
CAPÍTULO.-

SELVICULTURA DE BETULA SPP.

Oscar Cisneros

*Departamento de Investigación y Experiencias Forestales Valonsadero. Junta de Castilla y León
Apdo. nº 175. 42080 SORIA. cisgonos@jcy.es*

Juan José Villarino

*Dep. de Producción Vegetal, Escuela Politécnica Superior, Universidad de Santiago de Compostela.
Campus Universitario s/n. 27002, LUGO. jvillaur@lugo.usc.es*

Federico Sánchez Rodríguez

*Unidad de Gestión Forestal Sostenible, Dep. de Producción Vegetal, Escuela Politécnica Superior,
Universidad de Santiago de Compostela.
Campus Universitario s/n. 27002, LUGO. fesan@lugo.usc.es*

Gregorio Montero

*Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA).
Carretera de La Coruña Km 7. E-28040 MADRID. montero@inia.es*

Alberto Rojo

*Unidad de Gestión Forestal Sostenible, Dep. de Ingeniería Agroforestal, Escuela Politécnica
Superior, Universidad de Santiago de Compostela.
Campus Universitario s/n. 27002, LUGO. rojo@lugo.usc.es*

0. INTRODUCCIÓN

I. TIPOLOGÍA

I.1. TAXONOMÍA: RAZAS Y VARIEDADES

I.2. TIPOLOGÍA DE LOS ABEDULARES

- I.2.1. Bosquetes de abedul que aparecen diseminados en el seno de bosques dominados por otras especies.
- I.2.2. Bosques de abedul estables.
- I.2.3. Abedules dispersos o en rodales, en ambientes ribereños.
- I.2.4. El abedul como típico colonizador de medios higróturbosos.

II. REGENERACIÓN Y TRATAMIENTOS DE REGENERACIÓN

II.1. PRINCIPALES FACTORES QUE AFECTAN A LA REGENERACIÓN

II.2. TRATAMIENTOS GENERALES

- II.2.1. Abedul en monte alto
- II.2.2. Abedul en monte bajo
- II.2.3. Plantación y ayudas a la regeneración

III. TRATAMIENTOS PARCIALES

- III.1. LIMPIAS
- III.2. CLAREOS Y CLARAS
- III.4. PODAS
- III.5. FERTILIZACIÓN
- III.6. SANITARIOS

IV. CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN

- IV.1. CALIDAD DE ESTACIÓN
- IV.2. CRECIMIENTO
- IV.3. TURNO
- IV.4. PRODUCCIÓN

IV.5. MODELOS DE CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN

V. ESQUEMA SELVÍCOLA

VI. BIBLIOGRAFÍA

0. INTRODUCCIÓN

Los abedules son frondosas heliófilas y frugales, capaces de colonizar terrenos pobres y ácidos siempre que exista humedad ambiental o compensación freática. También son aptos para vegetar en condiciones de frío y continentalidad marcadas, además de alcanzar los límites altitudinales del bosque. Estas características las definen como especies pioneras y justifican su importancia en los primeros pasos de la reconstrucción del estrato arbóreo en numerosas estaciones, particularmente en el tercio norte de la Península. Su carácter higrófilo los hace dominantes en algunas riberas, turberas y otras áreas de humedad edáfica elevada, aunque es más frecuente encontrarlos diseminados en hayedos, pinares, robledales y bosques mixtos de la zona eurosiberiana y submediterránea. En los últimos años se ha fomentado su empleo en la diversificación de la cubierta y en restauración, en particular en los programas de forestación de tierras agrarias. Se ha prestado menos atención a la posibilidad de conseguir madera apta para la sierra o la chapa en turno medio. El abedul es la frondosa de calidad más empleada en los países escandinavos, desde donde se ha promocionado su empleo en la industria del mueble. En la actualidad es ampliamente conocida en nuestro país, donde se puede hablar de una demanda sostenida. Rojo et al. (2005) indican que probablemente se trata de la frondosa autóctona que en Galicia presenta mayores crecimientos y menores requerimientos en fertilidad del suelo. Los datos aportados por estos autores a partir del Tercer Inventario Forestal son elocuentes, en 1999 había en esa región 3.051.048 m³/cc y un incremento anual en volumen de 122.069 m³/cc.

Aparte de su alto valor ecológico y paisajístico, los abedules son especialmente aptos para trabajos de restauración de la vegetación forestal en montes y riberas de ecosistemas degradados, la creación de áreas cortafuegos, el enriquecimiento de plantaciones forestales, el empleo como especies nodriza de otras especies arbóreas, el tratamiento de terraplenes y el de escombreras de estériles de minas y canteras, etc.

Una gran parte de las masas de abedul se sitúan en zonas de montaña, riberas de cauces y llanuras de inundación en las que existen restricciones legales que pretenden que estos hábitats mantengan o alcancen un estado de conservación favorable. La selvicultura del abedul puede ser una herramienta muy útil para incentivar un uso racional de muchas de estas áreas de propiedad privada. Para ello será necesario conciliar su potencialidad productiva con los objetivos de protección y conservación de estos ecosistemas forestales.

1. TIPOLOGÍA

I.1. TAXONOMÍA. RAZAS Y VARIEDADES

El género plantea problemas taxonómicos, derivados de la gran variabilidad morfológica de los taxones. Aunque existen referencias al origen híbrido de árboles con caracteres intermedios, parece ser que los híbridos son poco frecuentes y habitualmente estériles. Es más probable que se traten de formas de *Betula alba*. En la revisión del género realizada en Flora Ibérica (Moreno y Peinado, 1990) se reconocen dos especies en la Península: *Betula alba* L. (ramitas del año y retoños pelosos, con o sin glándulas resinosas) y *Betula pendula* Roth. (ramitas del año y retoños glabros, siempre con glándulas resinosas). *Betula alba* incluye a *B. pubescens* Ehrh., *B. celtiberica* Rothm. & Vasc. y *B. pubescens* subsp. *celtiberica* (Rothm. & Vasc.). Se distinguen dos variedades: *B. alba* var. *alba* y *B. alba* var. *glabrata*. *Betula pendula* incluye a dos subespecies: *B. pendula* subsp. *pendula* y *B. pendula* subsp. *fontqueri*.

López (2001) señala que a pesar de estar admitido *B. alba* en la Flora Ibérica, el nombre ha caído en desuso frente a *B. pubescens*, y es improbable que en Europa se imponga el primer nombre.

I.2. TIPOLOGÍA DE LOS ABEDULARES

Aunque aparece de forma dispersa en numerosos bosques del área eurosiberiana, el abedul llega a dominar o incluso a conformar rodales puros de diversa superficie. Blanco et al. (1997) sintetizan estas formaciones en los siguientes grupos:

I.2.1. Bosquetes de abedul que aparecen diseminados en el seno de bosques dominados por otras especies.

En este caso el abedul se comporta como especie pionera y se instala en zonas destruidas de pinares, hayedos, abetales o robledales. Se trata de un comportamiento serial similar al que presenta en bosques europeos. Tras recolonizar estas áreas, otras especies continuarán la secuencia serial. Como ejemplos se citan los abetales pirenaicos, pinares de *Pinus sylvestris*, hayedos acidófilos cántabro-pirenaicos, acebedas y robledales de *Quercus robur* y *Quercus petraea*.

I.2.2. Bosques de abedul estables.

Aunque es una especie plástica y aparece en diversas estaciones, a elevada altitud se puede considerar como especie terminal dentro de la sucesión. El abedul compite con ventaja frente a otras especies en el límite altitudinal del bosque. Forma rodales puros o en combinación con *Pinus uncinata* en la montaña silíceo del Pirineo, donde puede superar los 2.300 m. En las montañas cantábricas estos abedulares climáticos se desarrollan especialmente en el sector occidental, más pobre en sustratos carbonatados.

En otras situaciones el abedul también se configura como especie dominante, en terrenos en los que las situaciones orográficas o geomorfológicas impiden el desarrollo de la especie principal, como sustratos inestables, situación de cumbre, roquedos expuestos, etc. En estas condiciones no prosperan especies como el haya o el abeto, pero sin embargo el abedul puede mantenerse como especie climática.

I.2.3. Abedules dispersos o en rodales, en ambientes ribereños.

Esta es una de las situaciones más habituales del abedul, en particular en alta y media montaña de la región eurosiberiana. Es frecuente encontrarlo en las riberas junto con fresnos, alisos, temblones, etc.

En estas condiciones llega a alcanzar el nivel del mar. En la región mediterránea escasea, aunque en algunas riberas de la mitad norte pueden formar bosquetes poblados, como en el alto Duero hasta los 1.000 m. Otras representaciones a menor cota y latitud se consideran poblaciones relícticas de su antigua distribución.

I.2.4. El abedul como típico colonizador de medios higroturbosos.

En las turberas, zonas de drenaje defectivo o alimentación hídrica continua donde prolifera el género *Sphagnum*, la vegetación arbórea no se puede desarrollar. Sin embargo, en los bordes de estas estaciones el abedul es capaz de iniciar la colonización y dar paso, en etapas sucesivas, a especies como el pino silvestre. En esta situación aparece en los sistemas Cantábrico, Galaico-Leonés, Central, etc.

