Cultivo de chopos en Castilla y León

Jesús Rueda
José Luis García Caballero
Yolanda Cuevas
Carmen García-Jiménez
Carlos Villar

2019



Junta de Castilla y León

Cultivo de chopos en Castilla y León

Jesús Rueda
José Luis García Caballero
Yolanda Cuevas
Carmen García-Jiménez
Carlos Villar

2019

Junta de Castilla y León
Consejería de Fomento y Medio Ambiente
Dirección General del Medio Natural

© Junta de Castilla y León

Este documento ha sido elaborado por técnicos de la Consejería de Fomento y Medio Ambiente. Su contenido no es vinculante para el posicionamiento institucional de la Junta de Castilla y León.

Cita recomendada: Rueda J., García Caballero J.L., Cuevas Y., García-Jiménez C., Villar C. (2019) Cultivo de chopos en Castilla y León. Consejería de Fomento y Medio Ambiente, Junta de Castilla y León. Valladolid. 116 pp.

Gracias por sus aportaciones a María Aránzazu Prada, Pedro Romero, Eva Cabrero, Rafael Ayala, Ángel Sánchez, José Villamediana, Ana Rodríguez Villafruela, José Bengoa y Mar Lejárraga.

Prólogo

En 1995, la Consejería de Medio Ambiente publicó un pequeño manual de populicultura con el título de “Cultivo de chopos en Castilla y León”. En su introducción se destacaba la importancia que este sector tenía en la región y se fijaba como objetivo “aportar algunas ideas generales acerca de los procedimientos más adecuados para la plantación y el tratamiento de las choperas, en un intento de mejorar la populicultura en Castilla y León”. Hoy, más de veinte años después, el cultivo de chopos en nuestra región sigue teniendo una importancia preponderante dentro del sector forestal y ha mejorado de manera patente, sobre todo en las choperas pertenecientes a propietarios particulares, especialmente en la adopción de espaciamientos más adecuados en las plantaciones y en la realización de los trabajos culturales necesarios para la obtención de madera de la calidad que solicita la industria de transformación. Durante este tiempo, se ha mantenido la demanda de ese pequeño manual y ello ha impulsado a la ahora Consejería de Fomento y Medio Ambiente a publicar una actualización que incorpore los nuevos marcos en los que se desenvuelve la populicultura castellano-leonesa y los conocimientos adquiridos en los últimos años, con el mismo objetivo de que sirva de apoyo a los propietarios que decidan embarcarse en la producción de madera de calidad cultivando las especies del género *Populus*.



Índice

1. Introducción 7
2. Los chopos 8
  2.1. Sistemática del género *Populus* 8
  2.2. Botánica 9
  2.3. Distribución geográfica 12
  2.4. Ecología 14
  2.5. Chopos autóctonos de Castilla y León 15
3. Los suelos de la populicultura 19
  3.1. Características del terreno para el cultivo de chopos 19
  3.2. Los suelos aluviales 21
4. Plantación 22
  4.1. Diseño de la plantación 23
    4.1.1. Autorizaciones preceptivas 23
    4.1.2. Época de plantación 23
    4.1.3. Espaciamiento 24
    4.1.4. Distancia a otros cultivos 25
    4.1.5. Elección del método de plantación 26
  4.2. Operaciones previas 27
    4.2.1. Destoconado 27
    4.2.2. Nivelación 29
    4.2.3. Señalamiento 30
  4.3. Métodos de plantación 30
    4.3.1. Plantación a raíz profunda con retroexcavadora 31
    4.3.2. Otros procedimientos de plantación a raíz profunda 32
    4.3.3. Plantación a raíz superficial con barrena 35
  4.4. Nivelación final 36
  4.5. Reposición de marras 37
5. Las plantas 38
  5.1. Producción de plantas 38
  5.2. Comercialización de las plantas 42
  5.3. Manejo de las plantas 43

6. Cuidados culturales 46
6.1. Laboreos 47
6.2. Podas 49
6.2.1. Poda de formación 50
6.2.2. Poda de conformación del fuste 51
6.2.3. Monda 54
6.2.4. Herramientas de poda 54
6.3. Fertilización 57
6.4. Riegos 58
6.5. Cultivos intercalares 59
7. Plagas y enfermedades de los chopos 61
7.1. Plagas 62
7.2. Enfermedades bióticas 70
7.3. Enfermedades abióticas 73
7.4. Consideraciones sobre los tratamientos 75
8. Comercialización de la chopera 76
8.1. La madera de calidad 76
8.2. El turno de aprovechamiento 80
8.3. Cubicación y tasación de la chopera 80
8.4. El aprovechamiento 83
9. Mejoras en la gestión de choperas 87
9.1. La ordenación de choperas 87
9.2. Certificación forestal de las choperas 89
10. Aspectos ambientales 90
11. Clones de chopos 92
11.1. Obtención de clones de chopos 92
11.2. Experimentación de clones de chopos 94
11.3. Principales clones 98
11.4. Elección de clones 102
11.5. El catálogo nacional de materiales de base 103
11.6. Clones de chopos en Castilla y León 104
Anexos 111
Anexo I. Términos municipales de regiones no mediterráneas 113
Anexo II. Tablas de cubicación 114

1. Introducción

El gran desarrollo que ha experimentado el cultivo de chopos en todas las áreas en que se encuentran las condiciones idóneas para su práctica se debe a dos factores esenciales: por un lado, el rápido crecimiento de estas especies, que hace posible la obtención de elevadas producciones de madera en turnos relativamente cortos, en comparación con los plazos de aprovechamiento de otras especies forestales; y, por otra parte, la facilidad de reproducción vegetativa de sus individuos. Estas dos características, junto con la posibilidad de hibridación entre especies distintas, determinan un fácil manejo que ha permitido una amplia experimentación y desarrollo de su cultivo, llegando a constituir uno de los grupos más importantes económicamente y más utilizados para la producción de madera de ciertas aplicaciones, especialmente las derivadas del desenrollo de sus troncos. En los últimos años ha resurgido, además, el interés por la producción de biomasa leñosa con fines energéticos, para lo cual los chopos se distinguen por su elevado rendimiento en turnos de muy corta rotación. Tampoco hay que olvidar otras utilizaciones no productoras de los chopos, como son, por ejemplo, su empleo ornamental, como fitorremediación de suelos contaminados por metales pesados u otros residuos o su aplicación en la instalación de alineaciones que actúan de cortinas cortavientos o de delimitación de propiedades. Otra consideración importante es que, con el establecimiento de plantaciones de especies de crecimiento rápido y alto rendimiento se puede obtener gran parte de los productos maderables de un porcentaje reducido de la superficie forestal, lo que permite disminuir la presión sobre los bosques naturales, facilitando el desarrollo de sus funciones protectoras.



Vivero de chopos y choperas cultivadas junto a bosque de ribera

El cultivo de chopos, o populicultura, existe desde hace muchos años en gran parte del mundo. A lo largo del tiempo, los hombres han manejado estos árboles y han obtenido híbridos con crecimiento más rápido que han compaginado con otros caracteres como, por ejemplo, la resistencia a ciertas enfermedades. Así, el interés por la mejora de su rendimiento para la obtención de madera ha hecho evolucionar progresivamente su tratamiento hasta llegar a definirlo como modelo de bosque cultivado.

El correcto cultivo de chopos requiere unas labores de preparación del terreno antes de la plantación, la utilización de plantas sanas y bien desarrolladas, la aplicación de unos cuidados culturales adecuados, sobre todo en los primeros años de su ciclo, y el empleo de clones bien elegidos y adaptados a las condiciones climáticas y edáficas del sitio de plantación. A cambio, la uniformidad de la estructura de la madera, su idoneidad para muchos empleos y su disponibilidad constante han hecho de la madera de chopo la materia prima preferida para una amplia gama de productos: tableros contrachapados, embalajes, fósforos, palillos, palitos de helados, tableros de partículas y un amplio número de productos altamente especializados.

En Castilla y León, la importancia económica de la populicultura se manifiesta en la superficie dedicada a este cultivo. En este momento, se estima que la superficie ocupada por chopos en nuestra Comunidad es de unas 44.000 hectáreas, lo que supone el 0,5% de la superficie del territorio de Castilla y León, el 0,9% de la superficie forestal y el 1,5% de la superficie arbolada. La producción total de madera de chopo en Castilla y León ronda los 700.000 metros cúbicos anuales, lo que equivale al 21,9% del volumen total de madera aprovechada. En el contexto nacional, Castilla y León ocupa una posición preponderante, pues cuenta con más de la mitad de la superficie nacional dedicada a estas especies.

2. Los chopos

Los chopos tienen su origen en la época del Cretáceo. Son árboles o arbolillos que presentan una gran variación morfológica dentro de sus especies, se hibridan fácilmente entre sí y generalmente se encuentran ligados a suelos frescos y húmedos, siendo dominantes en la vegetación riparia y pioneros en muchos terrenos. Son intolerantes a la sombra y exigentes en agua y en elementos minerales.

2.1. Sistemática del género *Populus*

Los chopos se incluyen en el género *Populus.* Tradicionalmente, los chopos y los sauces (*Salix*) han constituido la familia botánica de las *Salicaceae*. Sin embargo, últimamente se acepta una ampliación de las salicáceas, que engloba ahora hasta 55 géneros, incluyendo los chopos y los sauces en la tribu *Saliceae*. La extensa hibridación que puede producirse entre los integrantes del género y la alta diversidad morfológica que existe dentro de este grupo plantean grandes dificultades en la identificación de los distintos chopos. Por ello, se han publicado numerosas clasificaciones sistemáticas con gran variación en el número de especies, desde las que consideran unas 20 hasta las que incluyen más de 80.



Población natural de *Populus alba*

Actualmente parece haberse llegado a un amplio consenso en la división del género en seis secciones basadas en caracteres de las flores y las hojas. La sección Populus (temblones y álamos blancos) se encuentra extendida por todo el hemisferio norte; la sección Tacamahaca (chopos balsamíferos) en Asia y América del Norte; la sección Aigeiros (chopos negros) en las regiones templadas del hemisferio norte; la sección Leucoides en el sudeste de América del Norte y Extremo Oriente; la sección Turanga en la cuenca mediterránea; por último, la sección Abaso con un solo representante en Méjico. Una clasificación relativamente reciente se muestra en la tabla 1.

En Castilla y León aparecen de forma natural el álamo blanco (*Populus alba*), el chopo (*Populus nigra*) y el temblón (*Populus tremula*). A éstos hay que añadir el híbrido natural entre el álamo blanco y el temblón, el chopo cano o chopo gris (*Populus* ×*canescens*). Desde antiguo, está muy extendido por toda la región el chopo lombardo (*Populus nigra* var. *pyramidalis*). Cultivados se encuentran también el chopo negro americano (*Populus deltoides*) y, sobre todo, un conjunto de híbridos procedentes de los cruzamientos entre *Populus deltoides* y *Populus nigra* (*Populus* ×*euramericana*) y entre *Populus deltoides* y *Populus trichocarpa* (*Populus* ×*interamericana*).

2.2. Botánica

Los chopos son árboles dioicos, es decir, que hay pies masculinos y pies femeninos. De tronco recto o algo sinuoso. La copa es muy variable: más o menos simétrica, muy fastigiada o amplia y

Tabla 1. Sistemática del género *Populus*[1]

Sección	Especie	Distribución geográfica
Abaso	*P. mexicana* Wesm.	Méjico
Turanga	*P. euphratica* Oliv.	Desde Marruecos y Egipto, a través del Medio Oriente hasta el O y C de Asia
	P. ilicifolia (Engl.) Rouleau	Kenia, Tanzania
	P. pruinosa Schrenk	NO de China, Kazajistán, Tayikistán, Turkmenistán y Uzbekistán
Leucoides	*P. glauca* Haynes	NE de India, S de China
	P. heterophylla L.	E de Estados Unidos
	P. lasiocarpa Oliv.	C y S de China
Aigeiros	*P. deltoides* Marsh.	E, S y medio oeste de EEUU , S de Canadá
	P. fremontii S. Watson	N de Méjico, SO de EEUU
	P. nigra L.	Europa (excepto Escandinavia), N de África, O de Asia
Tacamahaca	*P. angustifolia* James	Desde S de Canadá hasta N de Méjico
	P. balsamifera L.	N de Estados Unidos, Canadá
	P. cathayana Rehder	Desde el C-S hasta el NE de China
	P. ciliata Royle	Himalaya
	P. koreana Rehder	NE de China, Corea, E de Rusia
	P. laurifolia Ledebour	Desde E de Kazajistán y NO de China hasta Mongolia y Siberia
	P. maximowiczii Henry	NE de China, E de Rusia, Corea, N de Japón
	P. simonii Carr.	C y E de China, Corea, Mongolia
	P. suaveolens Fisch.	C-N de China, Mongolia, E de Siberia
	P. szechuanica Schneid.	C y SO de China
	P. trichocarpa Torr. & Gray	O de América del Norte
	P. yunnanensis Dode	SO de China
Populus	*P. alba* L.	N de África, S de Europa, O y C de Asia
	P. guzmanatlensis Vazquez & Cuevas	SO de Jalisco (Méjico)
	P. monticola Brandegee	NO de Méjico
	P. simaroa Rzed.	C y SO de Méjico
	P. adenopoda Maxim.	C y SE de China
	P. gamblei Haynes	E del Himalaya
	P. grandidentata Michx.	N de Estados Unidos, S de Canadá
	P. sieboldii Miq.	Japón
	P. tremula L.	Europa, Asia, Argelia
	P. tremuloides Michx.	América del Norte

[1] Modificado de Isebrands J.G., Richardson J. (ed.) (2014). Poplars and willows: trees for society and the environment. FAO.

con ramificación irregular o verticilada. La corteza, al principio lisa y brillante, después se agrieta y llega a presentar grietas muy profundas en los individuos viejos.

Poseen dos tipos de ramillos: los macroblastos, alargados y situados en los extremos de las ramas, y los braquiblastos, cortos y situados sobre las ramas. Ambos tipos de ramillos pueden ser redondeados o angulosos y tienen médula abundante.

Las hojas son simples, alternas y caedizas, con un largo pecíolo redondeado o, con mayor frecuencia, aplanado lateralmente, lo que da una gran movilidad a la hoja; muchas veces con dos pequeñas glándulas cerca de la inserción del pecíolo con el limbo. Presentan estípulas no persistentes. Pueden tener formas diversas e, incluso en el mismo individuo, son diferentes las que se insertan en los braquiblastos de las que lo hacen en los macroblastos.

Presentan yemas alargadas y puntiagudas, cubiertas por escamas imbricadas. Normalmente son divergentes del ramillo. A veces son resinosas y fragantes. La yema terminal es mayor que las laterales.

Floración anterior a la foliación. Las flores son unisexuales y se agrupan en amentos colgantes. Los amentos masculinos son densos y bastante gruesos, de color rojo a púrpura, mientras que los femeninos son más largos, más flojos y de color verde claro.

La polinización es anemófila, es decir, que se realiza por la acción del viento. La maduración se produce rápidamente tras la fecundación. El fruto capsular se divide en 2 a 4 valvas y contiene numerosas semillas pequeñas. Las semillas están provistas de penachos de pelos algodonosos blancos (borra, pelusa, pelujo, algodón) que constituyen un dispositivo para la dispersión, también mediante el efecto del viento (anemocoria). A pesar de la gran cantidad de semillas producidas, éstas raramente encuentran las condiciones ideales para germinar y dar un nuevo individuo, debido a la escasez de reservas que contienen, a la rápida pérdida de su poder germinativo y a la gran fragilidad de las plántulas; por una parte, las semillas exigen sequedad para conservar su poder germinativo, que conservan solamente durante unos días, mientras que las plántulas requieren una elevada humedad. Sin embargo, los chopos tienen una gran aptitud para la regeneración por vía vegetativa, especialmente por estaquillado.



Dispersión de las semillas

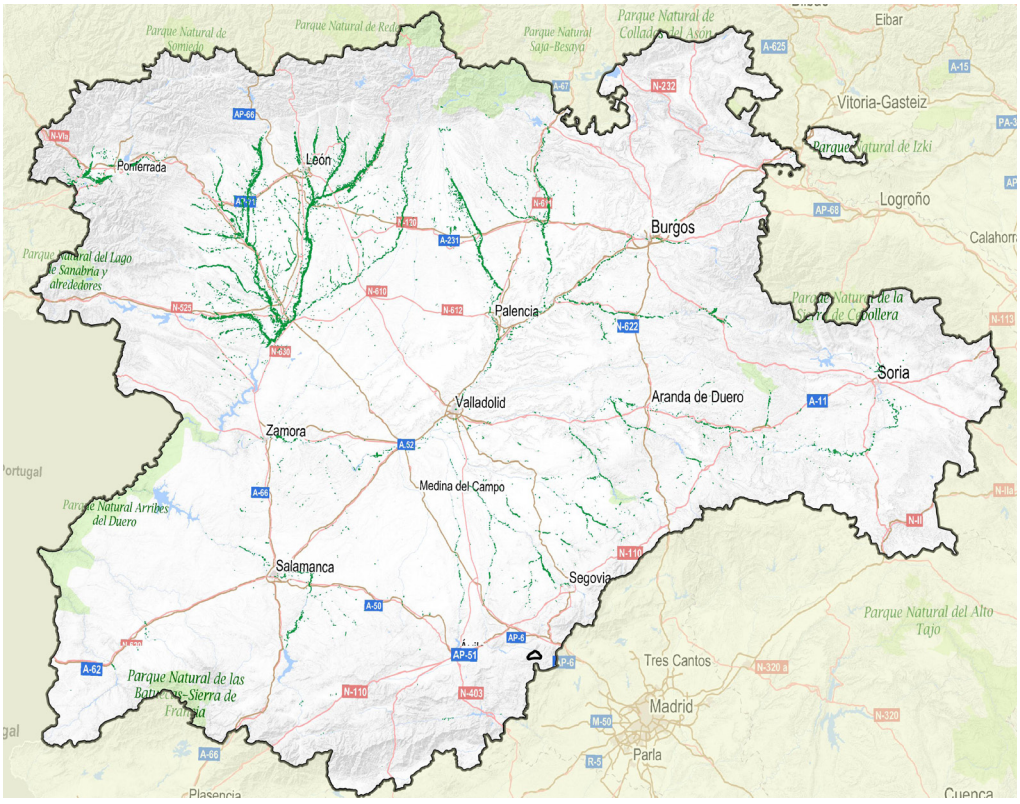
El genoma de los chopos está constituido por 2n=38 cromosomas.

La madera de los chopos es de color claro (blanco crema), ligera (densidad basal 0,30-0,40 g/cm^3), blanda, de grano recto, de textura uniforme y bastante resistente. Algunos chopos producen fácilmente madera de tensión, que se caracteriza por un menor contenido de lignina en la pared celular y que da un aspecto lanoso a la madera.

Frecuentemente se tiene la falsa creencia de que la pelusa de los chopos femeninos produce alergia. Sin embargo, la alergia no se debe a las semillas de los chopos, sino al polen de otras especies que no se detecta con la vista y cuya dispersión por el viento coincide en el tiempo con la de la pelusa.

