alía R *et al.* 2012. *Criterios orientadores. Protocolo técnico a aplicar en lo relativo al material forestal de reproducción en la redacción y ejecución de proyectos de repoblación y restauración forestal*. Comité Nacional de Mejora y Conservación de Recursos Genéticos Forestales. Organismo Autónomo Parques Nacionales, Madrid.
- Mandák B, Vít P, Krak K *et al.* 2016. Flow cytometry, microsatellites and niche models reveal the origins and geographical structure of *Alnus glutinosa* populations in Europe. *Ann. Bot.* 117: 107-120.
- Vít P, Douda J, Krak K *et al.* 2017. Two new polyploid species closely related to *Alnus glutinosa* in Europe and North Africa – an analysis based on morphometry, karyology, flow cytometry and microsatellites. *Taxon* 66: 567-583.

NOTA

Este artículo está basado en los conocimientos y experiencia de los autores y en la monografía publicada en 2014 por la Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación y Biodiversidad Internacional denominada “Genetic Considerations in ecosystem restoration using native tree species. The state of the world’s forest genetic resources – Thematic study”.