La composición florística de las diversas formaciones permite a los mismos autores (Blanco et al., 1997) realizar la siguiente división:

Abedulares cántabro-pirenaicos

El conjunto de formaciones que aparecen en el norte peninsular varía de formaciones puras de abedul hasta presencia dispersa en bosques de otras especies. En la tabla 1 se recoge la división de estas formaciones en abedulares cantábricos y pirenaicos, y su vegetación característica.

Tabla 1. Tipos y especies más características de los abedulares cantábrico-pirenaicos (Blanco et al., 1997)

Abedulares cantábricos	Entre 1.000 y 1.700 m	<i>Betula alba</i> <i>Sorbus aucuparia</i> <i>Ilex aquifolium</i> <i>Acer pseudoplatanus</i> <i>Erica arborea</i> <i>Vaccinium myrtillus</i> <i>Saxifraga hirsuta</i> <i>Saxifraga spathularis</i> <i>Luzula sylvatica</i> subs. <i>henriquesii</i> <i>Dryopteris dilatata</i> <i>Stellaria holostea</i> <i>Anemone nemorosa</i> <i>Oxalis acetosella</i> <i>Deschampsia flexuosa</i> <i>Blechnum spicant</i> <i>Polygonatum verticillatum</i>
Abedulares pirenaicos	Por encima de 2.000 m	<i>Betula alba</i> <i>Betula pendula</i> en las cotas inferiores <i>Pinus uncinata</i> <i>Juniperus communis</i> subsp. <i>alpina</i> <i>Pyrola secunda</i> <i>Homogyne alpina</i> <i>Listera cordata</i>

Abedulares meridionales

En su mayoría son relikticos. Ocupan algunas de las situaciones descritas anteriormente (zonas higroturbosas, riberas, laderas de umbrías). No ocupan superficies extensas y su cortejo florístico está empobrecido en taxones atlánticos. Las localizaciones más sobresalientes son:

- Sierras de Guadarrama-Ayllón: Además de la subespecie típica de *B. alba*, aparece la subespecie *glabrata* y *Betula pendula*.
- Riberas y arroyos de los Montes de Toledo: Llegan a descender hasta 600 m en la Sierra de Riofrío. Incorpora especies propias de ámbitos submediterráneo o mediterráneo (*Tamus communis*, *Phillyrea angustifolia*, *Myrica gale*, *Frangula alnus* o *Vitis vinifera subsp. sylvestris*). El abedul que aparece es *Betula pendula*.
- Macizos ibéricos meridionales y béticos: Son pequeños enclaves, con excepciones como las del Río Dúrcal (Sierra Nevada), con más de 100 ejemplares. En este caso los abedules no forman masa densa, se entremezclan en una masa forestal clara con *Salix caprea*, *Quercus pyrenaica*, *Acer opalus subsp. granatense* o *Sorbus aria*.

II. REGENERACIÓN Y TRATAMIENTOS DE REGENERACIÓN**II.1. PRINCIPALES FACTORES QUE AFECTAN A LA REGENERACIÓN**

El abedul presenta flores unisexuales en amentos, sobre el mismo árbol masculinas y femeninas. Los amentos masculinos son visibles desde el final del verano sobre las ramillas del año, y se abren en la primavera siguiente. Los femeninos aparecen en ramillas cortas desarrolladas simultáneamente con la foliación. Florece en abril-mayo. La emisión de polen dura entre 6 y 8 días, aunque la mayor parte sucede en los 3 ó 4 primeros días (Suszka et al., 1994). El polen viaja a gran distancia, Lemaire et al. (2000) citan como dato de la relativa efectividad de esta dispersión que el 10% de las semillas producidas en dos poblaciones separadas 400 m procedían de polen del otro bosque.

Disponibilidad de semillas

Los amentos fructíferos maduran al final del verano o principio del otoño y se deshacen para permitir la diseminación, aunque pueden permanecer frutos en el árbol hasta la primavera. Los frutos son aquenios alados muy ligeros, que pueden llegar a grandes distancias mediante la acción del viento. Sin embargo, la mayoría de las semillas permanecen en un entorno limitado del árbol madre. Perala y Alm (1990a) estiman en 192 m para *B. pendula* y 145 m para *B. alba* la distancia teórica de dispersión para árboles de 20 m de altura en terreno despejado. Sarvas (1948; en O'Dowd, 2004) reduce esta distancia a 50 m. También juega un importante papel la dispersión hidrócora, ya que los tegumentos impermeables del fruto permiten que flote durante meses antes de germinar (Suszka et al., 1994). Un único árbol puede producir millones de semillas en cada estación, aunque la cosecha suele ser variable entre años. Cuando crece aislado fructifica antes de los 10 años, y en condiciones de menor insolación puede retrasarse hasta 20-30 años. Se citan fructificaciones a los 2 años cuando se ha cultivado en invernadero (Perala y Alm, 1990a).

Germinación y primer desarrollo

Para la germinación en campo es suficiente con el periodo de frío del invierno y el ascenso de temperatura en primavera, junto con la presencia de luz. En condiciones de oscuridad no germina. Estas características, unidas al pequeño tamaño de la semilla y a la abundancia de fruto, describen a estas especies como colonizadoras en estaciones frías. La viabilidad de las semillas es muy baja, así como la supervivencia de los brinzales, inferior al 5-10 % durante el primer año (Lemaire, 2000). El porcentaje de germinación es del 40 % y la viabilidad decrece rápidamente: 6% después de un año, 3% tras dos años y 1% a los tres años (O'Dowd, 2004).

Establecimiento

Entre los riesgos a los que está sometido el regenerado, Lemaire (2000) remarca el daño del encharcamiento prolongado para *B. pendula*, mientras que *B. alba* soporta bien las etapas de crecimiento radicular anaerobio. La evolución de la reserva de agua en el suelo es otro factor determinante en el establecimiento del regenerado, porque los abedules no son eficientes en la transpiración (Perala y Alm, 1990b) y no toleran la sequía. También son muy sensibles a la alelopatía generada por la presencia de *Deschampsia flexuosa* (L.) Trin (Jarvis 1964; en Perala y Alm, 1990a), y en general a la competencia herbácea.

Sin embargo, el cuello de botella para el desarrollo del regenerado es la competencia por la luz. El temperamento claramente heliófilo de la especie se demuestra a partir del primer año. La abundancia del diseminado y la escasez de reservas en las pequeñas plantas marcan una gran dependencia de la insolación. Es habitual observar inicialmente un gran número de brinzales, que sufren una elevada mortalidad en los años siguientes. Lemarie et al. (2001) citan un bosque de Bélgica en el que a los 7 años se contabilizaban 168.750 brinzales/ha, de los cuales sólo 27.500 estaban vivos.

Se admite que los abedules mejoran el suelo y permiten la incorporación posterior de especies más exigentes. Su efecto, a través del reciclado de nutrientes y de la oxigenación que producen sus raíces en fases anaerobias, mejora el crecimiento de otras especies, como *Pinus*. Sin embargo son muy sensibles a los factores edáficos. Habitualmente no prosperan sobre terrenos arcillosos, y es en los suelos arenosos donde expresan su potencial como colonizadores. Según se ha comentado, el comportamiento frente al encharcamiento es diferente entre especies. *B. alba* soporta el encharcamiento y los suelos turbosos, mientras que *B. pendula* requiere suelos bien drenados, preferentemente arenosos y sin compactación (Perrin, 1964).

En cuanto a requerimientos nutricionales, el fósforo parece ser el elemento de mayor relevancia en el éxito del regenerado, seguido del nitrógeno (Perala y Alm, 1990a). El rango óptimo de pH está entre 4 y 5, aunque se puede encontrar en suelos neutros o en suelos con pH 3,5 (Evans, 1984).

La regeneración requiere de la presencia de suelo mineral o de una adecuada mineralización que no favorezca la existencia de acumulaciones excesivas de restos vegetales, ya que la radícula no es capaz de atravesarlos y la planta muere prematuramente por sus escasas reservas.

El comportamiento colonizador del abedul se evidencia en la presencia de regenerados en terraplenes, claros del bosque producidos por origen natural o antrópico, bordes de la masa forestal, etc.

Reproducción vegetativa

Rebrota de cepa pero no de raíz. La presencia de cepas con varios troncos coetáneos es frecuente en las riberas y límites de fincas en las que se realizan limpiezas periódicas de la vegetación. La capacidad de rebrote parece ser mayor en *B. alba* que en *B. pendula*,

pero el número de brotes por cepa es mayor en el segundo (Perala y Alm, 1990a y 1990b).

La capacidad rebrotadora de los abedules depende de la edad, (el abedul pubescente pierde su capacidad rebrotadora a los 40-60 años), la altura del corte (cepas bajas de 10 cm producirán más brotes y serán más vigorosos que los de cepas de 1 m de altura), el diámetro del tronco (el óptimo para la brotación es de 3-10 cm), la estación de corta (a temperatura inferiores 10 °C no se producen rebrotes y las cortas estivales pueden originar menos frecuencia de rebrote que las primaverales u otoñales), la calidad de estación y la naturaleza de la perturbación que promueve la brotación (las cepas de los abedules europeos pueden rebrotar vigorosamente tras incendios no muy intensos).