2.3. Distribución geográfica

El área natural de distribución del género *Populus* se extiende por todas las regiones frías y templadas del hemisferio norte: Europa, norte de África, Asia, América del Norte, desde 65º hasta 25º de latitud norte, abarcando desde los trópicos ecuatoriales hasta los límites latitudinal y altitudinal del crecimiento de los árboles. Los chopos viven en zonas muy frías (Alaska, norte de Rusia y de Siberia) y hasta en regiones cálidas y a veces áridas (zonas más o menos



Distribución de choperas en Castilla y León

desérticas de Asia central, zona circunmediterránea). Incluso se encuentra una especie de chopo por debajo del ecuador, aunque cerca de éste, en África oriental. Además, los chopos han sido ampliamente introducidos y propagados por el hemisferio sur (América del Sur, sur de África, Australia y Nueva Zelanda).

En España, los chopos se encuentran en todas las provincias de la península y en algunas regiones son cultivados en amplias superficies. Las zonas que más se caracterizan por el cultivo de chopos son la cuenca del Ebro y Cataluña, las cuencas del Genil y del Darro en Granada y la cuenca del Duero.

El inventario de choperas productivas de Castilla y León, realizado por la empresa pública SOMACYL para la Junta de Castilla y León en 2016 y 2017, dio como resultado la superficie por provincias que aparece en la tabla 2. Este inventario se efectuó mediante fotointerpretación sobre la base de ortofotografías del año 2014, con otras informaciones de apoyo, completada con visitas de campo.

Tabla 2. Superficie de choperas en Castilla y León

Provincia	Superficie (ha)
Ávila	336
Burgos	3.962
León	19.385
Palencia	6.409
Salamanca	1.302
Segovia	3.094
Soria	2.061
Valladolid	1.102
Zamora	6.609
Total	**44.260**

En esta región, el 85% de los chopos se encuentran en altitudes situadas entre 700 y 1.000 metros. Las comarcas que presentan las mayores superficies de choperas corresponden, por este orden, a las cuencas de los ríos Esla (en las provincias de León y Zamora), Órbigo (también en León y Zamora), Carrión (en Palencia), Cea (en las provincias de León, Palencia, Valladolid y Zamora), Pisuerga (en Palencia y Valladolid), Tera (en Zamora), Tormes (en Ávila, Salamanca y Zamora) y Cega (en Segovia y Valladolid).

2.4. Ecología

Los chopos son especies de luz, de temperamento muy robusto, colonizadores de terrenos desnudos de las riberas; soportan mal la competencia y no se desarrollan adecuadamente bajo cubierta; por eso deben plantarse a densidades bajas. Son muy exigentes en agua, en sustancias minerales, sobre todo los clones de crecimiento rápido, y en oxígeno.

La altitud a la que se encuentran es importante, porque condiciona la temperatura y la duración del período vegetativo; el óptimo para el cultivo se sitúa entre 600 y 1.000 metros. Son indiferentes a la cuantía y distribución de las precipitaciones y a la humedad relativa del aire, siempre que dispongan de agua en el suelo. Parecen vegetar mejor en zonas de continentalidad acusada, como ocurre en la generalidad de nuestra región, porque en estas condiciones son menos atacados por los hongos patógenos.

En general, los clones deltoides y los euramericanos requieren un pH del suelo próximo a la neutralidad; los clones interamericanos toleran valores más bajos del pH. En lo que se refiere a la textura, no les convienen los suelos pesados, vegetando mejor en los terrenos de textura franco-arenosa. Un suelo considerado fértil para el cultivo de chopos debe tener como mínimo, en forma asimilable, 50 ppm de N, 30 ppm de P y 100 ppm de K.

Prefieren aguas dulces y oxigenadas. Las necesidades de agua pueden ser satisfechas fácilmente cuando existe una capa freática próxima a la superficie del terreno. Dependiendo de la textura, el agua puede ascender por capilaridad, aumentando así el volumen de suelo que puede proporcionarla. Las aguas procedentes de las precipitaciones directas pueden ser



Vegetación de ribera

también aprovechadas por las raíces, una vez que se infiltran en el suelo. Es importante tener en cuenta que los chopos rechazan los suelos salinos.

A través de las raíces, los chopos toman el oxígeno que se encuentra en los poros del suelo y también pueden aprovechar el oxígeno disuelto en el agua. Por ello, la profundidad útil del suelo condiciona la asimilación de oxígeno por los chopos. Cuando la profundidad del suelo es suficiente y su textura es tal que permite la presencia de aire en los poros que deja y, además, la capa freática es circulante y oxigenada, entonces los chopos pueden disponer de todo el oxígeno que necesitan. Si la profundidad del suelo es escasa, su textura es pesada y el agua no es circulante, sino que se estanca (no oxigenada), entonces se produce asfixia.

2.5. Chopos autóctonos de Castilla y León

Las especies del género *Populus* autóctonas de Castilla y León son *P. nigra*, *P. alba*, *P. tremula* y *P. ×canescens*.

***Populus nigra* L.** (chopo, chopo negro)

Se extiende por toda Europa (excepto en los países escandinavos), norte de África y oeste de Asia; se encuentra en todas las provincias de Castilla y León, principalmente en altitudes medias.

Es un árbol que puede alcanzar 30 metros de altura en las estaciones favorables y se han conocido ejemplares de más de 200 años de edad. Tiene un tronco que puede ser recto cuando crece en masas densas, pero es más corriente observarlo aislado o en pequeños grupos, apareciendo con troncos torcidos, grandes nudos y a menudo con contrafuertes en su base. La corteza es lisa y gris al principio, pero después presenta fisuras longitudinales negruzcas. Las hojas tienen color verde oscuro por el haz, de tono un poco más claro por el envés; las de los braquiblastos son pequeñas y romboidales; las hojas de los macroblastos son más grandes y de forma oval o deltoide.

Es una especie propia de las riberas de los ríos, que coloniza los terrenos húmedos y arenosos después de las avenidas. Crece mejor en los suelos profundos, de textura media, fértiles y con pH comprendido entre 5,5 y 7,5. No soporta períodos de inundación muy prolongados, pero sí tolera las oscilaciones térmicas acusadas.

Se reproduce por semillas, que para germinar y crecer deben encontrar un sitio óptimo, húmedo al principio y aligerándose de agua después. Brota bien de cepa y, con más dificultad, de raíz. Se propaga fácilmente por estaquillas de tallo de un año.

En Castilla y León, *P. nigra* presenta una alta diversidad genética a escala de especie, similar o algo inferior a la estimada en algunas otras zonas europeas. Dentro de las poblaciones, la diversidad genética también es elevada, lo que pone en evidencia una estrategia preferente de reproducción sexual.

La alteración de los ecosistemas de ribera, por causa de la construcción de canalizaciones y presas, ha disminuido enormemente las avenidas estacionales, impidiendo que en muchos

años se den las condiciones necesarias para la germinación de las semillas. Esto ha conducido a considerar al chopo como uno de los árboles más amenazados de Europa. En Castilla y León se presenta como pies aislados o formando pequeños rodales puros o en mezcla con otras especies de ribera.

P. nigra se ha empleado como parental para la obtención de híbridos con mayor rendimiento en la producción de madera, especialmente con *P. deltoides*, de cuyo cruzamiento se obtienen los clones del híbrido denominado *P.* ×*euramericana*.

***Populus alba* L.** (álamo, álamo blanco)

Está muy extendido en el norte de África, sur de Europa y oeste y centro de Asia. Aparece también en todas las provincias de Castilla y León, en general en altitudes algo más bajas de las correspondientes a *P. nigra*, solapándose con éste en gran parte del territorio.

Presenta un tronco blanquecino o grisáceo, liso al principio con lenticelas oscuras características, después con grietas longitudinales hasta cierta altura. Las hojas son de color verde oscuro por el haz y blancas o grisáceas por el envés con un indumento blanco; las hojas de los braquiblastos son suborbiculares, subovales o subpentagonales; las de los macroblastos, de forma muy variable.

Vive en suelos variados y se considera con cierta tolerancia a la sequía, al viento, a la salinidad y a las altas temperaturas; pero prefiere los climas no demasiado fríos, los terrenos expuestos a la luz de los fondos de valle, con suelos profundos, bien drenados, limosos o limoso-arenosos, donde llega a alcanzar cerca de 40 metros de altura.

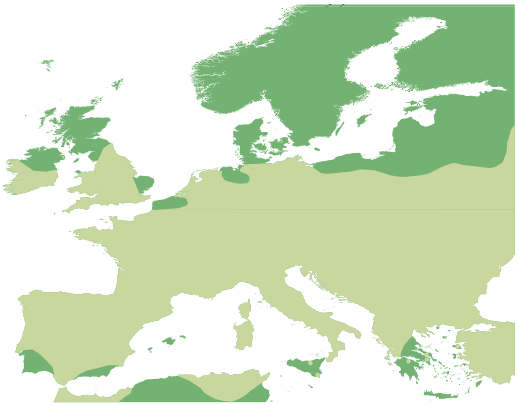
Se reproduce por semillas y produce fácilmente renuevos de raíz. La reproducción por estaquillas no es fácil, aunque variable de unos individuos a otros.

Esta especie presenta en Castilla y León menores niveles de diversidad genética que el álamo temblón, posiblemente como consecuencia de diferentes historias evolutivas vinculadas a su mayor o menor tolerancia al frío. La diversidad intrapoblacional es variable, encontrándose poblaciones monoclonales y otras muy diversas. En toda la zona occidental de la región se encuentra muy extendido un genotipo que forma poblaciones monoclonales, lo que hace pensar en una distribución masiva por acción antrópica.

Aparece como árboles aislados o en rodales de dimensiones variadas, a lo largo de los cursos de agua. Como especie de ribera, contribuye al control natural de las avenidas y a la mejora de la calidad del agua. Al igual que *P. nigra*, está considerado un árbol amenazado en Europa por causa de las actividades humanas, principalmente por la urbanización y por el control de las avenidas.

***Populus tremula* L.** (álamo temblón, temblón)

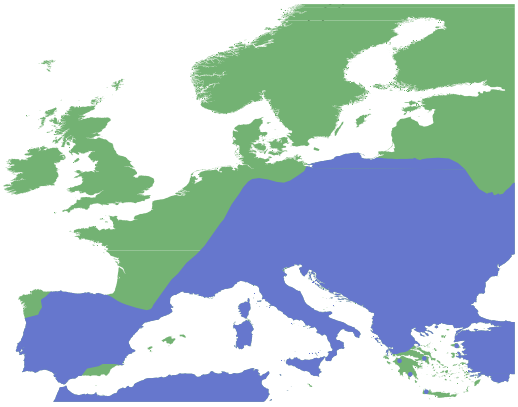
Está ampliamente distribuido por Europa y Asia hasta China y el norte de Japón, apareciendo también en Argelia. En Castilla y León se presenta en la orla montañosa de la región, en la Cordillera Cantábrica, el Sistema Ibérico y el Sistema Central. Se lo puede observar en todas las provincias excepto en la de Valladolid, siendo escaso en la de Salamanca.



Distribución de *P. nigra* en Europa



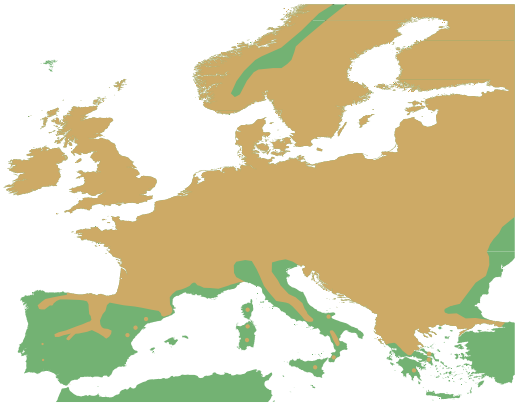
Hojas de *P. nigra*



Distribución de *P. alba* en Europa



Hojas de *P. alba*



Distribución de *P. tremula* en Europa



Hojas de *P. tremula*

Puede alcanzar 25 a 30 metros de altura y no suele llegar a los 100 años de edad. Su tronco tiene la corteza de color verde gris, lisa de joven y a menudo punteada con lenticelas, después agrietada longitudinalmente en el tercio inferior. Las hojas son verdes por el haz y ligeramente más claras por el envés; las hojas de los braquiblastos son redondeadas a ovadas; las de los macroblastos, más anchas, de forma ovado-triangular.

Vive en diversos tipos de suelos, pero prefiere los suelos bien drenados, bien aireados, arcillosos y con cierto contenido en cal. Soporta bien los fríos invernales.

Produce gran cantidad de renuevos de su sistema radical superficial y éste es el principal medio de propagación en muchas zonas. También produce abunantes semillas, que germinan si encuentran un suelo húmedo y yermo afectado por una perturbación reciente como el fuego. No puede propagarse por estaquillas leñosas de tallo y, para la producción de plantas, suele utilizarse las estaquillas de raíz.

P. tremula muestra altos niveles de diversidad genética a escala de especie. Sin embargo, sus poblaciones son en su mayoría monoclonales. Este hecho podría explicarse por su carácter relíctico o por proceder de eventos de colonización reciente. En cualquier caso, en la actualidad se trata de poblaciones que se mantienen mediante propagación vegetativa, incluso tras el paso del fuego.

El temblón no está considerado como una especie amenazada. En Castilla y León se encuentra como pies aislados o, con mayor frecuencia, formando rodales generalmente no muy extensos y muchas veces constituidos por pies pertenecientes al mismo genotipo, originados por la aparición de renuevos de las raíces superficiales de un solo individuo.

Además de los cruzamientos con *P. alba* (*P.* ×*canescens*), que también se presenta de forma natural, en otras partes del mundo ha adquirido importancia el híbrido procedente del cruzamiento con *P. tremuloides*.

***Populus* ×*canescens* (Aiton) Sm.** (álamo gris, álamo cano)

Se presenta en Europa desde las Islas Británicas y el este de Francia hasta el sur de Rusia, llegando por el sur a España, Italia y Macedonia. Es más escaso en Castilla y León que las otras tres especies autóctonas de *Populus*, apareciendo en lugares húmedos de los valles de las zonas montañosas, a altitudes generalmente por encima de las que ocupa *P. alba*; también se encuentra en arroyos de las llanuras del centro de la región, en las provincias de León, Zamora, Valladolid y Palencia.

Es el resultante del cruzamiento entre *P. alba* y P. tremula y surge de manera espontánea donde coinciden las dos especies parentales. Es más frecuente que tenga a *P. alba* como parental femenino y se retrocruza con éste en mayor proporción.

Sus características morfológicas son intermedias entre las de *P. alba* y las de *P. tremula* y muestra vigor híbrido alcanzando dimensiones superiores a las de sus dos parentales; la corteza es más parecida a la de *P. alba*, mientras que los bordes de las hojas tienen dientes poco profundos similares a los de *P. tremula*. Los pies femeninos son bastante raros.

Se adapta a suelos y climas muy variados, pero prefiere los suelos profundos, ricos, bien drenados y de pH próximo a la neutralidad. Soporta mejor los suelos secos y salinos que el álamo blanco.

El álamo gris puede propagarse por semillas, pero lo hace más fácilmente por estaquillas de tallo o de raíz.

Presenta menor diversidad genética que las otras especies de *Populus* distribuidas en Castilla y León. La mayoría de sus poblaciones son monoclonales.



Hojas de *P.* ×*canescens*

3. Los suelos de la populicultura

Los chopos son exigentes en agua, oxígeno y elementos minerales. Por ello, se adaptan mejor a los terrenos que presentan las características adecuadas para proporcionar estos requerimientos. Una gran parte de los suelos capaces de sustentar masas de chopos en buenas condiciones de vegetación y sin necesidad de aporte de aguas de riego son los suelos aluviales, en particular los que se encuentran en las riberas de los ríos principales.

3.1. Características del terreno para el cultivo de chopos

Entre los factores del suelo que definen su aptitud para el cultivo de chopos, hay que fijarse esencialmente en las características físicas, profundidad, textura y estructura, la disponibilidad de agua y la disponibilidad de elementos nutritivos.

La profundidad del terreno condiciona el desarrollo de las raíces e influye también en la cantidad de agua y de elementos nutritivos que pueden ponerse a disposición de los sistemas radicales. Además, determina la posibilidad de anclaje de los árboles y su estabilidad frente a los empujes del viento. Es conveniente que no sea inferior a 1 metro y nunca debe ser inferior a 80 centímetros. Un suelo fértil con capa freática situada a 1,5-2 metros de profundidad se considera ideal para el cultivo de chopos, pues asegura un buen anclaje de los árboles y es capaz de proporcionarles los elementos nutritivos que necesitan, teniendo en cuenta que, cuanto mayor es la profundidad, más costosa resulta la plantación.

La textura del suelo es otro factor importante. Expresa la distribución ponderal de las partículas de la tierra fina por su tamaño (arena, limo y arcilla). Los tipos de suelos más favorables para los chopos son los francos, franco-arenosos y franco-limosos. Incluso son beneficiosas las texturas arenoso-limosas y arenoso-arcillosas. Las menos indicadas son las texturas arcillosas y limoso-arcillosas. Al aumentar la compacidad del suelo, disminuye la circulación y oxigenación del agua y se dificulta la penetración de las raíces. Los suelos arenosos, sobre todo si presentan una alta proporción de gravas, tampoco son adecuados por ser muy permeables; el exceso



Sistema radical en un terreno idóneo para el cultivo de chopos

de permeabilidad los hace incapaces de proporcionar a las plantas, mediante el ascenso capilar, la cantidad de agua que necesitan; además, suelen ser suelos de escasa fertilidad que no son capaces de proporcionar los elementos nutritivos esenciales para el crecimiento de los chopos.

La estructura del suelo, o modo de agregación de las partículas que lo componen, incide en la porosidad, que a su vez influye en la circulación del agua y del aire. Si el terreno está bien estructurado y presenta una buena circulación de aire y agua, el chopo produce raíces a lo largo de todo el perfil. Cuando en el terreno existe una sucesión de estratos de distintas características, la planta tiende a concentrar las raíces en los horizontes más favorables.

La presencia de una capa freática a profundidad accesible para las raíces es un factor esencial para la disponibilidad de agua. El aporte de agua es tanto mayor cuanto más cerca de la superficie se encuentra el nivel freático y cuanto mayor es la capacidad de ascenso capilar. Pero hay que tener en cuenta que la capa freática nunca debe encontrarse a menos de 1 metro de la superficie del terreno, pues impediría el desarrollo de las raíces por debajo de esa profundidad., imposibilitando el adecuado anclaje y la estabilidad de la planta. En todo caso, se debe evitar los terrenos con estancamiento de agua.

Cuando en un terreno bien estructurado y de textura favorable no se encuentra una capa freática que asegure a las raíces la cantidad de agua que la planta necesita, es indispensable efectuar riegos en dosis y frecuencia adecuadas.

La disponibilidad de elementos nutritivos depende de muchas circunstancias, como la naturaleza de la roca madre, el uso anterior de la tierra, el contenido en materia orgánica, la capacidad de cambio, el pH, el contenido en caliza activa, etc. Los suelos que contienen elementos finos (limos y, sobre todo, arcillas) son más fértiles que aquéllos en los que estos elementos finos no se presentan; sin embargo, la presencia de capas amplias de arcilla en el perfil del suelo dificulta la penetración de las raíces e impide el desarrollo de los árboles. El pH más adecuado para los chopos se sitúa entre 5,5 y 8,0; en este intervalo es donde la mayor parte de los elementos nutritivos son más fácilmente asimilables por los chopos. Contenidos de caliza activa mayores del 6-8% obstaculizan la asimilación del fósforo y del hierro, provocando

manifestaciones del fenómeno de clorosis férrica. En terrenos con elevado contenido en calcio el hierro se inutiliza al oxidarse. Por otra parte, los suelos salinos son incompatibles con el cultivo de chopos; concentraciones de cloruro de sodio de 0,1% son ya capaces de provocar fenómenos de fitotoxicidad, sobre todo en la fase de arraigo, en la mayor parte de los clones euramericanos frecuentemente utilizados.