II.2. TRATAMIENTOS GENERALES

Según se ha comentado en el apartado sobre regeneración, las semillas del abedul prosperan sobre suelo mineral, por lo que la mayoría de los tratamientos asumen la realización de trabajos de escarificado o eliminación de los residuos vegetales para permitir que la radícula establezca un rápido contacto con el suelo.

En España la especie no ha sido objeto de selvicultura específica. La madera se ha aprovechado tradicionalmente de forma puntual para la producción de piezas como almadreñas, mangos, utensilios de cocina o pequeños muebles. En algunas serrerías se han procesado pequeños lotes cortados en bosquetes silvestres, pero no se han encontrado noticias sobre la existencia de tratamientos orientados a su regeneración y aprovechamiento sostenido. Como ocurre con otras frondosas espontáneas en España, la falta de selvicultura ha generado masas de baja calidad para la industria del mueble; el propietario o gestor no perciben su valor potencial y no se realizan los tratamientos adecuados, con lo que se perpetúa el estado de abandono. Las cifras aportadas por Rojo et al. (2005) en la introducción de este capítulo son indicativas del interés que tiene incentivar la selvicultura de la especie.

Sin embargo en otros países europeos, en particular en Escandinavia y Alemania, esta frondosa ha despertado gran interés y se ha favorecido su estudio y selvicultura, con objetivos tan diversos como la producción de pasta para papel, tableros de fibra, madera de calidad para ebanistería, jardinería, restauración hidrológica o recuperación de terrenos contaminados. En la estela de estas experiencias, otros países como Bélgica, Francia o Irlanda han iniciado trabajos de selvicultura, ecología y mejora genética con resultados más que alentadores. Las recomendaciones recogidas en este apartado derivan en su mayor parte de los resultados de los trabajos mencionados.

II.2.1. Abedul en monte alto.

La regeneración de la especie en nuestros montes habitualmente se asocia a alguna perturbación, tras la que se impone como típico colonizador. Ejemplos habituales son los incendios, la apertura de pistas, las cortas en montes de otras especies o el abandono de fincas. En estos casos, prepara la llegada de especies más exigentes que se instalarán al amparo de las condiciones más favorables creadas por el abedul. Los tratamientos de regeneración recomendados para la especie derivan de su aptitud para la colonización y se basan en la recreación de estas perturbaciones. La corta a hecho es el tratamiento recomendado por la mayoría de los autores. El tamaño de los claros o fajas creados varía principalmente con las condiciones climáticas del monte y la calidad y cantidad de semillas. En buenas condiciones (diseminados abundantes y estaciones húmedas) se puede lograr buena regeneración en cortas de 50 m o incluso mayores. En estaciones

secas, con cosechas irregulares, el tamaño de la corta se debe reducir a la mitad (Perala y Alm, 1990b).

El aclareo sucesivo también se ha recomendado para este género, en concreto para *B. alba* y *B. pendula* se sugiere dejar entre 20 y 40 árboles semilleros/ha (Miellikäinen 1991 en Cameron, 1996). Los árboles semilleros se eliminan al año o a los dos años, para evitar la competencia al regenerado y la entrada de especies tolerantes. *B. alba* tolera mejor la sombra que *B. pendula*, por lo que dejar la protección durante más tiempo favorece al primero.

El manejo de las cortas diseminatorias es adecuado para regenerar masas mixtas en las que el abedul es especie acompañante. Perala y Alm (1990b), en función de los resultados de Sarvas para masas de *Picea abies* (L.) H. Karst. y abedul, recomiendan cortas de aclareo sucesivo por bosquetes, dejando un grado de cobertura del 20 al 40%.

En la mayor parte de los casos manipular el sotobosque sin escarificar el área de diseminación es insuficiente para regenerar abedules. Algún tipo de preparación del suelo se necesita para controlar la vegetación competente y proporcionar un medio óptimo para la germinación y crecimiento de los brinzales. El arrastre de trozas durante los aprovechamientos de madera estivales no siempre da buenos resultados a no ser que se arrastren los árboles completos, y lo mismo puede suceder con las quemas controladas y los fuegos poco intensos que no consuman la capa orgánica del suelo lo suficiente como para proporcionar buenas superficies de diseminación. Por ello, es usual que el área de diseminación sea preparada por gradeo, arado o decapado con una cuchilla o un rastrillo frontal o alguna otra técnica de escarificación. Generalmente esta operación será previa a la diseminación, aunque en el caso del gradeo puede ser posterior para aprovecharse del efecto de mullido del suelo y mejorar el contacto de las semillas con el suelo.

Las áreas de diseminación permanecen receptivas a la germinación de las semillas poco tiempo (2-3 años o menos en el norte peninsular), por lo que el éxito de la regeneración debe comprobarse a finales de la primavera siguiente a la diseminación.

II.2.2. Abedul en monte bajo.

Aunque es habitual encontrar chirpiales de abedul, su capacidad de rebrote no es comparable a la de otras especies de ribera como el aliso, ni en el número de cortes admitidos ni en la calidad de los chirpiales producidos. La capacidad de rebrote parece ser mejor en *B. alba*. En la revisión realizada por Cameron (1996) se concluye que este método de regeneración produce árboles de inferior calidad a los brinzales. Perrin (1964) también señala la escasa capacidad de persistencia del abedul tanto en monte alto como en monte bajo, ya que cede en la competencia con otras especies. En el caso del monte bajo, recomienda rotaciones de 20 años, aunque indica que el destino más adecuado de estas masas pasa por el cambio de especie.

II.2.3. Plantación y ayudas a la regeneración.

En el norte peninsular son habituales los golpes de regeneración tras los incendios, y su introducción artificial en los extensos brezales asociados al fuego y pastoreo repetido se ha propuesto como herramienta para alcanzar etapas de mayor evolución hacia el bosque (Higueras, 1997). En áreas en las que existen fuentes semilleras próximas, este autor propone abrir claros en el brezal y remover el suelo por casillas o en bandas, dispuestas a favor del viento para facilitar la llegada de las semillas. Exceptuando

experiencias similares, el empleo del abedul se ha dirigido al incremento de la diversidad y estabilidad de las masas forestales, a través de su capacidad para mejorar los procesos edáficos y ayudar en el establecimiento de otras especies más exigentes. En estos casos se ha optado por propiciar el desarrollo de los brinzales establecidos de forma silvestre, en las labores de limpias y claros. También se ha introducido de forma artificial, en rasos del monte, zonas de matorral o en las vaguadas para formar áreas cortafuego, para lo que se ha empleado habitualmente planta de dos savias protegida individualmente. Esta práctica ha generado polémica en algunos casos por el impacto visual de los protectores cuando se trata de repoblaciones de cierta extensión. Hay que asumir que las elevadas cargas cinegéticas y ganaderas que existen en numerosos montes hacen necesaria la protección de los brinzales para alcanzar un porcentaje adecuado de arraigo.

La alternativa es plantar a gran densidad, práctica habitual en otros países. La densidad inferior en este caso se sitúa en 1.600 pies/ha (Lemaire, 2000). Este mismo autor señala una práctica de los selvicultores franceses para ayudar a la regeneración en terrenos sin fuentes semilleras cercanas. Consiste en la colocación a intervalos regulares de ramas con frutos maduros, para permitir que el viento se encargue de su diseminación.

En Finlandia las densidades de plantación de *B. pendula* varían desde 1x1 m hasta 3,5x3,5 m, según la calidad del sitio y el grado de selección genética disponible, pero es común la adopción de 1.600 plantas/ha, que se considera óptima siempre que no exista riesgo de que se produzcan muchas bajas (Niemistö, 1996).

De los ensayos de espaciamientos finlandeses se ha comprobado que la máxima producción maderable ($d_{cc} \geq 7$ cm) se obtiene con plantaciones de al menos 2.500 pies/ha, pero pasar de 1.600 a 2.500 pies/ha supone aumentar la madera de pulpa sólo unos 20 m³/ha e incrementar notablemente la producción no maderable (< 7 cm). Además, el paso de 1.100 a 2.500 reduce considerablemente el diámetro de los árboles dominantes, que no se ven afectados a densidades menores a 1.100 pies/ha.

Por otro lado, las plantaciones de 5.000 pies/ha deben aclararse antes de que su altura dominante sea de 12 m sin que se reduzca en exceso la razón de copa, lo que obliga a realizar un costoso claro previo. Las de 2.500 pueden alcanzar 14 m, y las de 1.600 17 m. En este último caso se dispone de un mayor margen de tiempo para realizar la primera clara (3-4 años).

Otro uso para el que se ha demostrado la adecuación del abedul es la recuperación de escombreras, residuos de minería o terrenos contaminados con metales pesados. Sobre este último aspecto, Artetxe et al. (2001) establecieron la elevada tolerancia del abedul a altas concentraciones de cinc y plomo y su utilidad para la recuperación de este tipo de terrenos.

No se han encontrado noticias sobre plantaciones puras de abedul con destino a la producción de madera de calidad. Detrás de la falta de interés por parte de los propietarios está el dato de que su madera no se aproxima en precio a otras frondosas como nogal o cerezo. Además, no existe material forestal de reproducción mejorado, y la mayoría de las masas existentes como fuentes semilleras no ofrecen seguridad sobre la calidad futura de la plantación. Las recomendaciones para plantaciones en antiguos terrenos agrícolas recogidas por Montero et al. (2003) se resumen en reducir la densidad de plantación respecto a la habitual en los regenerados silvestres para que el coste inicial sea asequible. Posteriormente se deben realizar cuidados culturales más intensos dirigidos a obtener una troza de calidad. Teniendo en cuenta la necesidad de podar y el carácter heliófilo del abedul, se puede situar en 1.100 pies/ha la densidad inicial en estas plantaciones.

Aunque la siembra directa es una técnica habitual en países escandinavos, Bigot (2001) no recomienda su empleo a la vista de los pobres resultados obtenidos en Francia, Escocia y Bélgica. La plantación entre 1.100 y 1.600 pies/ha es la alternativa propuesta. Un objetivo muy interesante es la creación de plantaciones mixtas de coníferas (pino, picea) y abedul. Según esta autora, se plantan a densidad baja las coníferas (600 pies/ha) y se completa hasta 1.100 o 1.500 pies/ha con abedul. El esquema de la plantación puede consistir en que una de cada cinco líneas esté ocupada al 100% por abedul y que en cuatro de cada cinco se plante una o dos coníferas por cada abedul. Los abedules también se pueden implantar mediante la regeneración natural. Posteriormente se gestiona la plantación para llevar todo el abedul en una corta única para trituración o bien producir unos 100 pies/ha aptos para sierra en la corta final. Este tipo de plantaciones se contemplan como una forma de unir objetivos productivos y ambientales, en particular en las poblaciones que se debieron regenerar tras las tempestades del año 1999 en Francia. El destino del abedul como madera de trituración se contempla como una ventaja de esta especie frente a las coníferas, cuya venta para este uso ofrece más inconvenientes, según los datos de AFOCEL (Francia) que ofrece esta autora.

En un sentido similar, en varios países del centro (principalmente Alemania) y norte de Europa se ha utilizado frecuentemente el abedul como especie pionera, a menudo en mezcla con otras especies, para establecer un dosel de protección (nurse crop) que permitiera la posterior instalación, natural o artificial, de otras especies más exigentes o la creación de masas mixtas (por ej. Schmidt, 1951; Perala y Alm, 1990b; Seitschek, 1991; Klang y Ekö, 1999; Bergqvist, 1999).

Los abedulares seriales naturales presentan una cobertura suficiente para crear un ambiente nemoral que selecciona las plantas que viven en el sotobosque, por lo que si uno de los objetivos principales es la creación de áreas cortafuegos, la densidad de las plantaciones no debe ser inferior a 1.600 pies/ha para acelerar el cierre de copas y conseguir un rápido asombrado del sotobosque.

III. TRATAMIENTOS CULTURALES

III.1. LIMPIAS

A pesar de que el crecimiento inicial de la especie es rápido, se requiere de la eliminación de la vegetación herbácea para que la parte superior del árbol no esté dominada por el estrato herbáceo. Hay que tener en cuenta que la semilla no posee reservas y el primer crecimiento va a depender de la disponibilidad de recursos en el medio. El efecto más evidente, dado su temperamento heliófilo, es el asombrado, que depende de la densidad y altura de la vegetación competente y de la altura de las plantas de abedul. Aunque éstas pueden vivir con un crecimiento muy reducido entre la vegetación accesoria siempre que el asombrado no sea total, se sabe que incluso la sombra producida por brezos de porte bajo, como *Calluna vulgaris*, tiene un efecto muy negativo sobre la tasa de supervivencia de los brinzales (Khoon y Gimingham, 1984).

La competencia que se establece en los regenerados naturales elimina rápidamente a la mayoría de los árboles, aunque la densidad elevada sirve como protección durante los primeros años frente a los animales, la nieve y la competencia herbácea.

Raulo (1987; en Cameron, 1996) indica la importancia de realizar el binado y escarda al principio del verano, para asegurar la dominancia del brinzal sobre la vegetación herbácea. La competencia con *Deschampsia flexuosa* (L.) Trin. parece ser

especialmente negativa (Perala y Alm, 1990a). Una vez que se ha sobrepasado la competencia inicial, el abedul presenta un buen crecimiento que le permite escapar rápidamente al efecto de las herbáceas.

En plantaciones, la competencia herbácea es más intensa, incluso tras varios años. El abedul proporciona una cubierta muy ligera, por lo que el estrato herbáceo no difiere apenas del que existe en terrenos desnudos. En terrenos proclives al crecimiento del estrato herbáceo, la eliminación de la hierba debe extenderse durante 3-5 años.

III.2. CLAREOS Y CLARAS

El crecimiento y la forma parecen ser superiores en *B. pendula* frente a *B. alba*, lo que ha provocado que la mayoría de los estudios sobre selvicultura se hayan centrado en la primera especie.

Consideraciones generales

La eliminación progresiva de la densidad es necesaria para alcanzar árboles aptos para sierra o chapa en turnos medios. Como especies intolerantes, requieren intervenciones tempranas y vigorosas para que el crecimiento no se estanque. Sobre la densidad inicial, que llega a 100-200 pies/m², se producen mortalidades que alcanzan el 99%, pero a pesar de esta evolución, a los 10 años todavía pueden permanecer 10.000 pies/ha (Lemaire, 2004). Este autor indica la importancia de controlar la competencia para aprovechar el vigoroso crecimiento inicial de los 10-15 primeros años, ya que posteriormente el árbol reduce notablemente su desarrollo y el crecimiento global se verá muy influido por la estructura que el abedul haya sido capaz de generar en la primera fase de su vida. La necesidad de realizar claras tempranas también es indicada por Evans (1984), quien señala que incluso iniciando las intervenciones poco tiempo después del cierre de copas, la respuesta del abedul es escasa.

Distintos autores insisten en la necesidad de mantener el porcentaje de copa viva por encima del 50% (Bigot, 2001; Cameron, 1996; Lemaire, 2000), porque copas inferiores implican insuficiente capacidad de reacción a las claras.

Primeras intervenciones

Raulo (1987; en Cameron, 1996) sugiere que el primer clareo se realice cuando la altura dominante esté entre 12 y 14 m, reduciendo la densidad de 2.000-3.000 pies/ha a 700-900 pies/ha. Según Cameron (1996), las claras deben comenzar cuando la altura media se encuentre en el entorno de 8-10 m, lo que sucede alrededor de los 15 a 25 años de edad, según sea la tasa de crecimiento. Bigot (2001) propone que si se busca la producción conjunta de madera de trituración y de sierra se debe aclarar hasta 2.000 pies/ha cuando la altura esté entre 4 y 6 m. En el caso de que el objetivo sea exclusivamente la madera de trituración, se puede dejar evolucionar la población natural sin intervenciones y cortar a hecho a los 25-30 años.

Rotación entre claras

El compromiso entre rentabilidad de las operaciones y efectividad del tratamiento parece establecer la rotación en 5-7 años (Cameron, 1996; Bigot, 2001), aunque Lemaire (2004) lo reduce a 3 años en las mejores estaciones.

Selección de árboles y densidad en la corta final

Como en el resto de especies, la densidad final depende de la calidad de estación, del destino buscado y de la capacidad de gestión. Si el objetivo es el mantenimiento de un

adecuado estado vegetativo para mantener su papel en el ecosistema, basta con adecuar la densidad según los modelos recogidos en este apartado, mediante intervenciones puntuales, o bien dejar que evolucione de forma natural. Si se busca además rentabilidad económica, hay que observar que los clareos y claras sólo tienen interés cuando se orientan a la producción de madera de sierra y chapa. En estos casos se deben seleccionar un número de árboles dominantes o codominantes de buena conformación, preferentemente distribuidos por todo el rodal o plantación. Las labores selvícolas se orientarán a favorecer el crecimiento de estos árboles. Hubert (1981) cifra en 6-7 m el espaciamiento que debe existir entre árboles cuando son adultos, lo cual supone una densidad final de 200-300 pies/ha. Villarino (c.p.) considera también 200 pies/ha como una densidad razonable, con espaciamiento entre árboles de porvenir de alrededor de 7 m. Cameron (1996) aumenta la densidad final hasta 300-500 arb/ha. Lemaire (2000) divide en tres clases la calidad de estación y propone las siguientes densidades para la corta final.

Tabla 2. Criterios para el aprovechamiento de *B. pendula* según la calidad de estación (Lemaire, 2000)

Calidad	Turno	Pies/ha en la corta final	Circunferencia en la corta final (cm)	Altura dominante (m)
Buena	40-50	90-135	120-150	27-30
Mediana	50-60	115-160	110-130	23-26
Mediocre	55-70	160-240	90-110	<23

Modelos para el noroeste peninsular

En España se han desarrollado tablas de producción para el noroeste (Rojo et al., 2005), que permiten establecer la necesidad de realizar claras según la selvicultura media observada en Galicia (tablas 8, 9 y 10). Se trata por tanto de las herramientas adecuadas para la gestión de masas silvestres o plantaciones a gran densidad, de forma que se puede establecer la calidad del rodal, predecir su evolución y crecimiento y programar las intervenciones con fiabilidad.