3.2. Los suelos aluviales

Estos suelos se caracterizan por la presencia de una capa freática permanente y relativamente próxima a la superficie del terreno y por estar compuestos por aluviones recientes.

La capa freática se encuentra a una profundidad que permite que sea alcanzada por las raíces de los chopos. De esta manera, la capa freática constituye el mayor aporte de agua que estos árboles necesitan para satisfacer sus necesidades.

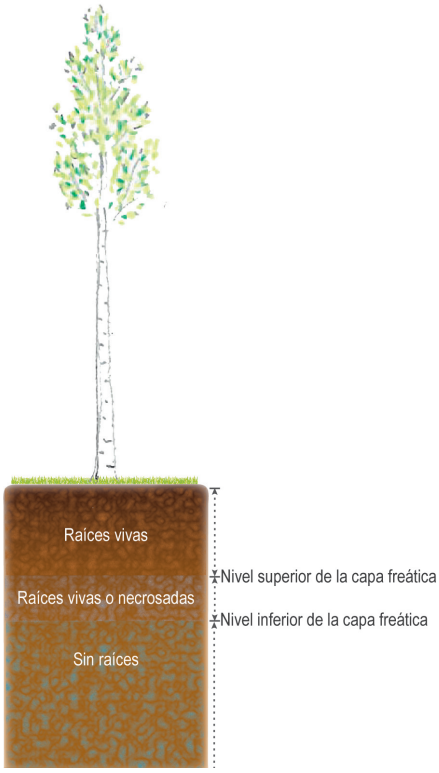
Los aluviones son materiales procedentes de erosión que han sido transportados desde largas distancias antes de depositarse, generalmente cuando el curso de agua disminuye su velocidad. Por ello, son materiales que se han modificado en gran medida. Generalmente, los suelos aluviales se presentan en las riberas de los ríos importantes, que son los que pueden transportar lejos los materiales erosionados. En los valles de estos ríos principales, los suelos presentan texturas más gruesas.



Chopera en terreno aluvial de diferentes calidades

En los ríos pequeños, los materiales erosionados en las laderas adyacentes suelen tener un recorrido menor, son así poco modificados y, cuando se depositan, mantienen todavía características muy similares a las de la roca madre de la que proceden. Estos materiales son los coluviones, son de textura más fina y se encuentran normalmente en mezcla con aluviones transportados por el curso de agua.

El nivel de la capa freática puede situarse a una profundidad más o menos constante en todo momento. Pero lo más frecuente es que la profundidad de la capa oscile a lo largo del año, estando por lo general más próxima a la superficie del terreno a finales del invierno o principios de la primavera y alcanza su punto más bajo a finales del verano o principios del otoño. Esta oscilación del nivel de la capa freática determina tres zonas u horizontes diferentes en el perfil de un suelo aluvial típico:



Perfil de un suelo aluvial típico

- El horizonte más bajo corresponde a la zona en la que el agua está siempre presente. Este horizonte se llama gley y en él no pueden desarrollarse las raíces de los chopos por no tener oxígeno a su disposición (asfixia).
- Por encima del gley se encuentra un horizonte que está anegado de agua temporalmente. En él se observan raíces vivas o raíces necrosadas por asfixia en función de la época del año.
- El horizonte superior nunca está afectado por la capa freática y en él pueden observarse raíces vivas durante todo el año. Este horizonte debe tener la profundidad suficiente para asegurar un buen anclaje de los árboles y para permitir el adecuado desarrollo de sus raíces.

Las avenidas de los ríos principales son más acusadas que las experimentadas por los ríos pequeños y aportan elementos finos a los suelos aluviales, que ven incrementada con ello su fertilidad. En estos casos, nos encontramos con suelos muy aptos para el cultivo de chopos.

4. Plantación

A la hora de abordar una plantación de chopos, hay que considerar tanto el conjunto de las operaciones necesarias para el establecimiento en el terreno de las plantas, como los condicionantes que afectan al diseño y a la programación de los trabajos.

4.1. Diseño de la plantación

En la planificación de una plantación de chopos se debe considerar la época más adecuada para realizar las operaciones, el espaciamiento que deben mantener entre sí los pies implantados, la distancia que la nueva chopera tiene que respetar con otros cultivos colindantes, la elección del método de plantación y la elección del clon más apropiado para el sitio considerado; la elección del clon se tratará en el capítulo 11. En su caso, se debe disponer de la autorización o autorizaciones preceptivas para la realización de los trabajos.

4.1.1. Autorizaciones preceptivas

Se necesita autorización previa del Servicio Territorial de Medio Ambiente de la provincia respectiva cuando se pretende realizar una plantación de chopos en un terreno forestal ocupado por una especie arbórea diferente, es decir, si existen otros árboles que no sean chopos. También se requiere autorización, en este caso de la Confederación Hidrográfica correspondiente, si se va a plantar en la zona de policía de un curso de agua, que afecta a una franja de 100 metros contados desde el límite del cauce. Igualmente, se necesita autorización del órgano titular para las plantaciones que se quiere efectuar a menos de 100 metros de autopistas, autovías o vías rápidas, a menos de 50 metros de carreteras estatales o a menos de 30 metros de carreteras no estatales. En los demás casos no es necesario solicitar autorización para la plantación.

4.1.2. Época de plantación

La plantación debe hacerse siempre fuera del período vegetativo, pues, en caso contrario, las plantas superan difícilmente el arranque, transporte y asiento en el nuevo lugar, cuando más necesitan desarrollar sus funciones vegetativas. Se recomienda habitualmente no plantar en período de heladas, ya que, cuando éstas se producen, es difícil apisonar bien la tierra en el hoyo de plantación, pudiendo quedar huecos perjudiciales para las raíces; sin embargo, esto no es posible en muchas zonas de Castilla y León en las que algunos años el período de heladas abarca gran parte del invierno.

Es preferible plantar en otoño, de mediados de noviembre a mediados de diciembre, o a finales del invierno, en febrero o marzo, antes de la brotación de las plantas. En general, en otoño se da más tiempo para la formación y desarrollo de los nuevos sistemas radicales, lo que procura un mayor vigor a los chopos durante el primer año; además, en el transcurso del invierno la tierra se apisona bien en el hoyo de plantación. Se debe elegir la época de finales del invierno únicamente cuando el terreno presenta una capa freática alta en otoño y hay riesgos de pudrición de las raíces o de la parte baja de los plantones sumergidos en agua durante mucho tiempo.

Cuando son frecuentes las crecidas de los ríos en primavera y los suelos permanecen muy húmedos hasta abril o mayo, se puede acudir a una plantación en los meses de mayo o junio. Pero, en este caso, las plantas deben conservarse en cámara fría para evitar su brotación hasta que la plantación se haya realizado. Durante el primer año, el período de actividad de las plantas será inferior al normal por haber comenzado más tarde, lo que se traducirá en un menor crecimiento.

4.1.3. Espaciamiento

El espaciamiento es el espacio de que dispone cada chopo en una plantación; se hace corresponder con el marco, o distancia entre los pies plantados. Generalmente los chopos se plantan en los vértices de un cuadrado (marco regular). Pero, cuando se pretende compatibilizar los primeros años de la chopera con un cultivo intercalar, se suele utilizar un marco rectangular.

Las plantaciones se realizan siempre a marco definitivo, es decir, con el mismo espaciamiento que se tendrá en el momento del aprovechamiento al final del turno. Se ha comprobado la escasa eficacia de la realización de clareos y claras en las choperas, pues los productos intermedios que se obtienen con estas prácticas proporcionan rendimientos económicos muy bajos.

A partir de cierta edad, los chopos entran en competencia tanto a nivel de las raíces como en la parte aérea; esta competencia se inicia antes cuando la densidad es elevada. Por eso, cuanto mayor es el espaciamiento, mayor es el espacio aéreo y de suelo de que dispone cada árbol y, entonces, más elevado será el desarrollo que se puede esperar de cada uno de ellos. Por tanto, el espaciamiento se puede hacer depender del destino de los productos maderables que se obtengan de la plantación. Si se busca la finalidad más remunerativa, que requiere siempre que la madera tenga grandes dimensiones, habrá que tender a espaciamientos amplios.



Plantación de *Populus ×interamericana* a marco de 5×5 m

Normalmente se definen los espaciamientos amplios como aquéllos que permiten a cada árbol disponer de una superficie de terreno igual o superior a 25 m^2. Si se utilizan marcos regulares, equivaldría a plantar los chopos a 5×5 metros como mínimo. Es más conveniente utilizar el marco de 6×6 metros. La utilización de espaciamientos amplios presenta la ventaja de una plantación más económica que con espaciamientos reducidos. Entre sus inconvenientes, se suele apuntar el de mayores gastos en los trabajos de podas y laboreos, pues la chopera tarda más tiempo en alcanzar la tangencia de las copas. En cuanto a las podas, hay que tener en cuenta también que, con espaciamientos amplios, el número de árboles que hay que podar es inferior. En el caso de marcos rectangulares, los espaciamientos adecuados serían de 4×8 metros, 4×9 metros, 4×10 metros, 5×7 metros o 5×8 metros. Para las alineaciones, la distancia entre los chopos deberá ser de 5 ó 6 metros.

Por otra parte, en condiciones medias de fertilidad del terreno se admite que cada pie debe disponer, al menos, de 50 metros cúbicos de suelo útil. Según esto, el espaciamiento idóneo se puede hacer depender de la profundidad de la capa freática cuando todo el suelo que se encuentra por encima de ella es capaz de proporcionar agua, oxígeno y sustancias minerales.

La tabla 3 proporciona el espaciamiento mínimo que se debe adoptar en función de la profundidad de la capa freática. Si no es útil todo el suelo por encima de la capa freática, habrá que aumentar el espaciamiento proporcionalmente. También puede ser conveniente tener en consideración el clon que se utiliza, pues los chopos interamericanos soportan más la competencia entre sí que los chopos euramericanos y los deltoides.

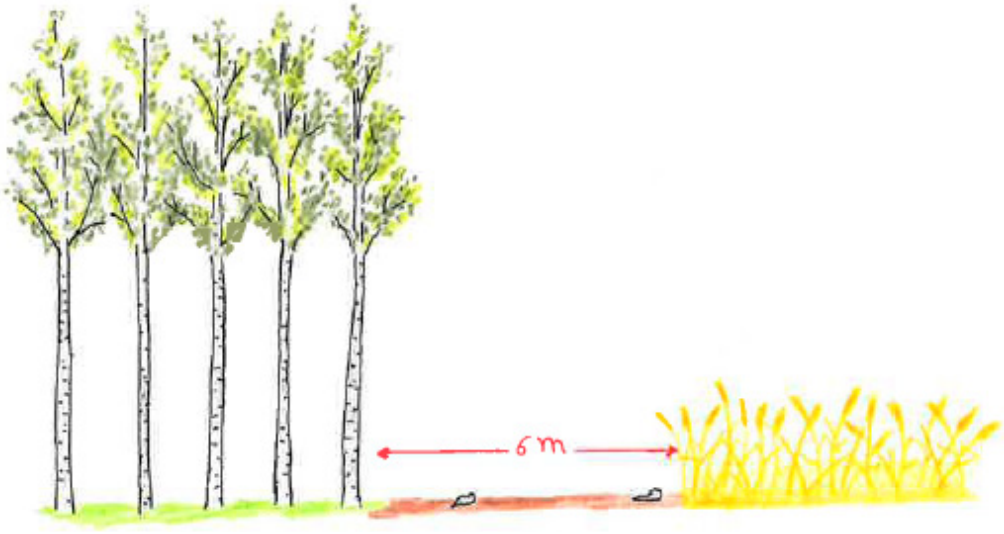
Tabla 3. Marco mínimo de plantación en función de la profundidad de la capa freática

Profundidad (m)	Volumen de suelo útil (m^3/ha)	Densidad (nº pies/ha)	Espaciamiento (m)
1,0	10.000	200	7×7
1,4	14.000	280	6×6
1,7	17.000	340	5×6
2,0	20.000	400	5×5

Cuando la capa freática se encuentra a más de 2 metros de profundidad, es muy difícil que todo el suelo que se encuentra por encima de ella sea capaz de proporcionar alimentación en agua y sustancias minerales (suelo útil). Por eso, el marco de 5×5 o, mejor, 25 m^2/pie, debe considerarse en general como el límite inferior del espaciamiento en las plantaciones.

4.1.4. Distancia a otros cultivos

En lo que se refiere a otras fincas de cultivo, si para el terreno en el que se proyecta la plantación de chopos existen ordenanzas municipales que regulan la distancia mínima entre las



Distancia de las choperas a otros cultivos

plantaciones de chopos y las fincas colindantes, hay que respetar estas ordenanzas siempre que no indiquen una distancia superior a 12 metros. Si no hay ordenanzas al respecto, o bien éstas establecen una distancia superior a 12 metros, entonces la distancia que hay que respetar deberá estar comprendida entre 4 y 12 metros. Una buena medida es plantar a una distancia de 6 metros de la linde y aumentar un poco esta distancia cuando la finca colindante se encuentra al norte de la nueva plantación.

4.1.5. Elección del método de plantación

En el establecimiento de una chopera, se puede utilizar la plantación profunda o la plantación superficial. Se llama plantación a raíz profunda a la introducción de plantas en el terreno a profundidad tal que sus raíces, o la base del plantón, alcancen el nivel de la capa freática en el período de máximo estiaje. Si dicha profundidad no se alcanza, la plantación recibe el nombre de superficial.

La plantación profunda se utiliza para asegurar el arraigo de las plantas en medios muy arenosos y de escasa fertilidad, donde las texturas gruesas impiden que el agua de la capa freática ascienda por capilaridad, o en general, cuando la capa freática se encuentra a profundidad tal que no llega a ponerse a disposición de las raíces de los chopos plantados superficialmente.

La plantación superficial es más económica y, por ello, no debe desecharse cuando las condiciones son idóneas para su práctica, es decir, en suelos de textura equilibrada y buena estructura (buena porosidad) y con posibilidad de aporte de agua mediante riegos. Como desventaja, hay que tener en cuenta el coste relativamente elevado de la instalación y mantenimiento de los sistemas de riego. También es necesaria una nivelación final más precisa del terreno. En

cualquier caso, la plantación profunda ofrece siempre mayores garantías.

En plantación superficial, el principal inconveniente es no disponer a voluntad del caudal de agua que la plantación requiere en cada momento. En muchas zonas, los riegos durante el verano se ven sometidos a restricciones en tiempo y volumen para conseguir una mejor distribución del agua y la satisfacción de otras necesidades prioritarias.



Nivel de la capa freática

Por otro lado, debe tenerse en cuenta que las necesidades de agua de la plantación van aumentando con los años, a medida que los chopos van ocupando un mayor volumen de suelo útil y desarrollando un sistema foliar más extenso. Este último ha sido el motivo del fracaso de algunas experiencias de plantación superficial de chopos en medios secos con riego por goteo. Generalmente en la instalación inicial de los sistemas de riego por goteo no se ha contado con el incremento paulatino de las necesidades de agua de los chopos, llegando a ser insuficiente el volumen aportado a los 3-4 años de la chopera. Este hecho ha conducido bien a abandonar la plantación, bien a sustituir el sistema de riego instalado por otro capaz de mover caudales mucho más altos, con el consiguiente aumento de los costes de explotación.

4.2. Operaciones previas

La ejecución de una plantación se puede dividir en un conjunto de operaciones previas y la plantación propiamente dicha. Las operaciones previas tienen por finalidad actuar sobre el terreno para facilitar la posterior instalación de las plantas; entre ellas, se incluyen el destoconado, la nivelación y el señalamiento de la parcela de plantación. Las dos primeras no son siempre necesarias, dependiendo de que haya existido o no una plantación anterior, u otra vegetación arbórea, y del estado en que se encuentra la superficie del terreno, mientras que la tercera se debe considerar imprescindible para una buena ejecución de la plantación.

4.2.1. Destoconado

Cuando la zona de plantación ha sustentado ya una masa de chopos, después de su aprovechamiento debe procederse a la extracción de las raíces y parte del fuste (tocones) de los chopos, que han quedado en el suelo, con objeto de que el terreno quede libre para la instalación de los nuevos pies. Esta operación recibe el nombre de “destoconado” y es necesaria para impedir el rebrote de las partes vivas de los chopos aprovechados. Se realiza también para



Volteo de tocones con retroexcavadora



Extracción de raices con cizalla

evitar que los tocones no extraídos dificulten las posteriores labores culturales. Al mismo tiempo, se puede extraer el posible matorral que haya podido aparecer en la parcela de plantación desde la corta de los chopos (desbroce).

El destoconado se efectúa con máquina retroexcavadora. Los tocones extraídos se van depositando, bien en montones distribuidos por la parcela para proceder a su destrucción, o bien en cordones longitudinales y paralelos para su carga en camión, transporte y eliminación fuera de la parcela de plantación. Con frecuencia los tocones se entierran en zonas próximas a la de plantación, en sitios donde no se alteren por ello los usos del suelo ni se produzcan efectos ecológicos negativos.

Cuando hay problemas en el transporte o depósito de los tocones arrancados, o estas operaciones resultan demasiado caras, se suele utilizar otro sistema, que consiste en el volteo de los tocones en el mismo sitio en que se encuentran y su enterramiento, quedando en posición invertida. Su objetivo es impedir el rebrote y dejar los sistemas radicales bajo tierra hasta su pudrición. La nueva plantación debe efectuarse, entonces, intercalando los pies en los huecos que dejan los antiguos tocones volteados.

Han sido ensayados otros procedimientos de destoconado, utilizando medios químicos y biológicos, y también el astillado in situ con una barrena helicoidal que se acciona sobre el tocón y va acoplada a la toma de fuerza de un tractor. Este último caso resulta muy interesante,



Destoconado con barrena

con rendimientos superiores a los de la extracción de tocones o su enterramiento. Pero la operación debe completarse con un subsolado del terreno que rompa las raíces, con objeto de dificultar su rebrote. Tiene la limitación de no poder utilizarse cuando en el terreno hay una proporción apreciable de gravas gruesas o piedras. Sin embargo, es el método más aconsejable por el aporte de materia orgánica que supone para el suelo, a la vez que evita el impacto visual negativo que representa la acumulación de tocones.

Últimamente se ha iniciado la técnica de extracción con una cizalla acoplada al brazo de una retroexcavadora que, además de extraer el tocón, realiza un troceado grosero del mismo que permite un secado más rápido y el desprendimiento de las partículas de suelo adheridas a las raíces, con la finalidad de proceder a su astillado y destinar los productos obtenidos a la combustión en plantas de biomasa.

4.2.2. Nivelación

Después de eliminados los tocones y el matorral en la parcela destinada a la plantación, conviene nivelar el terreno, haciendo desaparecer todas las alteraciones de la superficie que puedan haber quedado tras las operaciones antes mencionadas. Su finalidad es permitir o facilitar el desplazamiento de otras máquinas, principalmente tractores agrícolas, para la ejecución de los cuidados culturales posteriores a la plantación. Es imprescindible una nivelación muy precisa si se van a efectuar riegos en la nueva plantación.



Nivelación del terreno

La nivelación se realiza con tractor pesado provisto de pala empujadora frontal, en posición *tilldozer*, que va recorriendo toda la superficie del terreno que se va a plantar. También se puede utilizar una pala cargadora o un tractor con lámina, dependiendo del estado de las alteraciones que hay que eliminar en el terreno.

4.2.3. Señalamiento

El señalamiento consiste en marcar sobre el terreno los puntos donde posteriormente se abrirán los hoyos en los que se colocarán las plantas. Para ello se utilizan estacas, jalones o manchas de cal, o bien quedan determinados por los cruces de las pasadas de un tractor agrícola con apero que permita señalar líneas sobre el terreno. También se puede utilizar dispositivos con rayos láser que indican constantemente la dirección que debe mantener el tractor en el marcado de las líneas, o bien sistemas de posicionamiento global por satélite (GPS). Conviene elegir la orientación de las líneas que proporcione la máxima insolación posible de la futura chopera. Una buena alineación en los dos sentidos facilitará la ejecución de los cuidados culturales posteriores.

4.3. Métodos de plantación

La realización de una plantación a raíz profunda o a raíz superficial es independiente del tipo de maquinaria utilizado. Sin embargo, lo más habitual es emplear máquinas retroexcavadoras en la apertura de los hoyos en plantación profunda y servirse de barrenas helicoidales en las plantaciones superficiales. La retroexcavadora podría utilizarse también en la plantación



Señalamiento

superficial, pero resulta mucho más económico, en este caso, emplear una barrena helicoidal acoplada a la toma de fuerza de un tractor agrícola. Asimismo, si con la utilización de una barrena se alcanza el nivel freático y las plantas quedan en contacto con el agua durante todo el período vegetativo, entonces se habrá realizado una plantación a raíz profunda con la barrena.

4.3.1. Plantación a raíz profunda con retroexcavadora

Los chopos se plantan a una profundidad tal que alcanzan el nivel freático en la época de máximo estiaje. De esta manera se tiene la garantía de que la planta dispone de agua sin limitaciones durante todo el período vegetativo. Además, este procedimiento presenta la ventaja de la gran cantidad de tierra movida, lo que facilita el desarrollo del sistema radical a lo largo de toda la parte enterrada del plantón. En consecuencia, se aumenta la capacidad de absorción de agua del mismo.

Los hoyos se abren con máquina retroexcavadora, tapando cada hoyo con la tierra que se extrae en el siguiente, con objeto de economizar movimientos de la maquinaria, evitando tiempos muertos. La tierra extraída en la apertura del primer hoyo se distribuye por sus inmediaciones, procurando no alterar sensiblemente la nivelación del terreno. La tierra necesaria para tapar el último hoyo se recoge asimismo de sus inmediaciones, procurando igualmente no alterar sensiblemente la nivelación del terreno.

Cuando el cazo de la retroexcavadora realiza el último movimiento para retirar la tierra del hoyo hasta la profundidad requerida, un operario introduce el plantón hasta la parte más baja del hoyo abierto. Sin elevar más el cazo, el maquinista lo vuelca para que la tierra que contiene inicie



Plantación a raíz profunda con retroexcavadora

el rellenado. Seguidamente, la máquina va introduciendo la teirra extraida y acumulada al lado del hoyo, mientras el operario sujeta el plantón manteniéndolo en posición vertical. El plantón se coloca junto a una de las paredes del hoyo abierto, para que no se parta al rellenar el hoyo.

Al colocar el plantón en el hoyo, se debe conseguir que quede alineado lo mejor posible con los plantones ya establecidos en las dos direcciones perpendiculares. La guía terminal del plantón, si no está en posición vertical, debe quedar orientada al norte, para que posteriormente se vaya enderezando de manera natural debido al efecto del fototropismo.

Antes de la plantación, el tallo de la planta se suele marcar con pintura a determinada distancia del cuello de la raíz, con la finalidad de controlar la profundidad de plantación.

Nunca se debe formar alcorques alrededor de las plantas si existe riesgo de encharcamiento, aunque sea temporal. Tampoco se debe aporcar las plantas, para evitar que desarrollen raíces que no pueden realizar adecuadamente sus funciones.

4.3.2. Otros procedimientos de plantación a raíz profunda

En determinadas ocasiones se han utilizado barrenas helicoidales de grandes dimensiones, acopladas al brazo de la retroexcavadora, para la realización de plantaciones de chopos a raíz profunda. Estas barrenas están aconsejadas en terrenos muy arenosos, donde la acción del cazo de la retroexcavadora produce un continuo desmoronamiento de las paredes del hoyo



Barrena de grandes dimensiones para plantación a raíz profunda



Martillo mecánico

de plantación, imposibilitando su ejecución. Con este sistema se abren hoyos cilíndricos de 40-60 centímetros de diámetro y más de 3 metros de profundidad que, una vez introducidas las plantas, deben ser tapados con la tierra diseminada en los alrededores de los hoyos por la acción de la barrena, utilizando para ello maquinaria ligera con pala. No se recomienda en terrenos con elevados porcentajes de limos o arcillas, debido a la gran compactación de las paredes del hoyo, que obstaculiza la adecuada penetración en el terreno de las raíces de los chopos implantados.

Se han ensayado también martillos mecánicos para la apertura de hoyos en plantación a raíz profunda, pero surgen los mismos problemas de compactación que en el caso de las barrenas helicoidales, muy agravados por las pequeñas dimensiones de la sección de los hoyos practicados. Por ello, es un método muy poco utilizado y sólo se emplea en terrenos ligeros con la capa freática a poca distancia de la superficie del suelo.

Otro procedimiento que se ha empleado para la plantación a raíz profunda consiste en la utilización de una retroexcavadora en cuyo brazo va acoplado un conjunto de dos grandes pletinas formando una V muy cerrada, con un rejón en la arista de unión de las dos pletinas. El conjunto se conoce con el nombre de "rejo". Accionando el brazo de la máquina, el rejón facilita la introducción del rejo en el terreno. El desplazamiento del rejo hacia la retroexcavadora proporciona un espacio vacío entre las dos pletinas, en el que se coloca la planta en posición vertical, hasta la profundidad definida por las dimensiones de las pletinas. Al continuar el avance del rejo, la planta queda fuera de la protección de las pletinas y el desmoronamiento de las paredes formadas realiza el tapado del hueco abierto. El rejo se extrae del suelo y la máquina se desplaza hasta el lugar que le permite introducir el rejo de nuevo en el terreno para colocar la siguiente planta. La plantación utilizando este sistema suele complementarse con un subsolado con *ripper* en las calles que quedan entre las líneas de plantas. Este procedimiento es poco frecuente; tiene la ventaja de la rapidez de la plantación, lo que va unido a su economía; es una desventaja la escasa cantidad de tierra movida en la operación. Si la capa freática se encuentra a una profundidad superior a la que permite alcanzar la dimensión de las pletinas, no podrá realizarse la plantación a raíz profunda.

En terrenos arenosos con la capa freática presente a gran profundidad, se han experimentado plantaciones utilizando la misma técnica que se emplea para la construcción de pozos de riego. En este caso, se coloca un cilindro metálico sobre el terreno, en el sitio de apertura del hoyo. Una retroexcavadora provista de cazo bivalvo va extrayendo la tierra del interior del cilindro. A medida que se va formando el hoyo, el cilindro penetra en el suelo, conteniendo las paredes e impidiendo su desmoronamiento. Cuando se alcanza la profundidad deseada, se coloca el plantón en el hoyo y se extrae el cilindro, que se lleva al nuevo sitio de apertura. Al extraer el cilindro metálico del hoyo, el desmoronamiento de las paredes contribuye al tapado, que se completa con el mismo cazo bivalvo o con un cazo normal de una retroexcavadora auxiliar. De esta manera se han realizado plantaciones a 5 y 6 metros de profundidad, pero su uso no se ha generalizado debido a los elevados costes que conlleva.



Rejo



Plantación a gran profundidad

4.3.3. Plantación a raíz superficial con barrena

Se utiliza una barrena de 30-40 centímetros de diámetro y de 1 metro de longitud, acoplada a la toma de fuerza de un tractor. Es suficiente un tractor agrícola de 40-50 CV, si puede moverse por la parcela. El tractor avanza por la línea de plantación y la barrena va practicando hoyos cilíndricos en los puntos previamente señalados.

La tierra extraída por la acción de la barrena queda distribuida regularmente alrededor de la boca del hoyo. Posteriormente se coloca la planta en el hoyo abierto y se tapa éste gradualmente. El diámetro del hoyo debe ser lo suficientemente grande para que se pueda introducir la raíz de la planta. Si se utiliza plantón sin raíz, no habrá problemas para colocarlo en el hoyo y, además, se podrá introducir clavándolo por debajo de la base del hoyo 10-20 centímetros, si tiene la base cortada en bisel.

La profundidad del hoyo debe ser superior a 80 centímetros, para asegurar la estabilidad de la planta, sobre todo en zonas donde son frecuentes los vientos fuertes.

Es interesante efectuar el tapado por capas sucesivas, apisonando la tierra del hoyo después de cada una de ellas, para que no queden bolsas de aire en contacto con la planta; las nuevas raíces que nacen donde hay una bolsa de aire se desecan y no pueden desarrollarse.

En terrenos con alto contenido en arcilla, las paredes de los hoyos resultan demasiado compactadas por la acción de la barrena, lo que puede constituir un factor limitante para la aplicación de este método. En terrenos de textura moderadamente fina, la apertura de los hoyos debe realizarse en otoño, de modo que los agentes atmosféricos puedan disgregar la superficie de las paredes laterales compactadas por la acción de la barrena. También puede condicionar la utilización de la barrena un alto porcentaje de gravas gruesas o piedras.



Plantación a raíz superficial con barrena

En parcelas pequeñas o en lugares poco accesibles, donde las condiciones del terreno no permiten el paso de un tractor, puede utilizarse una barrena de sujeción manual que lleva dos brazos a cada lado y es manejada por dos personas. También existen barrenas manuales que pueden ser accionadas por un solo operario y llevan un apoyo acolchado. Estas barrenas perforan hoyos cilíndricos de 20 a 40 cm de diámetro. Su rendimiento es muy bajo en superficies extensas, debido al esfuerzo que se necesita para mantener la barrena en posición vertical en la apertura del hoyo, teniendo en cuenta el peso del motor y las vibraciones que se producen.

4.4. Nivelación final

Una vez finalizada la plantación propiamente dicha, es conveniente dejar el terreno nivelado para facilitar el paso de la maquinaria y aperos necesarios en la ejecución de los cuidados culturales posteriores. Esta operación se realiza con un tractor provisto de una grada de discos,

o bien con un *bulldozer*. Se puede retrasar la operación hasta finales de la primavera, eliminando al mismo tiempo gran parte de la vegetación competidora que haya surgido desde la finalización de la plantación.

En caso de tener que aplicar riegos a la plantación, esta última nivelación adquiere una especial importancia, si se quiere conseguir una distribución uniforme del agua en toda la superficie plantada.



Nivelación final

4.5. Reposición de marras

Al año siguiente al de la plantación, puede ser conveniente reponer las plantas que hayan fallado o no hayan arraigado adecuadamente. Para ello, deberá utilizarse la misma técnica señalada para la primera plantación, procurando emplear plantas que tengan dimensiones mayores a las de las plantas usadas originalmente, para minimizar en lo posible las diferencias de tamaño entre las plantas utilizadas en los dos años consecutivos. Las reposiciones de marras efectuadas en el segundo o tercer año después de la plantación no ofrecen garantías suficientes de éxito, debido a que los nuevos plantones sufren excesivamente la competencia de las plantas instaladas inicialmente, que se encuentran ya en pleno desarrollo.

La reposición de marras es una operación costosa que requiere considerar el porcentaje de plantas que hay que reponer y su distribución en la plantación. Cuando el porcentaje es



Marras

reducido y las marras están más o menos uniformemente distribuidas en la superficie de la plantación, no será rentable abordar la reposición. En caso de marras numerosas o concentradas en algunas zonas de la superficie plantada, generalmente convendrá inclinarse por la plantación de sustitución.

Si el porcentaje de marras que se producen es muy elevado, se tendrá que estudiar las causas de la mortalidad de las plantas, que podrá deberse a una mala ejecución de las operaciones de plantación, a la deficiente calidad de las plantas o a su manejo inadecuado; también puede achacarse a inundaciones extraordinarias o a intensas heladas extemporáneas. Pero si el número de marras es imputable a las características del terreno, habrá que concluir que la estación no es adecuada para el cultivo de chopos.

5. Las plantas

Se puede producir y comercializar cualquier clon de chopo que esté en la lista europea, es decir, que se haya aprobado y figure en el registro de alguno de los países pertenecientes a la Unión Europea. En el momento actual, esta lista consta de unos 230 clones; sin embargo, sólo unos cuantos clones han demostrado experimentalmente tener un buen comportamiento en España y son los que constituyen el catálogo nacional de materiales de base. De éstos, hay un grupo de diez clones de los que, también mediante ensayos experimentales en campo, se ha comprobado su buen rendimiento en el territorio de Castilla y León y forman el catálogo de esta Comunidad Autónoma.

5.1. Producción de plantas

Los chopos se propagan fácilmente por estaquillas y esta técnica es la empleada para la producción de plantas de los clones cultivados. Debido a que los chopos suelen brotar de cepa con facilidad, para la producción masiva de estaquillas se establecen campos de plantas madre, también llamadas cepas madre. Las estaquillas se obtienen a partir de los brotes de las cepas, denominados varetas.

El cultivo de un campo de cepas madre es similar al que se realiza en un vivero para la producción de plantas de chopos con destino a la plantación para la obtención de madera, que incluye la preparación del terreno, la plantación de las estaquillas, la aplicación de los tratamientos culturales necesarios, el aprovechamiento y la eliminación de los restos. Entre los tratamientos culturales debe tenerse en cuenta los gradeos del suelo, las escardas manuales y mecanizadas, la fertilización, los riegos y los tratamientos de plagas y enfermedades.

Al igual que las estaquillas para la producción de plantas en vivero, las cepas se disponen en líneas paralelas formando calles de anchura suficiente para permitir el paso de la maquinaria y los aperos utilizados en el cultivo, orientadas de manera que reciban la máxima insolación. La densidad habitual de las cepas en el campo oscila entre 25.000 y 50.000 pies por hectárea. La duración aconsejada de las cepas, es decir, el tiempo que se mantendrán en producción, es de 2 a 5 años, teniendo en cuenta los costes que supone la nueva instalación y la dificultad del destoconado de las cepas viejas por las dimensiones que alcanzan.

La producción del campo de cepas madre debe cubrir tanto las necesidades de estaquillas para la obtención de plantas como las requeridas para la renovación de las cepas. Para ello, se fija previamente el número de cepas, su marco de plantación y su duración prevista. También hay que considerar las marras que se producen después de la plantación de las estaquillas, que en condiciones normales alcanzan del 1% al 3%. Con algunas variaciones debidas al clon de que se trate, se puede estimar que, de cada estaquilla plantada, al final del primer año se tiene



Cepas madre

una vareta que da lugar a 3 nuevas estaquillas de las dimensiones y lignificación adecuadas. Al final del segundo año se obtienen 2-3 varetas por cepa, al final del tercer año se obtienen 3-4 varetas por cepa y este número de varetas se mantiene en el cuarto y en el quinto año. Al final del primer año, las varetas se cortan casi a ras del suelo o a cierta altura, con objeto de facilitar el trabajo de la maquinaria y los aperos empleados en el cultivo y permitir el rebrote de las cepas ya formadas.

Tanto para el establecimiento de los campos de plantas madre como para la producción de plantas con destino a su comercialización, se puede estaquillar materiales recogidos en cualquier momento del año, pero los mejores resultados se obtienen con estaquillas leñosas del año, recolectadas durante el período de reposo vegetativo. Las estaquillas de los clones cultivados no suelen presentar dificultades para emitir raíces, lo que hace innecesario el empleo de hormonas de enraizamiento.

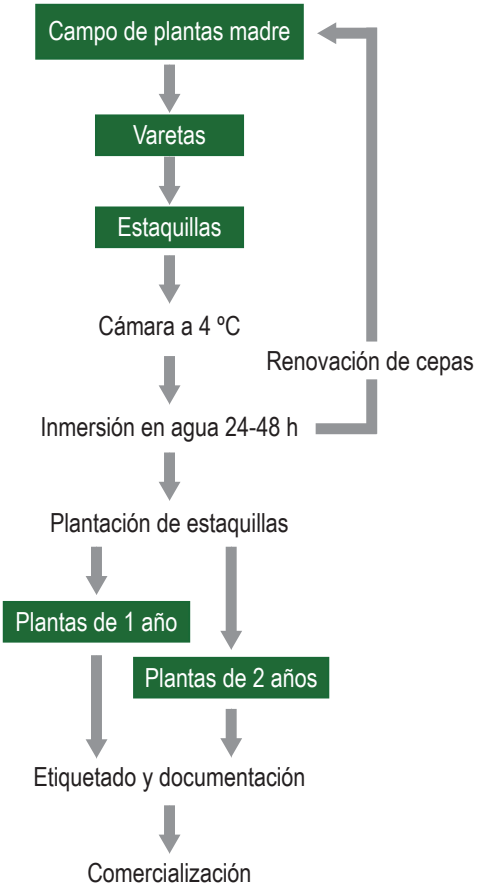
Las estaquillas deben tener una longitud mínima de 20 centímetros para asegurar la presencia de 3 ó 4 yemas útiles y bien constituidas. Para formar la estaquilla, se selecciona una yema que será la terminal y se efectúa un corte transversal por encima de ella, a 5-10 milímetros; posteriormente se da el corte inferior, en bisel, a la longitud predeterminada. Se puede utilizar pequeñas máquinas eléctricas que realizan los dos cortes al mismo tiempo, uno transversal y otro en bisel, después de colocar la vareta en la posición adecuada. Para su correcta identificación, las estaquillas pueden señalarse con pintura, utilizando un color para cada clon.



Plantas de primer año en vivero

Desde su obtención hasta la plantación, las estaquillas pueden conservarse agrupadas en mazos introducidos en una cámara fría, a una temperatura de 4 ºC y alta humedad relativa (85%) con una correcta circulación de aire. Antes de su plantación, es conveniente sumergirlas en agua para su rehidratación durante 24-48 horas, a la que puede añadirse plaguicidas y fungicidas preventivos.

En la plantación de las estaquillas, se debe poner especial cuidado en dejar una yema al exterior; cuando la plantación se efectúa de manera mecanizada, es corriente que las estaquillas queden totalmente enterradas, obteniéndose generalmente un solo brote por cada estaquilla plantada. Si se obtiene más de un brote en cada estaquilla destinada a la producción de plantas, antes de un mes después de la plantación hay que seleccionar el brote que dará lugar a la planta comercializable, el que se encuentre en mejores condiciones de crecimiento y formación, y eliminar los restantes, para no reducir el crecimiento del brote elegido.



Esquema de producción de plantas de chopos

En la producción de plantas en vivero, éstas se extraen cortándolas a ras del suelo después de haberlas podado totalmente, dejando sólo el tallo principal. Se obtienen plantas de una o dos savias, dependiendo de las dimensiones que deban alcanzar para los sitios de plantación previstos. La falta de raíces facilita en gran medida el transporte de los plantones, su distribución en la parcela de plantación y su manejo durante la fase de instalación; además, en plantación profunda el anclaje de las plantas queda asegurado por la profundidad de la plantación. El corte de la base del plantón en el vivero se da siempre en bisel, de manera que el plantón se puede clavar en el terreno, dentro del hoyo de plantación, ganando así algo más de profundidad. En principio, la presencia de raíces en la planta no ofrece ninguna ventaja, pero en ocasiones es conveniente realizar la plantación definitiva con chopos que mantienen parte de su sistema radical, con objeto de facilitar su anclaje, extrayendo las plantas en el vivero con el pase de una cuchilla por debajo de la superficie del terreno.