Junto a este modelo, existe otro asimilable al crecimiento sin competencia (Villarino y Riesco, 1997), que puede emplearse en la gestión de plantaciones para maximizar el crecimiento y contar con un indicador de espesura defectiva. Mediante la medición en Galicia de abedules aislados y libres de competencia por la luz, estos autores han establecido una relación entre el diámetro de copa y el diámetro normal, para un ámbito de aplicación de diámetros entre 10 y 50 cm. Esto permite calcular el máximo área de copa que ocuparía un árbol de un determinado diámetro, y la densidad que produciría teóricamente una ocupación completa de la superficie.

$$r = 35,461 - 0,3229 \cdot D_n;$$

donde r es la relación entre el diámetro de copa y el diámetro normal (D_n).

Los mismos autores han ajustado otra norma de densidad en función de la altura dominante.

$$N = 0,28 + 622,075 \cdot H_o^{-2};$$

donde N es la densidad en arb/ha y H_o es la altura dominante.

Otros modelos aplicables

Bigot (2001) establece varios itinerarios en función del objetivo (madera de sierra o trituración), para plantaciones o regenerados monoespecíficos de abedul (tabla 3) o para mezclas con coníferas (tabla 4). Aunque están basados en experiencias realizadas en Francia, se incluyen porque las alternativas propuestas son de evidente interés para estaciones del norte peninsular.

Tabla 3. Claras y clareos propuestos para regenerados y plantaciones de *B. pendula* puros (Bigot, 2001).

	Plantación		Regenerado natural		
	1.100 pies/ha	1.600 pies/ha	H < 6	H > 6	
Objetivo	Madera de trituración y de sierra				Madera de trituración
Clareo			4 m < H < 6 m Dejar 2.000 pies/ha		No intervenir, dejar la evolución natural
1ª Clara	Ho ≈ 18 m (20-25 años) Dejar 400 pies/ha	Ho ≈ 13 m (15-18 años) Dejar 800 pies/ha	Ho ≈ 13 m (15-18 años) Dejar 800 pies/ha	Señalamiento de 200 pies/ha y clareos para favorecerlos	
2ª Clara		Ho ≈ 18 m (20-25 años) Dejar 200-400 pies/ha	Ho ≈ 18 m (20-25 años) Dejar 200-400 pies/ha		
Turno	45-65 años	45-65 años	45-65 años	45-65 años	25-30 años (en la mejores estaciones)
En las claras se deben conseguir entre 30 y 50 m³ de madera de trituración/ha H = altura media, Ho = altura dominante					

En el caso de plantaciones mixtas con coníferas Bigot (2001) propone varios objetivos (tabla 4). Si el objetivo es la producción de madera de sierra de la conífera, se recomienda extraer todos los abedules cuando alcancen 12-13 cm (a los 15 ó 20 años) para conseguir un volumen suficiente para destinarlo a trituración, y posteriormente aplicar a las coníferas la selvicultura habitual de las plantaciones monoespecíficas. Otro objetivo puede ser la producción de madera de sierra, tanto de conífera como de abedul, y para ello se propone seleccionar 100 abedules con buena conformación en la primera clara, definida anteriormente, cortando el resto. En las siguientes claras sólo se extraerían coníferas, hasta alcanzar la corta final a los 45-50 años.

Tabla 4. Claras y clareos propuestos para plantaciones mixtas de *B. pendula* y coníferas (Bigot, 2001).

Intervención	Objetivo		
	Madera de sierra de conífera	Madera de sierra de conífera y de abedul	
1ª Clara (sólo abedules, 15-20 años)	Dejar 600 coníferas/ha (todos los abedules se cortan), y seguir la selvicultura habitual de	Dejar 600 coníferas + 100 abedules/ha	Dejar 600 coníferas + 100 abedules/ha
2ª Clara (sólo coníferas)		Dejar 300 coníferas + 100 abedules/ha	Dejar 400 coníferas + 100 abedules/ha

3ª Clara (sólo coníferas)	la conífera		Dejar 200-250 coníferas + 100 abedules/ha
Corta final (45-50 años)	100% de coníferas	Coníferas y abedules	Coníferas y abedules

Como complemento al modelo de crecimiento libre para *B. alba*, se puede contar con el estudio de *B. pendula* en crecimiento sin competencia de Lemaire (2004). El objetivo es favorecer a los árboles seleccionados para la corta final (tabla 5), mediante la realización de clareos o claras en una circunferencia alrededor de los mismos. Se considera que el espaciamiento libre alrededor de los árboles debe ser del 25% de la altura para que no exista competencia. En cada intervención se eliminan los árboles en un radio del 25% de la altura media que los árboles tendrán cuando se realice la siguiente intervención. Esta norma es aplicable para las intervenciones entre 5 y 16 m de altura.

Tabla 5. Radio a mantener libre de competencia para regenerados naturales de *B. pendula* (Lemaire, 2004).

Intervención		Siguiete intervención		Radio aclarado en la 1ª intervención
Altura de los pies seleccionados (m)	Edad (años)	Altura (m)	Edad (años)	
6	4-7	9	7-11	9 m x 0,25 = 2 m
9	7-11	13	10-15	13 m x 0,25 ≈ 3,2 m
13	11-15	16	14-24	16 m x 0,25 ≈ 4 m
Por encima de 17 m se puede realizar una última clara				

Para la adecuada planificación y ejecución de las claras, este autor propone que se preseleccionen entre 180 a 360 pies/ha cuando la altura media sea de 6 a 8 m, y entre éstos seleccionar de 90 a 240 cuando la altura media alcance entre 12 y 14 m.

III.3. PODAS

Esta operación no tiene interés cuando el destino es la madera de trituración. Para producir madera de sierra y chapa es obligado realizar podas de formación y calidad. Evans (1984) cita a Ovington y Madgewick (1959) para reseñar que en bosquetes densos las ramas inferiores mueren rápidamente, y que cerca de los 40 años el número de ramas por árbol permanece constante. Mäkinen (2002) encontró que las ramas de *B. pendula* son más gruesas en las masas más claras, que además viven más tiempo y que tardan más en ser ocluidas. El periodo medio entre que la rama muere y el tronco envuelve el muñón varía entre 7 y 10 años. Se concluye que a pesar de que el abedul tiende a autopodarse, es necesario podar para que no se produzcan nudos en la troza de calidad. Las podas se realizan exclusivamente sobre los árboles preseleccionados. Respecto a la poda de formación, es necesaria porque el porte natural del abedul suele

presentar defectos como horquillas, ramas gruesas y competidoras con la guía terminal, etc.

Lemaire (2000) recomienda que los nudos se concentren en un cilindro interior de 8 a 12 cm, y que las podas de calidad se realicen sobre ramas de 1-2 cm, fuera del periodo vegetativo y de heladas para las ramas verdes y en cualquier momento para las muertas. Raulo (1987; en Cameron, 1996), sin embargo, recomienda que las ramas vivas se poden después de la subida de la savia en primavera o justo tras la caída de la hoja en otoño, porque en otro momento existe riesgo de coloración de la madera y pudrición. Esta última recomendación parece más adecuada, porque de diciembre a marzo presenta una presión de savia muy alta, que hace que se produzca un derramamiento por las heridas de poda. Es por tanto una época prohibida para la práctica de la poda.

Es difícil establecer un calendario de poda al carecer de las experiencias necesarias. Evidentemente las intervenciones dependen del destino final, de la densidad y de la calidad de estación. Álvarez et al. (2000) recomiendan realizar podas de formación entre los 2 y 6 años, una primera poda de calidad cuando los árboles alcancen los 6 m de altura total y otra sobre los 500 a 600 mejores. Villarino (c.p.) establece la siguiente programación de intervenciones (tabla 6).

Tabla 6. Programación de podas para abedul (Villarino, c.p.)

Edad	Tipo de intervención
3	Poda de formación, principalmente
7	Poda de formación y poda de calidad, hasta unos 2 m.
11	Fundamentalmente poda de calidad sobre 500 pies/ha, hasta 3,5 m.
15	Poda de calidad sobre los árboles seleccionados, 200 pies/ha, hasta 5 m.

Montero et al. (2003) elaboran el siguiente calendario para plantaciones a baja densidad (≤ 1100 arb/ha).

Poda de formación

Se debe iniciar la poda de formación al menos en el segundo o tercer año de plantación, en todos los árboles. La segunda poda de formación se debe realizar al menos a los 600 pies/ha mejores, tres años después de la primera poda de formación. Es importante eliminar las ramas inferiores que, a pesar de autopodarse con facilidad, permanecen en el tronco sin caer y generan importantes pérdidas de valor.

Poda de calidad

La primera poda de calidad se realizará en los 600 pies/ha elegidos, tres años después de la segunda poda de formación. La segunda poda de calidad se realizará en los 300 árboles definitivos. En las podas de calidad puede ser necesario realizar alguna poda de formación para evitar las horquillas en altura.

III.4. FERTILIZACIÓN

Una de las ventajas atribuidas al abedul es su capacidad de colonizar suelos pobres, por lo que no se considera de interés enmendar el suelo al realizar plantaciones. De hecho una de sus funciones es mejorar el suelo mediante la movilización de nutrientes, para permitir la posterior instalación de otras especies.