5.2. Comercialización de las plantas

Se entiende por comercialización la exposición con vistas a la venta, la puesta en venta y la venta o la entrega a un tercero de las plantas o partes de plantas, incluida la entrega en cumplimiento de un contrato de servicios.

Sólo pueden comercializar plantas o partes de plantas de chopos los viveros que se encuentren inscritos en el registro de proveedores de la Comunidad de Castilla y León o de otra comunidad autónoma. En el momento de su adquisición, todas las partidas de plantas o de partes de plantas deben ir acompañadas por el correspondiente documento del proveedor y el pasaporte fitosanitario, documentos que debe proporcionar el vendedor y que garantizan la procedencia de las plantas y la ausencia de ciertas enfermedades. Además, las plantas y las partes de plantas deben estar acompañadas de una etiqueta identificativa, de color rosa para los clones de la categoría cualificada y azul para los de la categoría controlada.

La categoría controlada incluye los clones que han sido sometidos a ensayos genéticos y han demostrado superioridad en determinadas condiciones ambientales para ciertos rasgos de interés, como puede ser la velocidad de crecimiento o la resistencia a determinadas plagas o enfermedades. La categoría cualificada tiene carácter provisional e incluye clones prometedores respecto de su comportamiento, pero cuya bondad genética todavía no está demostrada.

En cuanto a la calidad externa, cualquier partida de partes de plantas (varetas o estaquillas) debe ser de calidad cabal y comercial. La calidad cabal y comercial se determina en función de las características generales, del estado sanitario y de criterios de conformación y tamaño (tablas 4 y 5).

En el anexo 1 figuran, por provincias, los términos municipales de Castilla y León que se encuadran dentro de la región no mediterránea.

En cuanto a las plantas, para su comercialización es conveniente que tengan una edad de 1 a 3 años, y en todo caso ser de calidad cabal y comercial. La calidad cabal y comercial se determina en función de las características generales, el estado sanitario, la vitalidad y la

calidad fisiológica. Cada lote de plantas debe cumplir que, al menos, el 95% sean de calidad cabal y comercial, sin presentar los siguientes defectos:

- heridas distintas de las causadas por la poda o heridas debidas a los daños de arranque,
- ausencia de yemas susceptibles de producir un brote apical,
- tallo múltiple,
- signos de desecación, recalentamiento, enmohecimiento, podredumbre o daños causados por organismos nocivos.

Tabla 4. Requisitos de calidad externa para estaquillas y varetas de chopos

	Estaquillas	Varetas
Número máximo de períodos vegetativos	2	3
Número mínimo de yemas bien conformadas	2	5
Sin necrosis o ataques de organismos nocivos	*	*
Sin signos de desecación, asfixia, enmohecimiento o podredumbre	*	*
Sin heridas excepto las causadas por podas		*
Sin ramificaciones		*
Sin curvatura excesiva		*

Tabla 5. Dimensiones requeridas para estaquillas y varetas de chopos

Tipo de material		Clase	Longitud mínima (m)	Diámetro superior mínimo (estaquillas) En la mitad de la longitud (varetas)
Estaquillas		CE1 CE2	0,20 0,20	8 10
Varetas	Región no mediterránea	N1 N2	1,50 3,00	6 15
Varetas	Región mediterránea	S1 S2	3,00 4,00	25 30

5.3. Manejo de las plantas

Desde la corta y extracción de las plantas en el vivero hasta su plantación, debe transcurrir el menor tiempo posible para evitar su desecación, que hace difícil el arraigo y facilita el ataque de parásitos de debilidad. El tiempo de transporte de las plantas desde su salida del vivero



Varetas preparadas para la comercialización



Plantas podadas y listas para su comercialización

hasta su recepción en el sitio de plantación no debe ser superior a un día y es conveniente que se realice en las horas de menor calor. La caja del camión o vehículo de transporte debe estar completamente cubierta, de manera que las plantas estén protegidas de la desecación producida por el sol o el viento.

Las plantas deben estar completamente podadas antes de su salida del vivero, cortando las ramas a ras del fuste. Posteriormente, una vez establecidas en la parcela, las hojas y las nuevas raíces aparecerán simultáneamente.

Salvo que las plantas recibidas en la parcela vayan a utilizarse todas en el mismo día, lo que no es habitual, se debe proceder a su encamado. Para ello, se excavan zanjas de 1 metro de profundidad y 1 metro de anchura, repartidas por la parcela o próximas a ella, con objeto de facilitar su distribución posterior. Las plantas se colocan en las zanjas unas junto a otras, tapando sus raíces o su base con la misma tierra extraída en la apertura de las zanjas. A medida que se vayan necesitando, se extraen las plantas del encamado y se distribuyen por el área de plantación. Si se han repartido más de las necesarias, se debe tener cuidado de recoger y volver a encamar las plantas sobrantes al final de cada jornada de trabajo.

Nunca debe utilizarse plásticos u otros materiales impermeables al aire para proteger las raíces o la base de las plantas, ya que, de hacerlo así, éstas sufrirán daños al impedirse su transpiración. La misma tierra de la zanja asegura una protección suficiente.



Transporte de plantas al sitio de plantación



Encamado de las plantas



Distribución de las plantas en la parcela

El tiempo que pueden permanecer las plantas encamadas depende del clon de que se trate. Para los clones euramericanos e interamericanos de más frecuente utilización, este tiempo no debe ser superior a una semana y se debe reducir cuando haga calor en las horas centrales del día.

Cuando las plantas llegan a la parcela con síntomas de deshidratación, aunque éstos sean muy leves, es buena medida introducir su base en agua corriente (arroyo, canal de riego, etc.) durante unas horas antes de instalarlas, manteniéndolas en posición vertical. Esta práctica es conveniente aún cuando no se aprecien dichos síntomas, sobre todo con clones particularmente sensibles a la deshidratación ('Luisa Avanzo', clones deltoides) o cuando han estado conservadas en cámara fría antes de su transporte al sitio de plantación.

El reparto de las plantas por la parcela se debe hacer de forma que no se arrastre ninguna parte de las mismas por el suelo, para evitar que sufran daños innecesarios en la corteza, en las yemas o en la guía terminal.

6. Cuidados culturales

Los cuidados culturales comprenden el conjunto de acciones que se realizan después de la instalación de una masa forestal, para facilitar su establecimiento definitivo, para mejorar la calidad de la madera o para aumentar su producción. En plantaciones de chopos, estos cuidados

están constituidos principalmente por los laboreos del suelo y las podas, a los que se puede añadir la fertilización y los riegos. Además de estos cuidados, aunque no es estrictamente un tratamiento cultural del cultivo de chopos, se puede considerar la práctica de cultivos intercalares en las choperas.

6.1. Laboreos

El laboreo en choperas tiene como efecto el mullido del suelo, aumentando su permeabilidad y, con ello, la infiltración y la capacidad de retención de las aguas de lluvia; también se produce una reducción de la evaporación, al romperse la circulación capilar del agua; al mismo tiempo se airea la capa superficial del suelo y los elementos minerales se ponen a disposición de las raíces; por último, se elimina la vegetación adventicia que compite con los chopos por el agua y los elementos nutritivos. Todo ello conduce a un aumento de las reservas de agua útil para los chopos, incidiendo en su crecimiento. Un efecto añadido de los laboreos es la disminución del riesgo de incendios y su propagación.

Por regla general, el laboreo del suelo no es necesario para la pervivencia de la chopera instalada, sobre todo en aquéllas que disponen de un aporte suficiente de agua de riego. Únicamente en sitios especialmente difíciles, como antiguas praderas, la presencia de una espesa trama de vegetación herbácea puede hacer que los jóvenes chopos se debiliten después de su instalación e incluso lleguen a morir. En cualquier caso, aún cuando el futuro de los chopos no esté en peligro, la práctica del laboreo es siempre útil, ya que el coste de su ejecución se ve ampliamente compensado por un incremento de la producción al final del turno. La necesidad de los laboreos aumenta cuando la disponibilidad de agua para los chopos es reducida o cuando la competencia de la vegetación por el agua es intensa.

Durante los primeros años después de la instalación de la chopera, el laboreo del suelo ejerce un efecto notable sobre el crecimiento de los chopos y la rentabilidad de su práctica está manifiestamente demostrada. Pero su incidencia va disminuyendo con el tiempo, llegando a dejar de ser rentable a partir de cierta edad, que depende fundamentalmente del marco de plantación y del tipo de suelo. En plantaciones a marco de 6×6 metros, generalmente se admite que se debe labrar el suelo todos los años hasta el quinto o séptimo, abandonándose antes esta práctica en los suelos más húmedos y fértiles que en los más secos y pobres. Llega un momento en que los laboreos pueden hacerse perjudiciales por la posibilidad de dañar las raíces más superficiales de los árboles, sin aportar ninguna ventaja a cambio. Cuando los sistemas radicales de los chopos están ya bien instalados, sobre todo en los suelos aluviales, y en contacto con una capa freática permanente, el laboreo ya no es eficaz para mejorar la potencialidad que el medio pone a disposición del cultivo. Al mismo tiempo, la vegetación competidora que puede aparecer ve reducida sus posibilidades de pervivencia al disponer de menor luminosidad y espacio, sobre todo si la chopera ha alcanzado la tangencia de copas. Únicamente se justifican los laboreos en choperas adultas como medio preventivo para minimizar el riesgo de incendios.

El número de laboreos que hay que dar cada año varía de uno a tres. Por regla general, en los terrenos más arenosos de Castilla y León basta con una labor anual (laboreo sencillo), que se

debe realizar entre mediados de mayo y mediados de junio. Un laboreo precoz permitirá que la vegetación adventicia se reinstale rápidamente sin que se consiga, por tanto, eliminar la acción de su competencia. Un laboreo tardío tiene menos efectos sobre la captación e infiltración de las aguas de lluvia y, además, facilita la propagación de las semillas producidas por la vegetación que se pretende eliminar. En terrenos menos arenosos es indispensable, al menos, dos laboreos en el año (laboreo doble): el primero en marzo o abril y el segundo en el mes de junio (laboreo diferido).

El laboreo del suelo se suele realizar siempre con un tractor agrícola y un apero, que en la mayor parte de los casos es una grada de discos. Las ventajas de la grada de discos son que se trata de un apero cuyo coste es relativamente bajo, no suele sufrir averías y realiza un trabajo rápido; como inconvenientes se puede mencionar que su eficacia disminuye cuando el suelo está demasiado húmedo o demasiado compacto y que se necesita hacer varias pasadas cuando la vegetación competidora es muy densa. También se puede utilizar una grada de dientes o púas, aunque su eficacia es inferior a la de la grada de discos.

El trabajo debe ser siempre superficial, alcanzando entre 5 y 10 centímetros de profundidad (gradeo), para no dañar las raíces superficiales de los chopos. Igualmente, para no dañar estas raíces, en su ejecución es aconsejable respetar las zonas más próximas a los troncos, dejando sin labrar los 30 centímetros más cercanos a las plantas. Es conveniente trabajar siempre a la misma profundidad.



Laboreo con grada de discos



Laboreo sencillo



Laboreo cruzado

Si se dan dos laboreos en el año, conviene realizar el segundo en dirección perpendicular a la que se marcó en el primero (laboreo cruzado), para aumentar la eficacia de su acción. También es recomendable, cuando se ejecuta un solo laboreo anual, cruzarlo con respecto al realizado el año anterior.

Aunque la aplicación de herbicidas es un método muy eficaz y poco caro de eliminar la vegetación que compite con los chopos, no debe emplearse en las plantaciones, ya que con ellos se afecta negativamente a las aguas de la capa freática y a los cursos de agua.

6.2. Podas

La poda consiste en eliminar, mediante corta, algunas de las ramas vivas de un árbol. En el caso de los chopos, la poda tiene como finalidad la obtención de madera con las características de calidad y propiedades tecnológicas que demanda la industria. Lo más rentable es destinar la madera a la industria del desenrollo, lo que implica conseguir un fuste recto, limpio de nudos en sus primeras trozas y del mayor volumen posible. Teniendo presentes estos objetivos, existe una gran diferencia entre el precio de la madera procedente de una chopera bien podada y el de la madera que se obtiene de una chopera que no se ha podado o en la que la poda se ha realizado de manera deficiente.

Las podas no deben ser excesivas. Sobre todo en los primeros años, el árbol necesita la mayor cantidad de hojas para crecer y constituir sus reservas.

Hay dos tipos principales de podas: las podas de formación y las podas de conformación del fuste o podas propiamente dichas. Aunque parezca que los dos tipos de podas son independientes, ambos deben ser planificados en conjunto, de manera que se mantenga siempre un equilibrio entre la mejora de la calidad de la madera que se pretende conseguir y la cantidad de copa que el árbol necesita para mantener un adecuado nivel de sus procesos vegetativos. Además de estos dos, se puede hablar de un tercer tipo de poda: la monda o poda de chupones.

6.2.1. Poda de formación

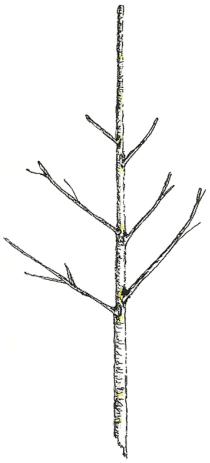
La poda de formación o poda de guía tiene como objetivo el desarrollo de la guía terminal, de manera que se asegure el crecimiento en altura del chopo a través de la consecución de un fuste recto. Además de favorecer el crecimiento en altura, la formación de un tallo individualizado y recto ofrece más garantías en cuanto a la resistencia frente a los empujes del viento.

La poda de formación se efectúa desde el año siguiente al de plantación. En clones con escasa dominancia apical ('B-1M', 'Branagesi', 'Canadá Blanco', 'I-214', 'I-454/40', 'Triplo') es indispensable efectuar este tipo de poda al menos los dos años siguientes al de plantación. En clones con una dominancia apical más marcada ('Anadolu', 'Beaupré', 'Boelare', 'Bordils', 'Dorskamp', 'Lux', 'Raspalje', 'Unal', '49-177'), bastará actuar sólo cuando la guía terminal se haya perdido por rotura accidental debida al viento, a algunas aves, a insectos o a otras causas. También habrá que practicar este tipo de poda en clones que pueden perder la guía por su sensiblidad al frío ('Guardi', 'Luisa Avanzo').

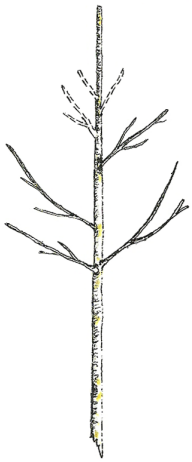
Para su ejecución, hay que tener en cuenta que, si la guía terminal está bien formada y es dominante sobre los brotes laterales, no será necesario podar; en este mismo caso, si hay riesgo de que alguno de los brotes laterales pueda dominar a la guía terminal al año siguiente, convendrá eliminarlos. Si la guía terminal está bien formada, pero es dominada por uno o varios de los brotes laterales, se deberá eliminar éstos para mantener la rectitud del fuste, aunque con ello se pierda algo de crecimiento en altura. Si se ha perdido la guía terminal, se debe sustituir por el brote lateral que presente mayor vigor y dominancia, eliminando los demás; en este último caso, también hay que tener en cuenta y favorecer, si es vigoroso, el brote lateral orientado al norte o el situado en oposición a los vientos dominantes.

Con cierta frecuencia se practica la poda de formación mediante el "pinzamiento" de las ramas laterales, es decir, cortando éstas a mitad de su longitud para evitar que sigan creciendo con vigor y dejen de competir con la guía principal. Sin embargo, la mayoría de las veces no se consigue contener su crecimiento y se necesita volver una segunda vez al poco tiempo para eliminarlas totalmente cortando a ras del fuste.

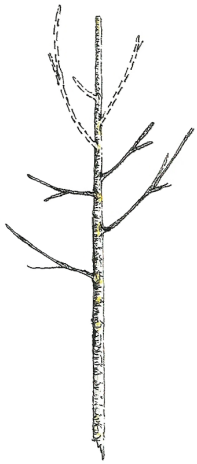
La mejor época de practicar la poda de formación es a finales del invierno o a principios de la primavera, antes de la foliación del árbol, con objeto de poder elegir adecuadamente las ramas que hay que cortar, ya que en verano quedan ocultas por las hojas. Es importante que la poda se realice en el período más próximo a la iniciación de la foliación del árbol, para que comience cuanto antes la cicatrización y las heridas permanezcan abiertas el menor tiempo posible.



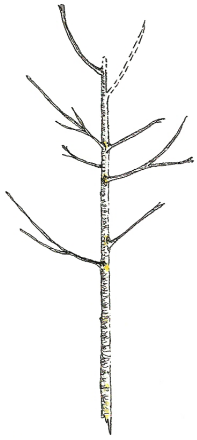
La guía terminal está bien formada y es dominante sobre los brotes laterales



Hay riesgo de que al año siguiente alguno de los brotes laterales domine a la guía terminal



La guía terminal está bien formada pero está dominada por alguno de los brotes laterales



La guía terminal se ha perdido y debe sustituirse por uno de los brotes laterales

El corte debe ser limpio y realizarse a ras de la base del tronco, sin dañar la corona cicatricial, en el punto de inserción con el fuste.

6.2.2. Poda de conformación del fuste

La poda de conformación del fuste tiene como finalidad la obtención de un fuste limpio de nudos, mediante la eliminación de las ramas laterales del árbol; al mismo tiempo, este tipo de poda contribuye a la formación de un tronco recto y cilíndrico. Hay que tener en cuenta que los espaciamientos indicados para la plantación de choperas permiten a los chopos disponer de espacios abiertos en los primeros años de la plantación, lo que facilita el desarrollo de ramas gruesas.

Este tratamiento cultural tiene gran importancia para la calidad del producto final. En el desenrollo, una cuchilla va cortando, en espiral y hacia adentro, la superficie de una troza de

chopo de dimensiones variables, obteniéndose una chapa de madera cuyo grosor depende de la posición relativa de la cuchilla con respecto a la troza que gira. La troza se desenrolla en la chapa hasta dejar un resto en forma de cilindro de 8-10 centímetros de diámetro. Este cilindro, llamado “rulo” o “curro”, se destina a otras utilidades de menor valor (trituración, quema, etc.). Por tanto, no es necesario que el centro de la troza, desde su eje hasta los 8-10 centímetros de diámetro esté libre de nudos, pero sí se busca que la chapa obtenida esté lo más limpia y sea lo más uniforme posible.

Por otra parte, no es bueno eliminar una gran cantidad de ramas, ya que es conveniente que el chopo disponga del mayor número de hojas para realizar sus funciones. Nunca debe podarse más de la mitad de la altura total del árbol; mantener el tercio inferior limpio de ramas es una medida adecuada, teniendo en cuenta además que en este tercio inferior se contienen los dos tercios del volumen de madera del fuste. Sin embargo, sí es una práctica aconsejable la eliminación de aquellas ramas en las que se observe una tendencia al engrosamiento más marcada que en las demás, para evitar que se produzcan, cuando se aborde la poda, heridas demasiado grandes que necesitan un largo período de cicatrización. Otra consecuencia de una poda excesiva es que el árbol reacciona con la aparición de brotes chupones, que deberán ser eliminados antes de que alcancen dimensiones que tengan efectos perjudiciales para la calidad de la madera.



Poda con serreta y pértiga



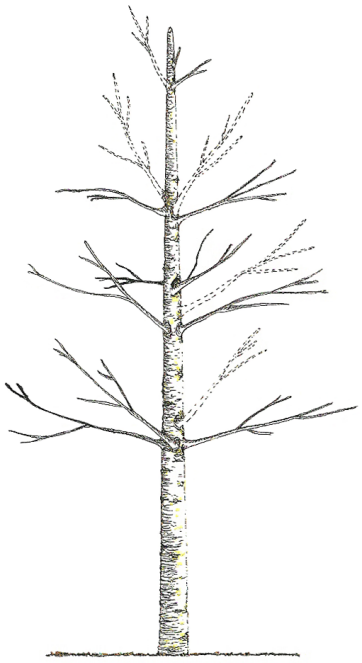
Cortes realizados correctamente

La mejor época para realizar la poda de conformación del fuste es en verano, de mediados de junio a finales de julio, cuando la cicatrización de las heridas es más rápida por ser en este período el crecimiento más intenso. Si se hace a finales de invierno, se puede simultanear con la poda de formación cuando ambos tipos de poda coinciden el mismo año.

La altura total alcanzada por la poda y el número de podas que hay que realizar deberá determinarse en cada caso, teniendo en cuenta que, cuanto más alta sea, más costosa y menos rentable será; como mínimo, debe obtenerse un tronco con los primeros 6 metros limpios de ramas y no sobrepasar la altura de 10 metros en los chopos de mayores crecimientos. En clones con tendencia a formar ramas gruesas ('B-1M', 'Branagesi', 'Canadá Blanco', 'Guardi', 'I-214', 'Luisa Avanzo' en buena estación, 'Mincio', 'Triplo'), la poda debe ser más atenta y continuada, efectuándose al menos desde el segundo año y siempre antes de que las ramas adquieran dimensiones que dificulten el proceso de cicatrización. Cuando se trata de clones con ramas finas ('Boelare', 'Raspalje'), las podas pueden comenzar más tarde y espaciarse más. En general, en las estaciones más fértiles los chopos presentan una mayor tendencia a la formación de ramas gruesas, ya que en ellas el crecimiento del árbol es más intenso.

De la misma manera que en la poda de formación, los cortes deben hacerse a ras del tronco, sin dañar el rodete de inserción o corona cicatricial. Las ramas gruesas deben cortarse pronto, antes de que adquieran dimensiones que dificulten el proceso de cicatrización después de la poda. Se suele admitir que el grosor de las ramas no debe sobrepasar los 6 centímetros para lograr una buena cicatrización de las heridas durante el período vegetativo; pero es mucho más conveniente que este grosor no sea superior a 4 centímetros.

Una forma de planificar conjuntamente los dos tipos de poda consiste en suponer que del árbol se puede extraer, en un momento dado, una determinada masa de ramas. Esta cantidad procederá, en primer lugar, de la poda de formación eliminando la horquilla terminal, si se ha formado, y los brotes laterales que pueden competir, dejando una sola guía. Después es conveniente quitar todas las ramas gruesas y las más propensas al engrosamiento. El resto provendrá de limpiar el fuste, actuando desde la base y subiendo cada vez por verticilos, mientras no se alcance el diámetro de 8-10 centímetros.



Elección de ramas que deben eliminarse

Cuando se trata de eliminar las ramas que tienen tendencia al engrosamiento, puede que no resulte

fácil su elección. En ocasiones, algunas ramas presentan ya una sección superior a la del resto y son éstas las que se eligen para la poda. Pero otras veces la elección debe hacerse sobre un conjunto de ramas que en ese momento tienen un grosor parecido. En estos últimos casos, debe tenerse en cuenta que las ramas que forman un ángulo de inserción más agudo con el fuste son las que tienen más tendencia a engrosar; que también engrosan más las ramas situadas en la zona de mayor insolación del fuste y las orientadas al exterior de la plantación en los árboles de borde; y que, si se observan dos ramas próximas con la misma orientación y tienen diámetros parecidos, la más alta es proclive a engrosar más que la situada más abajo.

6.2.3. Monda

La monda tiene por finalidad la conservación del fuste limpio de brotes chupones (brotes epicórmicos) cuando éstos han aparecido por haber practicado una poda de conformación excesiva o por haber podado chopos demasiado jóvenes.

Hay clones de chopos que presentan una tendencia muy marcada a la formación de brotes chupones después de una poda de limpieza del fuste; es el caso de los chopos balsamíferos y de muchos chopos interamericanos. Pero, en el caso de la mayoría de los clones euramericanos, la aparición de brotes chupones después de la poda es un síntoma de que la intervención ha sido demasiado intensa y el árbol reacciona produciendo nuevas ramas a todos los niveles.

Los brotes chupones suelen aparecer en los bordes de las zonas de inserción de las ramas podadas, es decir, en los límites de la zona cicatricial. Cuando la reacción del árbol ante la poda es muy intensa, aparecen también nuevos brotes a partir de yemas durmientes en otras partes del tronco. En la cara exterior del tronco de los árboles de borde de la chopera, donde la insolación es mayor, es más fácil que surjan chupones y, en este caso, su aparición no refleja necesariamente que se haya realizado una poda excesiva.

Los brotes chupones deben ser eliminados en el siguiente período vegetativo al de su aparición para que hayan sido efectivas las podas de conformación realizadas. La mejor época para suprimirlos es a mediados de julio, cuando ya se han formado y no da tiempo a que el árbol reaccione con un nuevo rebrote.

6.2.4. Herramientas de poda

Como herramientas de poda, lo más habitual es utilizar tijeras, podones o serretas, que pueden ir montadas o no sobre pértigas, dependiendo de la altura de las ramas que es necesario podar. Si se utilizan podones curvos o serretas, se debe dar un corte inicial en la parte baja de la rama; de esta manera se evita que se produzcan desgarramientos al caer la rama por su propio peso.

Nunca debe utilizarse herramientas que corten por percusión, como las hachas, pues con ellas es difícil efectuar un corte limpio. En general, con las hachas se producen heridas más grandes y es corriente que queden astillas de la rama insertas en el muñón. Tampoco parece dar buenos resultados, por su dificultad de manejo, la motosierra pequeña montada sobre pértiga, aunque en la pértiga vaya sólo la espada y el motor sea transportado por el operario a modo de mochila.



Brotes chupones



Brotes chupones en árboles de borde

Proporciona muy buenos rendimientos la poda con tijeras neumáticas accionadas por un compresor que va acoplado a la toma de fuerza de un tractor de ruedas. Las tijeras neumáticas pueden, igualmente, ir montadas sobre pértigas. La utilización de este tipo de tijeras permite un corte fácil y limpio de las ramas de mayor grosor con el mínimo esfuerzo, limitación que presentan las tijeras manuales, en especial si se emplean con pértiga.

Para las podas en altura, son muy útiles las plataformas fijas y las elevadoras. Las plataformas fijas son adecuadas cuando la altura de poda a que debe trabajar el operario se mantiene en un intervalo bastante constante, aunque siempre se tiene la posibilidad de usar pértigas para ampliar el campo de acción en las operaciones; a veces se combina la poda desde el suelo con la poda desde plataforma fija. Las elevadoras son autopropulsadas y se accionan mediante mecanismos hidráulicos y van provistas también de tijeras neumáticas; hay elevadoras en las que el operario podador, situado en una pequeña plataforma o cesta en el extremo de una pluma, controla no solamente el movimiento de ascenso y descenso de ésta, sino también el desplazamiento de la máquina por el suelo, siendo suficiente un solo operario en la realización de los trabajos de poda. Tanto las plataformas fijas como las elevadoras deben ir provistas de barras de protección para evitar la caída accidental de los operarios.

También hay sierras circulares neumáticas. Igualmente, se puede encontrar tijeras hidráulicas muy ligeras, alimentadas a través de tubos flexibles; son muy maniobrables y efectúan un corte progresivo de gran perfección. Asimismo, se puede disponer de tijeras eléctricas. Al utilizar



Serreta



Tijeras con pértiga



Poda con elevadora

tijeras, ya sean manuales, neumáticas o eléctricas, la hoja de corte debe situarse en la parte más cercana al fuste; de esta manera, el corte se puede efectuar a ras del rodete de inserción, sin dejar un muñón en el tronco.

Las herramientas de poda deben estar bien afiladas en todo momento y es conveniente desinfectarlas de vez en cuando, para evitar la propagación de enfermedades de un árbol a otro.

6.3. Fertilización

Al hablar de fertilización, hay que distinguir la fertilización en profundidad, realizada en el hoyo en el momento de la plantación, y la fertilización en superficie, una vez que los chopos están instalados.

Generalmente se admite que la fertilización en profundidad, realizada en el hoyo de plantación, tiene efectos positivos sobre el arraigo de las plantas, la brotación y el crecimiento, permitiendo acortar el turno de aprovechamiento de los chopos uno o dos años. Sin embargo, en experiencias realizadas en Castilla y León, no se ha observado ninguna diferencia de arraigo ni de crecimiento entre los pies plantados con aporte de distintos tipos de abono y los plantados sin esta fertilización.

Por su parte, la fertilización en superficie, cuando se realiza en los primeros años de la plantación, debe aplicarse en corona alrededor de la base de los árboles, pues los sistemas radicales todavía no han ocupado todo el espacio de suelo disponible. Una vez que lo han hecho, es mejor distribuir el abono por toda la superficie de la chopera.

La fertilización en corona tiene la ventaja de proporcionar nutrición a la planta sin que se aproveche de ello la vegetación competidora y, además, utiliza una menor cantidad de abono. Para proceder a su ejecución, se suele practicar una hendidura en el terreno con una pala, a una distancia de unos 15 centímetros de la planta y con una profundidad de 15 a 20 centímetros; después se introduce el abono en la hendidura y se tapa ésta. Es preferible que el abono no entre directamente en contacto con las raíces, porque podría quemarlas. Se aconseja utilizar abono en forma granular para que el efecto se prolongue durante todo el período vegetativo; los abonos en polvo persisten muy poco tiempo.

La fertilización sólo es conveniente en terrenos de escasa fertilidad y con mediana capacidad de retención de agua. En terrenos muy arenosos o muy arcillosos es inútil abonar, pues los chopos no aprovecharán los aportes de nutrientes. En terrenos fértiles el abonado no tendrá un efecto significativo sobre el crecimiento. Además de esto, hay que considerar, en cada caso, si compensa efectuar una inversión en fertilizaciones con el incremento de producción que, por ello, se espera obtener al final del turno.

En los terrenos en los que la fertilización puede dar buenos resultados, su aplicación durante los primeros años de la plantación hace aumentar el crecimiento de los chopos, que así alcanzan más pronto la tangencia de copas, posibilitando abandonar antes los trabajos de laboreo del suelo.



Tolva abonadora

Cuando existe vegetación herbácea en la chopera, el efecto de la fertilización sobre los árboles disminuye. Por eso conviene compaginar los abonados con la ejecución de los gradeos del suelo. En el caso de aplicación localizada de fertilizante en corona, el gradeo se realiza antes. Si la aplicación es generalizada en toda la superficie, el gradeo deberá darse inmediatamente después de la fertilización.

En general, el nitrógeno en forma amoniacal y el fósforo son los dos elementos esenciales para los chopos euramericanos. El potasio, por el contrario, puede tener un efecto depresivo. Por su parte, los chopos interamericanos y los clones de *Populus trichocarpa* reaccionan favorablemente al potasio, siendo aconsejable para ellos un abono complejo N-P-K.

En cuanto a la fertilización con materia orgánica, hay que tener en cuenta que un exceso en el aporte resulta siempre perjudicial para los chopos.

6.4. Riegos

Debido a la elevada exigencia que presentan los chopos por el agua, planificar el establecimiento de una chopera a raíz superficial supone, en la casi totalidad de los casos, tener que prever un aporte de agua mediante riegos. La instalación de sistemas de riego en parcelas que no disponen de ellos constituye generalmente una fuerte inversión en poco tiempo. Sin embargo, donde el aporte de agua está garantizado y hay posibilidades de regar sin limitación durante



Riego en chopera

todo el período vegetativo, la plantación superficial hace que la inversión inicial decrezca considerablemente. Por este motivo, un gran número de propietarios particulares se inclinan por la realización de plantaciones de este tipo.

Es muy importante asegurar en lo posible la aplicación de los riegos, especialmente en la época central del verano, cuando los chopos se encuentran en su máximo desarrollo. La falta de agua, aunque sea durante un breve período, puede reducir ostensiblemente el vigor de los árboles y predisponerlos al ataque de parásitos de debilidad.

Los caudales de agua que hay que aportar en el riego de choperas oscilan entre 2.500 y 4.500 m^3 por hectárea y temporada, dependiendo de la edad de la chopera y de las características del terreno, siempre que se distribuyan de manera apropiada; si no se distribuyen bien, se puede llegar a necesitar hasta 8.000 m^3 por hectárea y temporada. Es preferible dar riegos espaciados, cada semana o 15 días y con un caudal abundante, en vez de otros más frecuentes y con menos cantidad de agua, porque en el primer caso se favorece la formación de un sistema radical más desarrollado y profundo.

6.5. Cultivos intercalares

Los cultivos intercalares son cultivos agrícolas que se compaginan con las plantaciones de chopos en los primeros años del turno. Para el establecimiento de choperas con cultivos

intercalares, se suele adoptar marcos de plantación rectangulares: los chopos se plantan en líneas separadas entre sí una mayor distancia que la existente entre los pies de la misma línea. Se cultivan las calles que quedan entre las líneas, cuya anchura puede llegar a los 10 metros. De esta manera, se facilita la insolación del cultivo que acompaña al de los chopos.

El tiempo en que se puede compaginar el cultivo de chopos con un cultivo intercalar no suele pasar de cinco años. El cultivo intercalar se abandona cuando las copas de los chopos se desarrollan lo suficiente para impedir la insolación que necesita el cultivo complementario.

También se practican cultivos intercalares en choperas plantadas a marco regular. En este caso, la duración del cultivo intercalar es inferior, de 1 a 3 años, ya que la falta de luminosidad sobreviene antes que con marcos rectangulares. Pero la utilización de marcos regulares contribuye a evitar la aparición de tableadura en los árboles, defecto que se produce cuando la sección transversal del tronco tiende a ser elíptica u ovalada debido a la distinta intensidad de competencia a que están sometidos los chopos en las dos direcciones del marco.

Los chopos pueden aprovecharse de los cuidados culturales dedicados al cultivo intercalar, como la fertilización o los riegos. Pero hay que tener en cuenta que los productos utilizados en el cultivo intercalar deben ser compatibles con los chopos.

En los trabajos del cultivo intercalar, es importante no pasar con las máquinas y los aperos muy cerca de los árboles plantados, dejando al menos una distancia de 50 centímetros desde el pie de los chopos, para evitar que se produzcan heridas a los troncos y a las raíces. Igualmente, los



Cultivo intercalar

laboreos del suelo no deben ser demasiado profundos, sino que su profundidad debe ser similar a la alcanzada por los realizados para el control de la vegetación competidora con los chopos.

Un caso particular de cultivo intercalar es el practicado en algunas regiones españolas, realizando simultáneamente la plantación de chopos a marco definitivo compaginada con la plantación de otras especies de árboles, generalmente con destino ornamental. Se ha empleado con cierta frecuencia la plantación de plátanos de sombra (*Platanus hispanica*), que se alternan con los chopos en una misma fila. El marco de plantación inicial del conjunto de las dos especies es de 3×6 metros. Después del tercer año desde la plantación, se extraen los plátanos de sombra para su comercialización y queda la chopera en masa pura a marco de 6×6 metros hasta el final del turno de aprovechamiento.

El cultivo de chopos es compatible con la obtención de otros aporvechamientos que no son propiamente cultivos intercalares. Entre ellos, se puede mencionar el aprovechamiento de los pastos por ganado, una vez que los chopos han alcanzado dimensiones suficientes para no ser perjudicados por los animales. La recogida de setas es otro beneficio que puede obtenerse de las choperas.

7. Plagas y enfermedades de los chopos

La populicultura clonal utilizada desde que se seleccionaron los primeros genotipos con características favorables para el cultivo ha permitido un aumento considerable de la producción de madera de chopo y de su calidad, pero también ha facilitado la aparición y extensión de plagas y enfermedades provocadas por patógenos que se adaptan a la biología de los chopos y ocasionan daños que pueden tener graves repercusiones económicas. Por ello, la resistencia a determinadas plagas y enfermedades es un elemento que se ha incorporado a los programas de mejora genética para la selección y obtención de nuevos clones que respondan a las condiciones de los cultivos actuales. Al mismo tiempo, esta populicultura tradicional, basada en el establecimiento de grandes superficies monoclonales, ha ido evolucionando de manera que ahora se considera la diversificación de clones como una estrategia de defensa.

Siguiendo el esquema tradicional utilizado para el estudio de las adversidades de las especies forestales, se puede dividir éstas en plagas y enfermedades. Las plagas se refieren casi exclusivamente a los daños causados por los insectos, mientras que como enfermedades se considera todas las demás adversidades, ya sean debidas a organismos vivos (enfermedades bióticas) o a otras causas (enfermedades abióticas).

Las plagas y las enfermedades de los chopos son muy numerosas y extremadamente variables, desde virus y bacterias a hongos y mamíferos. La mayor parte de estos organismos perjudiciales presentan una especificidad marcada y atacan con mayor efectividad a determinados genotipos o grupos de chopos. Hay agentes dañinos que atacan a chopos sanos y con buen estado vegetativo, pero otros únicamente ocasionan daños en los árboles que han sufrido una merma de su resistencia. Estos últimos agentes son los llamados “parásitos de debilidad” y “enfermedades

de carencia", que actúan en choperas demasiado densas y en los árboles plantados en sitios con condiciones ecológicas desfavorables; causan daños frecuentes, pero pueden evitarse mediante la aplicación de una selvicultura adecuada.

7.1. Plagas

Los insectos que alcanzan niveles de plaga en los chopos se suelen agrupar en defoliadores, perforadores y chupadores. Entre los defoliadores tienen importancia la mariposa blanca del chopo (*Leucoma salicis*) y la melasoma (*Chrysomela populi*). Dentro de los perforadores están muy extendidos la oruga perforadora del chopo (*Paranthrene tabaniformis*), la sesia (*Sesia apiformis*), el gorgojo perforador (*Cryptorrhynchus lapathi*), el escarabajo perforador del chopo (*Melanophila picta*) y el perforador de yemas (*Gypsonoma aceriana*). Como insectos chupadores se pueden citar el pulgón lanígero (*Phloeomyzus passerinii*) y la serpeta (*Lepidosaphes ulmi*).