III.5. SANITARIOS

No son habituales los tratamientos sanitarios en masas de abedul, pues no suelen verse afectadas por graves daños bióticos. En cualquier caso, Montero et al. (2003) señalan las siguientes plagas y enfermedades: el virus de enrollado del cerezo afecta al abedul produciendo proliferaciones excesivas de ramillas y enanismo en hojas, y se ha señalado como el posible causante del flameado de la madera, una coloración buscada en la chapa de abedul. Este defecto también se atribuye a *Agromyza carbonaria* Zetterstedt. *Taphrina betulina* Rostrup. induce la formación de escobas de brujas, haciendo que estas ramas sean más susceptibles a daños por heladas; en árboles en pie se han señalado ataques de *Armillaria* spp. y *Piptoporus betulinus* (Bull.) P. Karsten; *Melampsoridium betulinum* (Pers.) Kleb produce una roya sobre abedul; y finalmente *Croesus septentrionalis* L. es un himenóptero que produce defoliaciones de distinta importancia cuando se encuentra en estado larvario.

IV. CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN

La Unidad de Gestión Forestal Sostenible de la Escuela Politécnica Superior de Lugo (Universidad de Santiago de Compostela) ha desarrollado en los últimos años una línea de investigación sobre *B. alba* en Galicia, que de momento se ha traducido en la elaboración de unas tablas de producción de selvicultura media observada. Junto a éste, los trabajos previos de Villarino (1983, 1993), Villarino y Riesco (1997) y Gorgoso (2003), y el más reciente de Diéguez-Aranda et al., (2006), constituyen la referencia sobre selvicultura, crecimiento y producción de la especie en el norte peninsular.

Respecto a los trabajos publicados en otros países, la mayoría se refieren a *B. pendula*, por su mayor productividad.

IV.1. CALIDAD DE ESTACIÓN

El modelo seleccionado por Rojo et al. (2005) para la relación entre altura y edad del abedul en Galicia es una modificación del modelo de Weibull, con índices de sitio (IS) 16, 12 y 8 m a la edad de referencia de 20 años (figura IV.1). Tiene la siguiente expresión.

$$H_0 = IS \cdot \left[\left(1 - e^{-0,0009 \cdot IS^{1,1151} \cdot t^{1,25}} \right) / \left(1 - e^{-0,0009 \cdot IS^{1,1151} \cdot 20^{1,25}} \right) \right]$$

Donde IS es el índice de sitio y t es la edad.

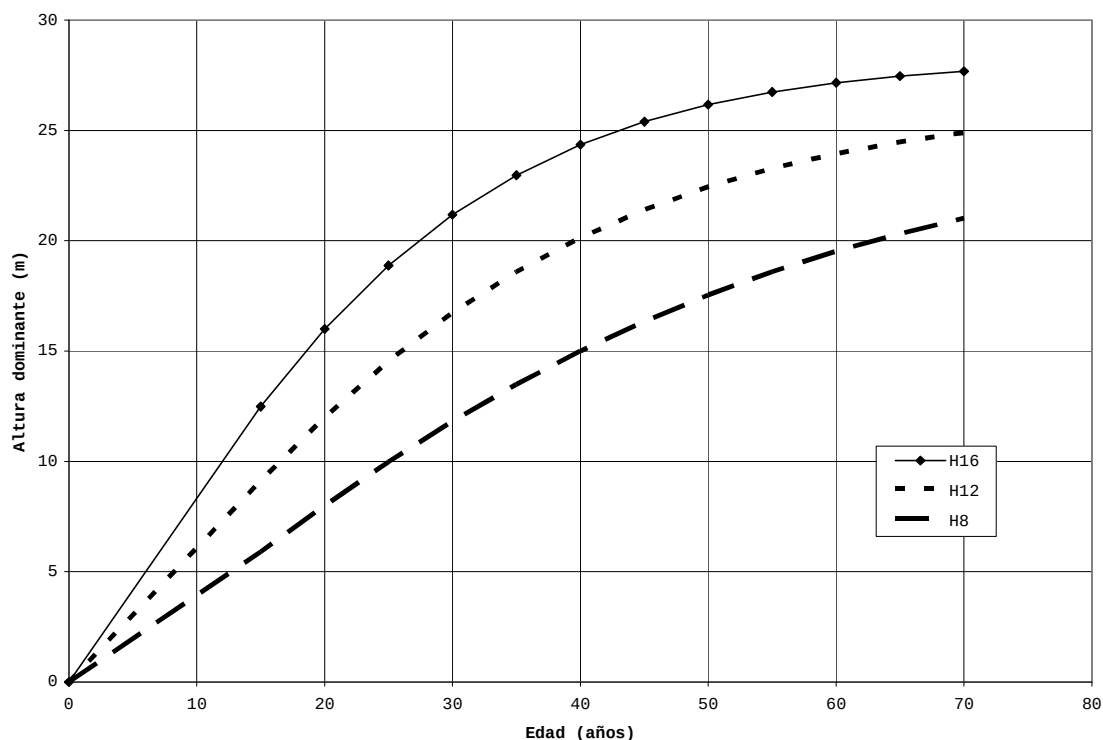


Figura IV.1. Curvas de calidad de estación para *B. alba* en Galicia (Rojo et al., 2005).

Diéguez-Aranda et al., (2006) han construido otro modelo de curvas de calidad y lo han comparado con las calidades suecas de masas de abedul de ambas especies (Eriksson et al., 1997). En Galicia se obtiene un rango de índices de sitio algo más reducido, de 4 a 18 m frente a 3,5 y 21 m para las calidades suecas, pero las trayectorias de crecimiento de la altura resultaron bastante similares.

IV.2. CRECIMIENTO

Del estudio sobre el abedul en Galicia, Rojo et al. (2005) obtienen que los crecimientos medios máximos para las calidades anteriormente definidas (8, 12 y 16) son 3,7; 5,7 y 8,2 m³/ha y año.

En la revisión realizada por Nieuwenhuis y Barret (2002) se destacan las siguientes cifras:

- En Gran Bretaña la máxima productividad es de 7 m³/ha y año, aunque la más habitual es de 6 m³/ha y año. El máximo crecimiento anual en volumen se alcanza entre 40 y 50 años.
- En Europa los máximos crecimientos se citan en Polonia, con crecimientos medios anuales a los 25 años de 7 a 11 m³/ha.
- En Rusia, las tablas de producción ofrecen una productividad máxima de 4 m³/ha y año.
- La producción en Inglaterra en buenas estaciones alcanza a los 40 años 170-200 m³/ha.
- En Finlandia las masas procedentes de material mejorado pueden alcanzar a los 40 años el turno y producir 400 m³/ha.
- El crecimiento de *B. pendula* es superior al de *B. alba*.

- En Irlanda, en bosquetes de *B. alba* sin intervenir, se puede alcanzar una producción de 200 m³/ha a los 42 años, (incremento medio anual de 4,76 m³/ha y año). Se espera que realizando la silvicultura adecuada este valor ascienda a 8-10 m³/ha y año (Nieuwenhuis y Barret, 2002).

En la tabla 7 se recogen los valores de productividad propuestos por Hamilton y Christie (1971) para abedul, arce y fresno en Gran Bretaña.

Tabla 7. Productividad en el Reino Unido, según Hamilton y Christie (1971).

	Calidad (m ³ /ha y año)				
	12	10	8	6	4
Edad de máximo incremento anual en volumen	40	41	43	45	49
Diámetro normal medio a la edad de máximo incremento en volumen (cm)	42	37	31	25	19
Edad de la primera clara	14	15	17	20	24

IV.3. TURNO

Las características ecológicas del abedul son típicas de una especie colonizadora. Uno de estos rasgos es la escasa longevidad, con una mayor especialización hacia la reproducción frente a la perduración. La mayoría de los autores recomiendan que el turno no supere los 60 años para evitar las pudriciones y el estancamiento del crecimiento. Evans (1984) indica que el crecimiento es rápido hasta los 20 años, y a los 40 ó 50 años se alcanza el máximo crecimiento medio anual. Rojo et al. (2005) obtienen que el turno de máxima renta en especie se consigue a los 59, 42 y 33 años para las calidades 8, 12 y 16 respectivamente. Lemaire (2000) cifra entre 40 y 70 las edades de aprovechamiento, dependiendo de la calidad de la estación (tabla 2). El turno propuesto por Bigot (2001) para la producción de madera de sierra es de 45 a 65 años, y para madera de industria de 25 a 30 años.

La recomendación general es seguir una silvicultura activa para maximizar el crecimiento y alcanzar el turno alrededor de los 40 años.

IV.4. PRODUCCIÓN

El único modelo desarrollado en España es el propuesto por Rojo et al. (2005) para Galicia. A la hora de aplicarlo, hay que tener en cuenta que se trata de *B. alba*, y que los crecimientos de *B. pendula* en estaciones adecuadas pueden ser superiores. Además de las tablas de producción, por su evidente utilidad se incluye la tarifa de cubicación de dos entradas obtenida por estos autores, cuya expresión es:

$$V_{cc} = 0,0499 \cdot d^{2,0112} \cdot h^{0,8288}$$

siendo V_{cc} el volumen del fuste con corteza (dm³), d el diámetro normal (cm), y h la altura total (m).