***Leucoma salicis* L.** (Mariposa blanca del chopo)

El adulto es una mariposa de color blanco brillante, con 3,5-5 centímetros de envergadura alar, siendo el macho más pequeño que la hembra. La oruga es al principio negra y peluda; en el último estadio presenta manchas blancas o amarillentas redondeadas a lo largo del cuerpo, con mechones de pelos amarillos en los flancos. Tiene dos generaciones a lo largo del año. Las orugas se alimentan de las hojas y brotes jóvenes de los chopos, llegando a defoliar completamente los árboles, lo que hace que los daños sean muy espectaculares. Ataca a chopos de todas las edades y puede provocar dos defoliaciones severas durante el período vegetativo; la primera tiene lugar en la primavera y principios del verano, producida por las orugas de la generación invernante; entonces, los chopos reaccionan en pleno verano con otra foliación que es devorada por las orugas de la generación estival. Su acción se traduce en un debilitamiento generalizado de los árboles, que facilita el ataque de otros insectos y de hongos



Leucoma salicis

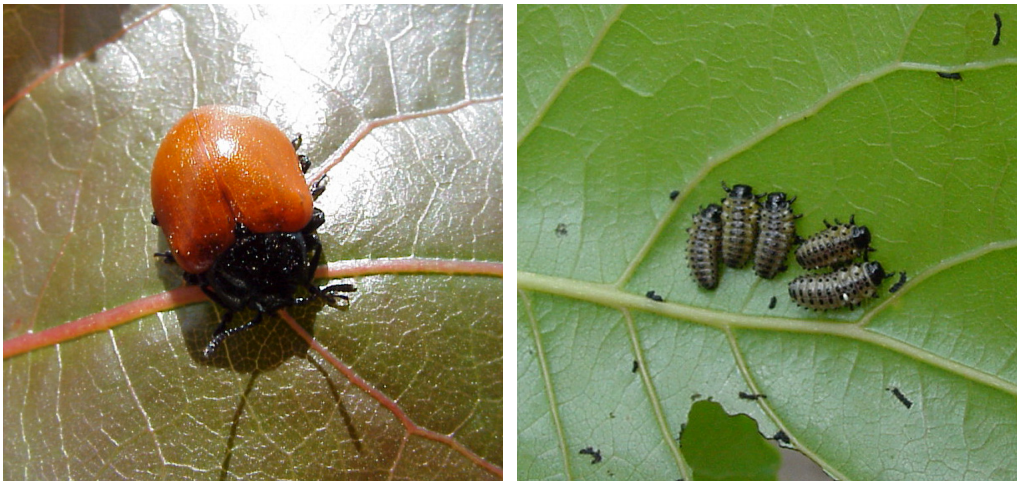
parásitos, y una disminución de su crecimiento en el año en el que se produce la infestación. Si los ataques se repiten varios años consecutivos, pueden ocasionar el decaimiento generalizado y la muerte de los árboles.

Los tratamientos químicos están poco justificados contra *Leucoma salicis*, pues los chopos tienen una gran posibilidad de recuperación después de los ataques. Cuando es imprescindible actuar, se debe preferir los insecticidas biológicos (*Bacillus turingiensis*) o productos químicos de bajos inconvenientes ecológicos, como los inhibidores de la quitina. Estos tratamientos se aplican preferentemente contra las orugas jóvenes, en el mes de abril para la generación invernante y en el mes de julio para la generación estival.

Se ha observado una mayor sensibilidad en algunos clones ('I-214', 'MC', 'Branagesi'), mientras que otros presentan una buena resistencia ('Raspalje', 'Beaupré').

***Chrysomela populi* L.** (Melasoma, escarabajo rojo del chopo)

La melasoma es un coleóptero defoliador. El adulto mide alrededor de 1 centímetro de longitud y tiene la cabeza y el pronoto negros y los élitros de color rojo brillante con una mancha negra en la base. La larva es oscura al principio y, al crecer, se va haciendo más pálida; en su máximo crecimiento es de color blanco amarillento con manchas negras. Ataca generalmente en focos bien localizados dentro de las plantaciones de chopos, siendo éstos muy sensibles a los ataques hasta el tercer año desde que se realizó la plantación; los daños pueden ser especialmente graves cuando se producen en los viveros. Si los ataques son intensos o si se repiten varios años, puede defoliar completamente los chopos, dando lugar a pérdidas apreciables del crecimiento, provocando una mala lignificación y ocasionando un debilitamiento que facilita la acción de hongos patógenos o de otros insectos como los perforadores. Debido a que tanto las larvas como los adultos se alimentan de las hojas, los daños pueden producirse



Chrysomela populi

durante todo el período de actividad del insecto, es decir, desde el mes de abril hasta mediados o finales de octubre. Las larvas jóvenes se nutren exclusivamente de la epidermis del envés y del parénquima, dejando intacta la epidermis del haz; por su parte, las larvas de los últimos estadios y los adultos son especialmente voraces y dejan únicamente los nervios principales de las hojas.

La lucha contra la melasoma es de tipo químico y se realiza únicamente en caso de infestaciones muy fuertes, especialmente en los viveros. Los tratamientos se aplican cuando emergen los adultos en primavera; se usan los inhibidores de la quitina y *Bacillus turingiensis*. También en los viveros, es buena medida retirar las hojas caídas al suelo al final del período vegetativo, eliminando así los refugios invernales de los adultos. El tratamiento preventivo consiste en la utilización de clones más resistentes, como los híbridos interamericanos.

***Paranthrene tabaniformis* (Rott.)** (Oruga perforadora del chopo)

Se trata de una mariposa que se parece mucho a una avispa, debido a que presenta el cuerpo con bandas amarillas y negras, aunque sin el estrechamiento al comienzo del abdomen típico de las avispas. La oruga es más blanca al principio y luego tiene la cabeza de color marrón y el cuerpo blanco hueso con el vaso dorsal rojizo, con dos ganchitos en el último segmento. Esta oruga es un perforador de la madera de chopos, que casi siempre elige árboles jóvenes con diámetro inferior a 15 centímetros. Los daños inciden directamente en la calidad de la madera, a causa de las galerías ascendentes que construye el insecto. Si los árboles jóvenes superan el ataque, las zonas afectadas quedan restringidas al centro del tronco, casi siempre englobadas en el cilindro de deshecho del desenrollo; si las galerías son muy numerosas o exceden el



Paranthrene tabaniformis



Trampa de feromonas

cilindro de deshecho, la madera queda inutilizada para sus aplicaciones habituales; en viveros, las plantas atacadas se deprecian y se hacen inútiles para su comercialización. Un gran peligro lo constituye el viento, que puede partir los chopos jóvenes por las zonas afectadas en las que el insecto ha construido las galerías. Además, los orificios practicados en los fustes pueden ser vías de penetración de otros patógenos.

Es muy importante el control de este insecto en los viveros, para evitar su difusión con la distribución de los plantones a los sitios de plantación. El mejor tratamiento preventivo es la utilización de plantas sanas y vigorosas, sin síntomas de presencia del parásito. En plantación, se debe eliminar las ramas o los pies afectados. También como tratamiento preventivo o como complemento de los tratamientos curativos, se utilizan trampas a base de feromonas sexuales específicas, que atraen y capturan a los machos de la especie impidiendo o reduciendo la fecundación de las hembras.

***Sesia apiformis* Clerck** (Sesia)

Al igual que *Paranthrene tabaniformis*, el adulto de este lepidóptero se asemeja a una avispa por tener anillos amarillos y negros en el cuerpo, de la que se distingue por la falta del característico estrechamiento en el comienzo del abdomen. Cuando nacen, las orugas tienen la cabeza de color marrón y el abdomen blanco, con un pequeño gancho en el último segmento, lo que las diferencia de las de *Paranthrene tabaniformis*, que tienen dos; en la madurez alcanzan 5,5 centímetros de longitud. Este insecto presenta una generación cada dos años y ataca a chopos de todas las edades, incluso a los de grandes dimensiones. Las orugas son muy móviles y excavan galerías en la base del tronco o en el cuello de la raíz en sentido descendente hacia las raíces, que rompen los tejidos conductores y afectan a la circulación de la savia, provocando un debilitamiento del árbol y un ennegrecimiento que deprecia la madera de la zona atacada. En los árboles jóvenes, la formación de las galerías produce también una disminución del crecimiento con peligro de rotura por la acción del viento. La presencia de elevada humedad en el suelo favorece los ataques de la sesia.



Sesia apiformis

Los tratamientos químicos se aplican en la base del tronco con insecticidas de contacto, hasta un metro de altura. Es más efectiva la eliminación de los pies infectados, si el ataque no es generalizado, para evitar la expansión de la plaga.

***Cryptorrhynchus lapathi* L.** (Gorgojo perforador)

Es un coleóptero perforador cuyas larvas son blancas con la cabeza marrón, sin patas, que en la madurez alcanzan 1 centímetro de longitud. Los adultos, que tienen una limitada capacidad de desplazamiento activo, realizan picaduras para alimentarse; cuando éstas tienen lugar sobre los brotes jóvenes de los chopos, pueden provocar ahorquillamientos en los tallos y necrosis más o menos importantes. Pero son más graves los daños producidos por las larvas al excavar las galerías, que pueden anillar completamente los chopos jóvenes y matarlos; aunque no mueran, la madera queda depreciada y los troncos pueden ser tronchados por la acción del viento. Los ataques de las larvas se pueden detectar por las excrecencias características, que producen un oscurecimiento de la zona afectada de la corteza y el levantamiento de ésta. Las plantas atacadas en vivero pierden todo valor para su comercialización. En los chopos adultos, las larvas tienen preferencia por las ramas jóvenes y normalmente no ocasionan daños de relevancia económica. Se ha constatado que los árboles más atacados son los que se encuentran en el centro de las plantaciones y los que vegetan en los suelos más fértiles.



Cryptorrhynchus lapathi

Los tratamientos químicos sólo son eficaces cuando aparecen los adultos y atacan los ramillos jóvenes o justo antes de la puesta. Hay distinta sensibilidad entre los clones de chopos, ya que las hembras de *Cryptorrhynchus lapathi* se sienten más atraídas por los árboles de corteza rugosa para realizar las puestas.

***Melanophila picta* (Pallas)** (Escarabajo perforador del chopo)

La presencia de este coleóptero perforador suele ser un síntoma de las malas condiciones en que vegetan los chopos jóvenes. Los adultos tienen el cuerpo de forma oval, de 1 a 1,4 centímetros de longitud, de color negro con manchas amarillo-rojizas sobre los élitros. Las hembras ponen los huevos aisladamente, en grupos de tres a seis, en las resquebrajaduras de la corteza de la parte baja de los troncos, eligiendo para ello los árboles más debilitados o los que presentan heridas. Las larvas se introducen en la zona cambial, bajo la corteza, produciendo un necrosamiento con un posterior desprendimiento de placas de corteza, lo que debilita aún

más a los chopos al interrumpirse la circulación de la savia. Después pasan a la madera, donde practican galerías de sección elíptica, ascendentes o descendentes, que afectan a su calidad cuando no se restringen al cilindro que queda como resto después del desenrollo de las trozas. Las galerías permanecen rellenas de un fino serrín de color marrón, muy característico, que facilita su diagnóstico.

Los tratamientos químicos se aplican sobre los troncos contra los adultos, antes de que realicen las puestas. En ataques poco intensos de las larvas en el tejido subcortical, se puede levantar la parte de corteza afectada y destruir mecánicamente los insectos. En los viveros, se debe eliminar las plantas atacadas por el escarabajo perforador del chopo para impedir su difusión a las zonas de plantación.





Melanophila picta

Gypsonoma aceriana **(Dup.)** (Perforador de yemas)

Es una pequeña mariposa que produce daños de poca consideración en los chopos adultos, pero es uno de los patógenos más importantes de los viveros de chopos. Las orugas llegan a alcanzar 0,8-1,0 centímetros de longitud, tienen color claro amarillo-rojizo, con una mancha oscura en el pronoto y la cabeza también oscura. Estas orugas se alimentan en primer lugar de las hojas y después penetran en las yemas y en el extremo de los brotes tiernos. Causan debilitamientos generales y malformaciones de los plantones. Los daños en las hojas producen una reducción del crecimiento y los brotes dañados tienen también menor crecimiento. Cuando se daña la yema terminal o el brote apical, se producen malformaciones y la emisión de ramas laterales que aparecen en sustitución de la guía terminal, haciendo las plantas no aptas para la comercialización. Además de los producidos en los viveros, no son raros los ataques a plantaciones de un año. También es una plaga común de los chopos ornamentales jóvenes en las ciudades.

Los mejores métodos de lucha contra *Gypsonoma aceriana* consisten en utilizar clones de chopos poco sensibles a su acción; son más atacados los clones interamericanos y los de *P. trichocarpa*, mientras que los deltoides son más resistentes; los euramericanos presentan una variada sensibilidad. En plantaciones hay que cortar y destruir las ramas atacadas y eliminar los árboles más gravemente dañados. También se reducen los ataques eliminando la vegetación en el terreno y desestimando para el cultivo los suelos secos y arenosos. Debido a que las poblaciones del parásito son generalmente muy elevadas, en los viveros afectados se aconsejan los tratamientos químicos con insecticidas sistémicos contra las orugas jóvenes cuando se encuentran alimentándose sobre las hojas.



Gypsonoma aceriana



Daño por *Gypsonoma aceriana*

***Phloeomyzus passerinii* (Sign.)** (Pulgón lanígero del chopo)

Este hemíptero, que vive en colonias, presenta hembras vivíparas ápteras, hembras ovíparas aladas y machos alados. Las hembras vivíparas ápteras son las más observadas, son de color verde amarillento, de hasta 1,2 milímetros de longitud y están recubiertas por secreciones cerosas blanquecinas o grisáceas. Los ataques tienen lugar en choperas adultas, cuando ya se ha producido la tangencia de copas. El parásito se alimenta del parénquima cortical de los árboles, introduciendo su aparato chupador a través de la corteza del chopo, inyectando a la vez una sustancia irritante que produce reacciones en los tejidos del árbol y provoca la desecación y el agrietamiento longitudinal de la corteza, la necrosis de la madera y la interrupción de la circulación de la savia, con perturbaciones del mecanismo de transferencia del agua y de las sustancias nutritivas en el fuste. Como consecuencia de estas alteraciones, el árbol se debilita, el crecimiento del leño disminuye y las partes que se encuentran por encima de la zona atacada mueren. Los ataques suelen comenzar en la parte alta del tronco y las colonias van descendiendo; cuando la infestación se generaliza, todo el chopo muere.

Los tratamientos químicos contra este parásito solo son efectivos si se realizan al principio de la infestación, cuando el insecto no ha desarrollado completamente sus colonias sobre los árboles infestados. El producto autorizado para estos tratamientos es alfa-cipermetrín, que no da buenos resultados. En su lugar puede usarse una mezcla de dimetoato y metil clorpirifos con un mojante, pero este tratamiento requiere un permiso oficial para cada caso concreto. En las zonas más frecuentemente afectadas por el parásito o en caso de ataques intensos y generalizados, los únicos tratamientos posibles son los preventivos, recomendándose la utilización de clones más resistentes; éstos suelen ser los que poseen una corteza más lisa, en la que el insecto no encuentra refugio ni facilidad para introducir su aparato chupador.



Phloeomyzus passerinii

***Lepidosaphes ulmi* L.** (Cochinilla, serpeta)

El adulto de este hemíptero está protegido por una cubierta cerosa de color marrón grisáceo, con forma de concha de mejillón, que se establece sobre el tronco de los chopos. La cubierta de la hembra mide 2-3 mm de longitud y es muy convexa; la del macho, que es alado, es más pequeña, de 1,5 mm, más recta. Después de la oviposición, los huevos, blancos y minúsculos, se encuentran debajo de la cubierta de la hembra, en número de 20 a 40; así pasan el invierno. Al nacer, las ninfas se desplazan en busca de un lugar de la corteza adecuado para fijarse y, cuando se han establecido, pierden las patas. Se trata de un chupador que ataca a numerosas especies, entre las que se encuentran las del género *Populus*, principalmente en edad adulta. El daño que produce se debe a la succión de la savia para alimentarse y a la inyección de toxinas. Sólo en caso de ataques severos produce el decaimiento general del árbol, con pérdida apreciable del crecimiento y secado de ramas.



Lepidosaphes ulmi

Los tratamientos químicos contra este insecto no suelen estar justificados. Entre los

tratamientos preventivos que pueden aplicarse, se incluyen la poda de la chopera para favorecer su aireación y la reducción de abonos nitrogenados.

7.2. Enfermedades bióticas

Las enfermedades bióticas pueden deberse a hongos, bacterias, virus y algunos vegetales superiores. Las más extendidas están causadas por los hongos defoliadores, entre los que cabe mencionar a la defoliación primaveral (*Venturia populina*), la marsonina (*Marssonina brunnea*) y las royas (*Melampsora* spp.). En los últimos años se ha observado un aumento de los daños producidos por la bacteria *Lonsdalea populi*.

***Venturia populina* (Vuill.) Fabric.** (Defoliación primaveral)

Desde hace tiempo, la defoliación primaveral viene ocasionando daños importantes en todas las zonas dedicadas a la populicultura y también en Castilla y León. La extensa incidencia que tuvo esta enfermedad en Italia en la primera mitad del siglo XX fue el motivo de la selección de algunos clones más resistentes, como 'I-214'. Cuando actúa el patógeno, las hojas atacadas se ennegrecen y se desecan muy rápidamente, provocando defoliaciones en primavera que suelen producirse cuando coinciden con períodos muy húmedos. Las manchas necróticas son irregulares y puede observarse una capa de esporas de color verde oliva que cubre la superficie afectada de las hojas. El hongo daña también los pecíolos y las ramillas finas, que se encorvan en forma de cayado y se marchitan. Asimismo puede afectar a las yemas durmientes. Las primeras hojas que brotan son las más sensibles a los daños del patógeno y su acción puede observarse avanzar desde la parte superior de las copas hacia las ramas más bajas. La pérdida de las hojas da lugar a una disminución apreciable del crecimiento del árbol el año del ataque. Los ataques intensos pueden causar la malformación con pérdida de guía de los árboles jóvenes, que adquieren una apariencia arbustiva. Por su aspecto, estos daños pueden confundirse con los ocasionados por las heladas tardías que también tienen lugar a principios de la primavera.



Venturia populina

Se puede combatir el hongo en invierno, podando y destruyendo las ramillas dañadas

para evitar la formación de esporas y la aparición de nuevos ataques en la primavera siguiente. Pero los tratamientos más efectivos son los preventivos, utilizando en las plantaciones clones más resistentes a la acción de este patógeno.

***Marssonina brunnea* (Ell. Et Ev.) Magn.** (Marsonina)

Este hongo causa una grave enfermedad en los chopos, provocando la aparición de manchas marrones con la parte central más clara. Las manchas se van uniendo hasta afectar a toda la hoja, que se vuelve de color marrón y seguidamente cae al suelo. La defoliación prematura da lugar a una importante disminución del crecimiento del año y el debilitamiento general de la planta, haciéndola susceptible al ataque posterior de otros patógenos. La enfermedad se inicia en las ramas más bajas y va ascendiendo hacia las partes superiores de la copa; con frecuencia, queda sólo un plumero de hojas en la parte apical del árbol. La caída prematura de las hojas tiene también una repercusión sobre la foliación del año siguiente al del ataque, produciéndose un retraso y una disminución en la brotación de las yemas. Si ocurren fuertes ataques repetidos, los árboles pueden morir.



Marssonina brunnea

En las choperas de Castilla y León se han detectado con cierta frecuencia focos de marsonina debidos a ambientes con elevada humedad por exceso de riegos en los períodos calurosos del año. Es corriente que se produzcan ataques asociados de *Venturia populina* y *Marssonina brunnea*.

Contra la marsonina se utilizan medios preventivos eligiendo clones más resistentes; de hecho, la resistencia a los ataques de marsonina constituye uno de los criterios de selección en los programas de mejora. Colaboran a su contención el enterramiento de las hojas atacadas mediante un laboreo del suelo en invierno y la poda de los ramillos infectados. En caso de ataques graves y repetidos, se puede recurrir a la lucha química, que debe realizarse desde la aparición de las manchas marrones.