Tabla 8. Tablas de producción de silvicultura media para *Betula alba* L. en Galicia. Rojo et al., 2005.

Calidad 16																
<i>t</i>	<i>H</i> ₀	Masa Principal antes de clara				Masa extraída				Masa Principal después de clara				Masa total		
		<i>N</i>	<i>Dg</i>	<i>G</i>	<i>V</i>	<i>N</i>	<i>G</i>	<i>V</i>	<i>Vacum</i>	<i>N</i>	<i>Dg</i>	<i>G</i>	<i>V</i>	<i>V</i>	<i>Cm</i>	<i>Cc</i>
0	8,4	2.591	7,9	12,7	45,4	1.227	3,2	11,3	11,3	1.365	9,4	9,5	34,1	45,4	4,5	-
15	12,5	1.365	12,6	17,0	85,1	448	2,8	13,8	25,2	917	14,1	14,2	71,3	96,4	6,4	10,2
20	16,0	917	16,9	20,5	125,6	214	2,3	14,1	39,2	703	18,1	18,2	111,6	150,8	7,5	10,9
25	18,9	703	20,5	23,2	162,9	118	1,9	12,9	52,1	584	21,5	21,3	150,1	202,2	8,1	10,3
30	21,2	584	23,4	25,2	195,2	72	1,5	11,1	63,1	513	24,3	23,8	184,1	247,3	8,2	9,0
35	23,0	513	25,8	26,8	221,8	46	1,1	9,1	72,2	467	26,5	25,7	212,7	284,9	8,1	7,5
40	24,4	467	27,6	28,0	243,0	30	0,8	7,2	79,4	437	28,1	27,2	235,8	315,2	7,9	6,1
45	25,4	437	29,0	28,9	259,5	21	0,6	5,5	84,9	416	29,4	28,3	254,0	338,9	7,5	4,7
50	26,2	416	30,1	29,5	272,1	14	0,5	4,2	89,1	402	30,3	29,1	267,9	357,1	7,1	3,6
55	26,7	402	30,8	30,0	281,6	10	0,3	3,1	92,2	392	31,0	29,7	278,4	370,7	6,7	2,7
60	27,2	392	31,4	30,4	288,5	7	0,2	2,3	94,5	385	31,6	30,1	286,2	380,8	6,3	2,0
65	27,5	385	31,8	30,6	293,6	5	0,2	1,7	96,2	380	31,9	30,4	291,9	388,1	6,0	1,5
70	27,7	380	32,1	30,8	297,2	380	30,8	297,2	393,4	-	-	-	-	393,4	5,6	1,1

Tabla 9. Tablas de producción de selvicultura media para *Betula alba* L. en Galicia. Rojo et al., 2005.

Calidad 12																
<i>t</i>	<i>H</i> ₀	Masa Principal antes de clara				Masa extraída				Masa Principal después de clara				Masa total		
		<i>N</i>	<i>Dg</i>	<i>G</i>	<i>V</i>	<i>N</i>	<i>G</i>	<i>V</i>	<i>Vacum</i>	<i>N</i>	<i>Dg</i>	<i>G</i>	<i>V</i>	<i>V</i>	<i>Cm</i>	<i>Cc</i>
15	9,1	2.264	8,7	13,5	51,9	809	2,5	9,3	9,3	1.454	9,8	11,0	42,6	51,9	3,5	-
20	12,0	1.454	12,0	16,5	80,0	387	2,2	10,3	19,6	1.068	13,1	14,4	69,6	89,2	4,5	7,5
25	14,5	1.068	15,1	19,1	108,2	215	1,9	10,4	29,9	853	16,0	17,2	97,8	127,8	5,1	7,7
30	16,7	853	17,8	21,2	134,9	132	1,6	9,8	39,7	720	18,6	19,6	125,1	164,8	5,5	7,4
35	18,6	720	20,1	22,9	159,0	87	1,3	8,8	48,6	634	20,8	21,6	150,2	198,8	5,7	6,8
40	20,1	634	22,1	24,3	180,3	59	1,1	7,7	56,3	574	22,7	23,2	172,5	228,8	5,7	6,0
45	21,4	574	23,7	25,4	198,5	42	0,9	6,6	62,9	533	24,2	24,6	191,9	254,8	5,7	5,2
50	22,4	533	25,1	26,3	213,8	30	0,7	5,5	68,4	502	25,5	25,7	208,2	276,7	5,5	4,4
55	23,3	502	26,2	27,1	226,4	22	0,6	4,6	73,0	480	26,5	26,5	221,9	294,8	5,4	3,6
60	24,0	480	27,1	27,7	236,7	17	0,4	3,7	76,7	463	27,4	27,2	233,0	309,7	5,2	3,0
65	24,5	463	27,8	28,1	245,1	13	0,3	3,0	79,7	451	28,0	27,8	242,1	321,8	5,0	2,4
70	24,9	451	28,4	28,5	251,7	451	28,5	251,7	331,4	-	-	-	-	331,4	4,7	1,9

Tabla 10. Tablas de producción de selvicultura media para *Betula alba* L. en Galicia. Rojo et al., 2005.

Calidad 8																
<i>t</i>	<i>H</i> ₀	Masa Principal antes de clara				Masa extraída				Masa Principal después de clara				Masa total		
		<i>N</i>	<i>Dg</i>	<i>G</i>	<i>V</i>	<i>N</i>	<i>G</i>	<i>V</i>	<i>Vacum</i>	<i>N</i>	<i>Dg</i>	<i>G</i>	<i>V</i>	<i>V</i>	<i>Cm</i>	<i>Cc</i>
20	8,0	2.788	7,5	12,2	42,3	833	1,8	6,2	6,2	1.954	8,2	10,4	36,1	42,3	2,1	-
25	10,0	1.954	9,7	14,4	59,9	464	1,7	6,8	13,0	1.491	10,4	12,8	53,1	66,1	2,6	4,8
30	11,8	1.491	11,8	16,4	78,0	285	1,5	7,1	20,1	1.205	12,5	14,9	71,0	91,1	3,0	5,0
35	13,5	1.205	13,8	18,1	96,1	189	1,3	7,0	27,1	1.017	14,5	16,7	89,1	116,2	3,3	5,0
40	15,0	1.017	15,6	19,5	113,5	131	1,2	6,8	33,9	885	16,2	18,3	106,7	140,6	3,5	4,9
45	16,3	885	17,3	20,8	130,0	95	1,0	6,4	40,3	791	17,8	19,8	123,5	163,9	3,6	4,6
50	17,5	791	18,8	21,9	145,2	71	0,9	5,9	46,3	720	19,3	21,0	139,3	185,5	3,7	4,3
55	18,6	720	20,1	22,9	159,1	54	0,8	5,4	51,7	666	20,6	22,1	153,7	205,4	3,7	4,0
60	19,5	666	21,3	23,8	171,7	42	0,7	4,9	56,6	624	21,7	23,1	166,8	223,4	3,7	3,6
65	20,3	624	22,3	24,5	182,9	33	0,6	4,4	60,9	591	22,7	23,9	178,6	239,5	3,7	3,2
70	21,0	591	23,2	25,1	192,9	591	25,1	192,9	253,8	-	-	-	-	253,8	3,6	2,9

La nomenclatura y unidades utilizadas en las tablas son las siguientes: *t* es la edad (años), *H*₀ la altura dominante (m), *N* el número de pies por hectárea, *Dg* el diámetro medio cuadrático (cm), *G* el área basimétrica (m²/ha), *V* el volumen (m³/ha), *Vacum* el volumen extraído acumulado (m³/ha), y *Cm* y *Cc* los crecimientos medio y corriente en volumen de la masa total (m³/ha y año).

Las tablas de producción para el abedul elaboradas por Hamilton y Christie (1971) coinciden con las de *Acer pseudoplatanus* L., incluidas en el capítulo correspondiente como tablas 7 a 11.

V. ESQUEMA SELVÍCOLA

Las alternativas en la gestión varían con la calidad, origen de la masa y objetivo selvícola. En la mayoría de las ocasiones el abedul es un elemento a conservar por su carácter protector y diversificador del ecosistema, por lo tanto se realizarán pequeñas intervenciones para permitir su adecuada evolución. En otras estaciones de mejor calidad se puede gestionar para la producción de madera de trituración, sin programar intervenciones o bien conseguir madera de sierra, mediante claras y podas. En los mejores sitios se pueden conseguir trozas destinadas a la producción de chapa, mediante una selvicultura más cuidadosa.

El resumen de tratamientos propuestos que se presenta (tabla 11) no responde a la experiencia, es una síntesis de las recomendaciones de los distintos autores citados en el texto, con actuaciones graduadas principalmente en función de la altura dominante de la masa. No se ha incluido la gestión de regenerados naturales dirigidos a la producción de madera de industria porque las intervenciones son prácticamente nulas.

Tabla 11. Esquema selvícola propuesto

	Madera de sierra y chapa en plantación pura a 1.100 pies/ha	Madera de sierra y chapa en plantación pura a gran densidad o regeneración natural
Entre el 3 ^{er} y 6 ^o año	1 ^a Poda de formación (eliminar horquillas y ramas agudas gruesas)	
4 m < H < 6 m	2 ^a Poda de formación (eliminar horquillas y ramas agudas gruesas)	1 ^{er} clareo hasta 1.500-2.000 pies/ha
6 m < H < 8 m	Preseleccionar entre 180 y 360 pies/ha, en caso de que no haya suficientes, poda de formación hasta ese rango.	
		Aclarar 2 m alrededor de los árboles preseleccionados
12 m < H < 14 m	Seleccionar entre 90 y 240 pies/ha, en caso de que no haya suficientes, poda de calidad hasta ese rango.	
		1 ^a clara, favorecer a los seleccionados en 4 m alrededor, llegar hasta 800 pies/ha.
H ≈ 18 m	1 ^a clara hasta 400 pies/ha	2 ^a clara, llegar hasta 200-400 pies/ha
Entre 45 y 65 años	Corta final	

Otra aplicación muy interesante del abedul está orientada a las plantaciones mixtas, como especie acompañante. En la tabla 4 se han recogido las recomendaciones de Bigot (2001) para plantaciones mixtas con coníferas, aunque hay que indicar que el abedul también presenta un elevado interés como acompañante de frondosas de mayor valor, como cerezo o fresno. En este caso se realizarían los trabajos de poda según las recomendaciones recogidas en la misma tabla 11, y las claras y clareos se aplicarían a favor de la especie principal. Posteriormente se cortaría todo el abedul a los 35-45 años como si se tratara de una clara de la especie principal, de forma que ésta quedaría en exclusiva para la corta final.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- ÁLVAREZ P., BARRIO M., DÍAZ R.A., HIGUERAS J. (coord.), RIESCO G., RIGUEIRO A., RODRÍGUEZ-SOALLEIRO R.J., VILLARINO J.J. 2000. Manual de selvicultura de frondosas caducifolias. [en línea]. Disponible en http://agrobyte.lugo.usc.es/agrobyte/publicaciones/frondosas/cap6_1.html . [Consulta: 1 de noviembre de 2000].
- ARTETXE A., BARRUTIA O., DUÑABEITIA M.K., GARCÍA-PLAZAOLA J.I., HERNÁNDEZ A., BECERRIL J.M., 2001. Empleo del abedul en la recuperación de terrenos contaminados por metales pesados. III Congreso Forestal Español, Granada, 3-5 de septiembre. Mesa 6, pp. 380-384.
- BERGQVIST G., 1999. Wood volume yield and stand structure in Norway spruce understorey depending on birch shelterwood density. For. Ecol. Manag. Vol 122, 221-229.

- BIGOT M., 2001. Des sylvicultures pour le bouleau verruqueux en France. Forêt-entreprise n° 138, 41-45.
- BLANCO E., CASADO M.A., COSTA M., ESCRIBANO R., GARCÍA M., GÉNOVA M., GÓMEZ A., GÓMEZ F., MORENO J.C., MORLA C., REGATO P., SAINZ H., 1997. Los bosques ibéricos. Una interpretación geobotánica. Ed. Planeta. Barcelona. 572 pp.
- CAMERON A.D., 1996. Managing birch woodlands for the production of quality timber. Forestry, Vol 69, n° 4, 357-371.
- DIEGUEZ-ARANDA U., GRANDAS-ARIAS, J., ÁLVAREZ GONZÁLEZ J.G., von GADOW K. (2006). Site quality curves for birch stands in north-western Spain. Silva Fennica 40(4), 631-644.
- EVANS J., 1984. Silviculture of Broadleaved Woodland. Forestry Commission Bulletin° 62. Londres (Reino Unido). 232 pp.
- GORGOSO J.J., 2003. Caracterización de las distribuciones diamétricas de *Betula alba* L. en Galicia. Tesis doctoral. Universidad de Santiago de Compostela. 176 pp.
- HAMILTON G.J., CHRISTIE J.M., 1971. Forest management tables (metric). Forestry Commision Booklet n° 34. Londres, Reino Unido. 201 pp.
- HIGUERAS, J., 1997. El abedul y el ciclo del brezal: prácticas selvícolas para la restauración del estrato arbóreo en los macizos del noroeste peninsular. En: Los bosques ibéricos. Una interpretación geobotánica, BLANCO et al, 1997. Ed. Planeta. Barcelona. pp 185.
- HUBERT M., (coord.) 1981. Cultiver les arbres feuillus pour récolter du bois de qualité. Institut pour le Développement Forestier. Paris, Francia. 277 pp.
- KLANG F., EKÖ P.M., 1999. Tree properties and yield of *Picea abies* planted in shelterwoods. Scand. J. For. Res. Vol. 14, 262-269.
- KHOON W.G, GIMINGHAM C.H., 1984. Birch regeneration in heath vegetation. Proceedings of the Royal Society of Edinburgh 85B, 73-81.
- LEMAIRE J., 2000. Le bouleau : conduite et sylviculture. Forêt-entreprise n° 136, 25-29.
- LEMAIRE J., 2004. Culture d'arbre et détournage du bouleau verruqueux. Fôret-entreprise n° 159, 14-18.
- LEMAIRE J., ANDRÉ P., BALLEUX P., 2000. Le bouleau: feuillu <<précieux>> inconnu!. Forêt-entreprise n° 136, 17-24.
- LÓPEZ G.A., 2001. Los árboles y arbustos de la Península Ibérica e Islas Baleares. Tomos I y II. Ed. Mundiprensa, Madrid. 1727 pp.
- MÄKINEN H. 2002. Effect of stand density on the branch development of silver birch (*Betula pendula* Roth) in central Finland. Trees 16, 346-353.
- MONTERO G., CISNEROS O., CAÑELLAS I., 2003. Manual de selvicultura para plantaciones de especies productoras de madera de calidad. Ed. MundiPrensa. Madrid. 284 pp.
- MORENO G., PEINADO M., 1990. *Betula* L. En: Flora Ibérica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares. Vol. II. Platanaceae-Plumbaginaceae” Castroviejo S., Laínz M., López González G., Monserrat P., Muñoz Garmendia F., Paiva J., Villar L. (eds.). Real Jardín Botánico, CSIC. Madrid. pp 38-43.
- NIEMISTÖ P., 1996. Yield and quality of planted silver birch (*Betula pendula*) in Finland-Preliminary review. Norwegian Journal of Agricultural Sciences. Supplement 24, 55-64.

-
- NIEUWENHUIS M., BARRET F., 2002. The growth potencial of downy birch (*Betula pubescens* (Ehrh.) in Ireland. *Forestry*. Vol. 75, nº 1, 75-87.
- O'DOWD N., 2004. The improvement of Irish birch. Phase 1. Selection of individuals and populations. COFORD. Dublín, Irlanda. 56 pp.
- PERALA D.A., ALM A.A., 1990a. Reproductive ecology of birch: a review. *For. Ecol. Manag.* 32, 1-38.
- PERALA D.A., ALM A.A., 1990b. Regeneration silviculture of birch: a review. *For. Ecol. Manag.* 32, 39-77.
- PERRIN H., 1964. Sylviculture. Tome II: Le traitement des Fôrets. Théorie et pratique des techniques sylvicoles. Ecole Nationale des Eaux et Forets. Nancy, Francia. 411 pp.
- ROJO A., ÁLVAREZ-GONZÁLEZ J.G., GRANDAS J.A., DIÉGUEZ-ARANDA U., 2005. Tablas de producción de selvicultura media para el abedul (*Betula alba* L.) en Galicia. IV Congreso Forestal Nacional. Zaragoza, 26-30 de septiembre 2005.
- SEITSCHKE O., 1991. Waldbauliche Möglichkeiten auf Kahlflächen unter besonderer Berücksichtigung der Vorwaldbaumarten (Silvicultural options on windthrow sites with special attention to nurse crop species). *Forst und Holz*, 46, 351-355.
- SCHMIDT G.D., 1951. Die Weißtanne in Ostfriesland. Ein ertragskundlich-biologischer Beitrag zum Weißtannenvorkommen außerhalb des natürlichen Verbreitungsgebietes (The silver fir in East Frisia. A contribution to the growth and the biology of silver fir outside its natural area of occurrence). *Forstw. Cbl.* 70, 641-665.
- SUSZKA B., MULLER C., BONNET-MASIMBERT M. 1994. Graines des feuillus forestiers. De la récolte au semis. INRA. Paris, Francia. 292 pp.
- VILLARINO J.J., 1983. El abedul en Galicia. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. 394 pp.
- VILLARINO J.J., 1993. Algunos resultados sobre crecimiento del abedul (*Betula celtiberica* Rothm. y Vasc.) en parcelas situadas en la Tierra Chá de Lugo. Congreso Forestal Español Lourizán, Pontevedra. 14-18 de junio. Tomo II pp. 649-653.
- VILLARINO J.J., RIESCO G., 1997. La relación diámetro de copa: diámetro normal en *Betula celtiberica* Rothm. et Vasc. II Congreso Forestal Español, Pamplona, 23-27 de junio. Tomo 4, pp. 565-570.