***Melampsora* spp.** (Royas)

Las royas son enfermedades foliares provocadas por hongos del género *Melampsora*. El nombre común proviene del aspecto de las manchas anaranjadas que aparecen en verano sobre las hojas infectadas, que recuerdan el óxido sobre el hierro. En el haz de las hojas caídas al suelo se observan puntos marrones que después se vuelven de color negro. Entre las royas que causan daños en los chopos, en España se encuentran *Melampsora allii-populina* Kleb., que ocasiona daños principalmente en los viveros, y *Melampsora larici-populina* Kleb., que está



Melampsora larici-populina

considerada como una de las enfermedades más problemáticas de las plantaciones de chopos desde el punto de vista económico. Las royas provocan la caída precoz de las hojas de los árboles infectados, lo que da lugar a una pérdida de crecimiento durante el año del ataque, una deficiente lignificación de los ramillos y una disminución en la acumulación de reservas al final del período vegetativo. En la primavera siguiente, el árbol retrasa su foliación y se produce también una pérdida de crecimiento durante este año. Si los ataques se repiten, los árboles pierden vigor y se favorece la instalación y la proliferación de parásitos de debilidad, sobre todo en los chopos jóvenes y en los clones más sensibles. La propagación de la enfermedad se ve favorecida por un ambiente húmedo y fresco en primavera y verano, mientras que las condiciones secas y cálidas pueden impedir el desarrollo del hongo.

Los únicos tratamientos eficaces son los preventivos, aplicando unos buenos cuidados culturales (gradeos, podas) en las choperas y empleando clones más resistentes a las royas. Pero nunca deben plantarse clones que presenten una resistencia total a las distintas razas de las royas, debido a la facilidad que presenta este hongo para adaptarse a las nuevas condiciones y romper esa resistencia.

Lonsdalea populi (Chancro bacteriano del chopo)

Este chancro del chopo está provocado por la acción de una bacteria descrita recientemente, perteneciente al género *Lonsdalea* (=*Brenneria*), que se ha detectado en choperas de Castilla y León desde hace pocos años. La enfermedad se caracteriza por la aparición de manchas oscuras en el tronco y las ramas principales de los chopos, que se van extendiendo paulatinamente, acompañadas de una exudación de color variable. Al levantar la corteza, se observa en ésta y en el cámbium lesiones internas de color pardo o rojizo. El árbol afectado se debilita y se produce en él una defoliación prematura; como consecuencia del ataque, la madera se deteriora y el chopo termina muriendo. La enfermedad se transmite de unos árboles a otros por la lluvia y el viento.

Por el momento, no se conocen tratamientos preventivos o curativos contra esta enfermedad. Se tiene la creencia de que ataca a chopos debilitados previamente por otras causas bióticas o abióticas, aunque este supuesto no está confirmado. Se aconseja la corta y destrucción de los pies afectados, para evitar la extensión de los daños.

Se ha observado una distinta susceptibilidad clonal a esta bacteria en una localización con 33




Lonsdalea populi

clones; ordenando de mayor a menor resistencia los clones incluidos en el catálogo de Castilla y León, se tiene: 'I-214' > 'MC' > 'Triplo' = 'Beaupré' = 'Branagesi' = 'I-454/40' = Raspalje' = 'Unal' = Agathe F > '49-177'.

7.3. Enfermedades abióticas

Dentro de las enfermedades abióticas, se puede considerar las causadas por perturbaciones de origen climático (frío, viento, granizo, rayos, insolación), las causadas por condiciones edáficas desfavorables y las causadas por contactos con sustancias tóxicas. Algunas de estas adversidades pueden prevenirse o mitigarse con el empleo de los clones mejor adaptados a la estación y realizando una buena gestión populícola.

En Castilla y León, las enfermedades abióticas están originadas principalmente por factores climáticos. Los daños debidos al frío se manifiestan en especial con la ocurrencia de heladas tempranas y de heladas tardías; sobre todo estas últimas, afectan a las yemas en brotación y a las hojas recién brotadas, que se ennegrecen y pierden su capacidad fotosintética. Además, los fríos intensos del invierno pueden "quemar" los tejidos jóvenes del tronco y causan a veces fendas longitudinales de heladura, que aparecen con mayor frecuencia en las áreas en las que existe una elevada humedad ambiental y que suelen dañar la parte del fuste orientada a los cursos de agua; estas fendas de heladura permiten la entrada de los parásitos de debilidad.

El viento puede ocasionar la caída de los árboles que no están suficientemente anclados en el terreno, sobre todo cuando se producen vendavales al mismo tiempo o inmediatamente después de fuertes lluvias que dejan el suelo con excesiva humedad. Aunque no llegue a tumbar los árboles, los vientos dominantes pueden hacer que los chopos se inclinen permanentemente. Otra consecuencia del viento es la pérdida de la guía principal por rotura, lo que ocurre en clones de chopos que se caracterizan por las grandes dimensiones de sus hojas.

El granizo que tiene lugar durante el período vegetativo ocasiona la caída de las hojas y produce heridas en la corteza de los chopos jóvenes, cuando todavía es fina, facilitando la posterior penetración de parásitos perjudiciales.

Los daños debidos a los rayos se consideran anecdóticos por su escasa frecuencia pero, cuando se producen, perjudican la madera de los árboles haciéndola inutilizable para los principales usos industriales.

La excesiva insolación puede dar lugar a fendas longitudinales en los troncos, seguidas del tronchamiento de los fustes. En ocasiones, esto ocurre con la repentina puesta en luz de las primeras filas de árboles de una chopera, después del aprovechamiento de la chopera adyacente. Los daños por excesiva insolación aparecen con más frecuencia en las exposiciones sur y sudoeste durante los períodos en los que se produce una escasez de agua en el suelo. Los chopos jóvenes y los clones interamericanos son más proclives a sufrir estos daños, debido a la delgadez de su corteza.

En cuanto a las condiciones edáficas desfavorables, en ocasiones se ha observado la mortalidad de choperas por causa de la alteración del nivel de la capa freática cuando se realizan grandes movimientos de tierras, por ejemplo, en la construcción o acondicionamiento de carreteras.



Daños por temporal de viento y agua



Fenda

7.4. Consideraciones sobre los tratamientos

En general, las plagas son menos peligrosas que los hongos, bacterias y virus, ya que se suele conocer bien el ciclo biológico de los insectos dañinos y se dispone de medios eficaces para su combate. Se debe luchar contra los insectos defoliadores solamente en los casos de verdadera necesidad, es decir, cuando causan pérdidas apreciables de la copa o cuando atacan a plantas muy jóvenes o ya debilitadas por otra adversidad. Contra las larvas de lepidópteros se puede emplear productos absolutamente inocuos para la entomofauna útil, mientras que contra los coleópteros a veces hay que emplear productos menos selectivos; el objetivo no es eliminar totalmente el insecto dañino, lo que ejercería una gran presión selectiva que induciría su evolución para adaptarse a la nueva situación, sino llevarlo a un nivel aceptable que permita su convivencia con el cultivo de chopos. Contra los hongos, los mejores tratamientos son siempre los preventivos, aplicando unas técnicas de cultivo adecuadas y utilizando clones más resistentes a determinadas enfermedades.

La mejor premisa para combatir las plagas y enfermedades consiste en cultivar los chopos en las mejores condiciones para evitar su debilitamiento y reducir su sensibilidad a los patógenos. Para ello, se debe elegir los clones mejor adaptados a las características de la estación en la



Tratamiento de plagas

que se va a realizar la plantación. También es importante la utilización de marcos amplios, que mantienen el vigor de los pies al no sufrir éstos una competencia excesiva. Se debe eliminar los tocones cuando ha habido una plantación anterior, ya que su presencia favorece la aparición de hongos de pudrición. Las plantas procedentes del vivero deben estar sanas, desarrolladas y bien lignificadas para conseguir un arraigo rápido y seguro. La profundidad de la plantación debe ser la suficiente para asegurar la estabilidad de las plantas y el aprovisionamiento de agua. Con unos tratamientos culturales apropiados se mejora tanto la producción de la chopera como su defensa ante posibles ataques de hongos o insectos.

8. Comercialización de la chopera

La industria de primera transformación requiere madera de buena calidad y ésta es la que alcanza los mejores precios de venta. La calidad se consigue con plantaciones realizadas correctamente y con un seguimiento adecuado desde la instalación de la chopera hasta la corta. Si la madera producida no cumple con unos mínimos de calidad al final del turno de aprovechamiento, el cultivo no habrá resultado rentable.

8.1. La madera de calidad

La populicultura tiene como finalidad la producción de madera que tenga unas determinadas características y dimensiones y que no presente defectos. Se consideran defectos de la madera todas aquellas singularidades, alteraciones o degradaciones que la afectan negativamente en el momento de su transformación o de su posterior utilización. La depreciación de la madera puede deberse a defectos de estructura, a defectos de la forma del tronco o a defectos debidos al ataque de hongos o de insectos. Entre los defectos debidos a la propia estructura de los tejidos del árbol se puede considerar los nudos, la excentricidad, las inclusiones de corteza, la madera de tensión y el corazón negro. Como defectos de la forma del tronco se incluyen principalmente la curvatura, la tableadura y las fendas.

En cuanto a las dimensiones, el diámetro normal de los árboles debe estar comprendido entre 30 y 45 centímetros, lo que se consigue en estaciones de buena fertilidad, con clones adaptados a las exigencias de la estación y con espaciamientos amplios (6×6 metros). Valores inferiores del diámetro aumentan el tiempo de desenrollo y reducen la calidad de la chapa desenrollada. Valores superiores del diámetro dificultan el manejo de las trozas haciendo perder efectividad en la operación de desenrollo. La cilindridad de las trozas es una característica que también tiene un valor especial para la transformación de la madera.

Un nudo es el muñón que se forma en el tronco de un árbol cuando se separa de él una rama, bien de manera natural o bien como consecuencia de una poda artificial. Los nudos muertos, que se originan cuando muere una rama del árbol, deprecian el valor de la madera en todas sus aplicaciones incidiendo en sus características mecánicas; generalmente se desprenden de la madera que los engloban cuando ésta se sierra o se desenrolla, dejando agujeros en su lugar. Los nudos vivos, que aparecen cuando se cortan ramas vivas del árbol, prácticamente

no inciden en las propiedades de la madera. Los efectos de los nudos pueden reducirse mediante podas racionales de los árboles durante su crecimiento.

La excentricidad en la sección transversal del tronco, o distancia entre el centro geométrico de esta sección y el centro de los anillos de crecimiento, debe ser la mínima posible, pues ocasiona diferencias en la densidad de la madera de la misma troza, lo que da lugar a deformaciones en los productos.

Las inclusiones de corteza en la masa de madera afectan al rendimiento en fabricación ya que estas inclusiones deben ser eliminadas en el proceso de primera transformación.



Madera de buena calidad

Es importante que no se forme madera de tensión que da lugar, una vez cortada, a una especie de pelusa o lanosidad en la superficie, consecuencia de que sus células no se cortan tan fácilmente como las de la madera normal. La densidad de la madera de tensión es superior a la de la madera normal y durante el secado se producen ondulaciones en las piezas aserradas y en las chapas de desenrollo; en estas últimas incluso aparecen fendas longitudinales. La madera de tensión se forma cuando existen fuerzas con una dirección determinada: insolación en la parte exterior del tronco en los árboles del borde de la chopera, fuertes vientos dominantes, inclinación del fuste, etc. Aparece siempre en la zona sometida a tracción y nunca en las zonas de compresión. Los clones sensibles al fototropismo o con tendencia a formar un fuste flexuoso suelen producir madera de tensión y ésta no se origina cuando los árboles vegetan en un medio ambiente homogéneo y constante a lo largo de todo el turno.

El color de la madera debe ser claro y uniforme, sin manchas debidas a defectos o a la presencia de corazón negro, para obtener chapas de buena presentación. El corazón negro, o falso duramen, consiste en un oscurecimiento de la madera en la parte más próxima al eje del tronco, relacionado con un aumento del contenido en humedad en esa zona, provocado por la acción de algunas bacterias. Se manifiesta en los chopos a partir de cierta edad, dependiendo de las condiciones de crecimiento, especialmente de la humedad del terreno. Para evitar la formación de corazón negro, conviene no demorar el aprovechamiento de los árboles.

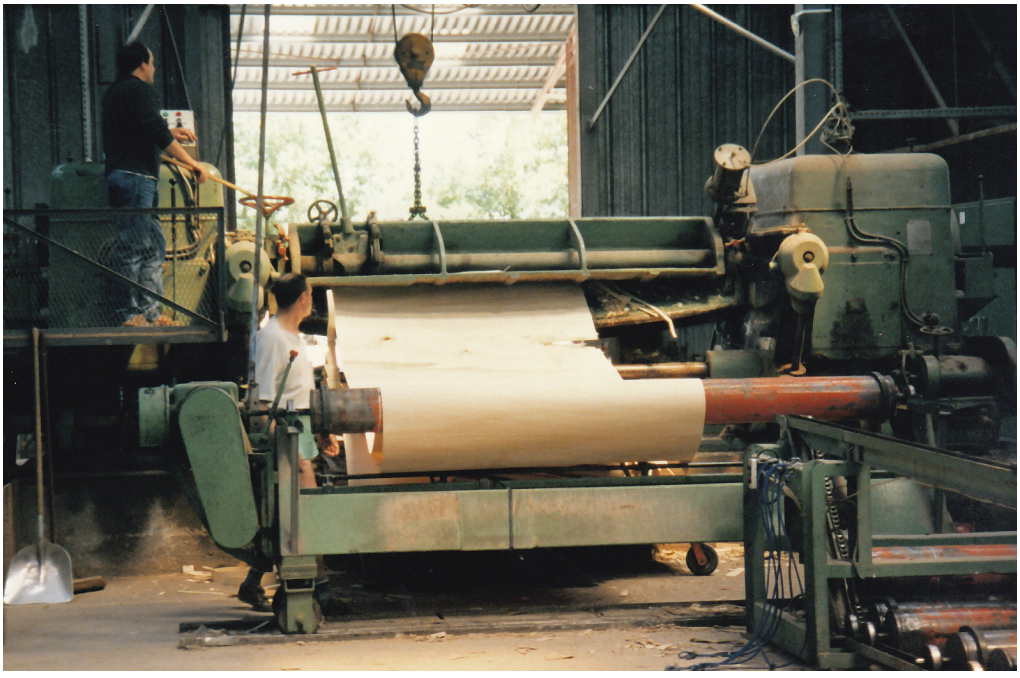
Para minimizar pérdidas de madera en el desenrollo, el tronco debe ser recto. La rectitud del tronco es una característica del clon. La falta de rectitud puede corregirse con adecuadas podas de formación que favorecen el desarrollo de la guía principal e impiden las bifurcaciones. En

ocasiones, la curvatura se produce por la existencia de fuertes vientos dominantes o por el efecto del fototropismo. La curvatura del tronco provoca también un debilitamiento de la resistencia mecánica de la madera.

Otra causa de pérdida volumétrica en el desenrollo es la tableadura del tronco, o tendencia de éste a la forma ovalada o elíptica de su sección transversal, defecto que debe obviarse en lo posible, ya que la madera queda depreciada por falta de homogeneidad y, cuando es muy pronunciada, la inutiliza para algunos empleos. Para reducir la tableadura, se debe utilizar marcos regulares en la plantación.

Las fendas consisten en la separación de las fibras de la madera en la dirección longitudinal. Producen pérdidas del rendimiento, pues inutilizan para el desenrollo la zona de la madera en la que surgen y la hacen difícilmente utilizable en sierra. Aparecen con mayor frecuencia cuando los árboles se apean durante el período vegetativo que cuando el apeo se realiza fuera de él. Pueden estar relacionadas con la madera de tensión, pues se producen con mayor frecuencia en pies de borde o en los sometidos a fuerzas excéntricas o de dirección dominante.

Algunos hongos provocan en la madera zonas de coloración variable, sin modificar sus propiedades; el caso más frecuente es el del azulado, ante el que los chopos presentan una particular sensibilidad. Los daños producidos por los insectos consisten en agujeros y galerías excavados en la madera, que producen disminuciones del rendimiento en fabricación y reducción de la resistencia mecánica y afectan al aspecto estético de la madera.



Desenrollo



Inclusiones de corteza



Corazón negro



Fuste sinuoso



Fenda debida a madera de tensión

Como norma general, en la utilización de los productos transformados se aprecia más la madera de chopo de baja densidad, rasgo que es principalmente una característica de cada clon.

8.2. El turno de aprovechamiento

El turno de aprovechamiento, es decir, la edad a la que debe cortarse la chopera, depende de factores técnicos y económicos.

Los factores técnicos determinan el momento en que es máxima la renta obtenida en especie, es decir, en producción de madera; entre ellos están el clon de chopo que se haya utilizado, el espaciamiento adoptado en la plantación, el crecimiento de los árboles a lo largo del ciclo de producción y el estado fitosanitario en que se encuentran. Hay clones que mantienen un crecimiento muy sostenido a lo largo del tiempo y otros cuyo crecimiento empieza a decaer a partir de un determinado momento; en estos últimos el turno será inferior. Con espaciamientos amplios se obtienen, en menos tiempo, árboles de las dimensiones que responden a la demanda de la industria de transformación. A igualdad de otros factores, en los sitios donde se obtienen mejores crecimientos el turno requerido será inferior. Y puede ocurrir que, debido a ataques importantes de plagas o enfermedades, sea conveniente proceder de inmediato al aprovechamiento de una chopera, antes de que se produzca la depreciación de la madera.

Entre los factores económicos, el más importante es el precio de mercado de los productos de mayor valor de la chopera, que suele ser la madera destinada al desenrollo. Los estudios de mercado pueden aconsejar vender la chopera inmediatamente, o bien esperar una previsible mejora de los precios de los productos.

En Castilla y León, los turnos de aprovechamiento que tienen por finalidad la obtención de la máxima renta en especie oscilan entre 12 y 18 años para las plantaciones realizadas a marco de 6×6 metros. En el caso de choperas con espaciamientos mas bajos (5×5 metros o 5×6 metros) se requieren turnos de corta mas largos para obtener trozas de dimensiones similares.

8.3. Cubicación y tasación de la chopera

Por regla general, las choperas se venden en pie con una estimación del volumen y la calidad de la madera. Según este procedimiento, el populicultor recibe una cantidad de dinero prefijada de acuerdo con el comprador, con independencia del resultado de las mediciones que puedan efectuarse una vez abatidos los chopos.

Para rentabilizar al máximo la operación de venta, conviene ofertar el producto al mayor número posible de compradores, lo que puede lograrse más fácilmente cuando los vendedores se unen para sacar a subasta el conjunto de sus choperas. Las asociaciones de propietarios forestales juegan un importante papel en este tipo de ventas, así como en el apoyo que pueden prestar a los populicultores para la cubicación de las choperas.

El cálculo del volumen de madera que hay en una chopera puede hacerse con el empleo de tablas de cubicación, conociendo los diámetros normales (medidos a 1,30 metros desde el suelo) y las alturas totales de los árboles. Con los valores del diámetro y la altura de cada árbol,



Chopera que ha llegado al turno de aprovechamiento



Medición de chopera en pie

las tablas proporcionan el volumen con corteza de su madera. También se puede medir el diámetro de todos los árboles de la chopera y la altura total de una muestra de ellos y establecer una relación entre las dos variables para obtener las alturas de los árboles en los que no se ha medido. La muestra de árboles en los que se mide la altura se elige de manera sistemática, considerando al menos un 5% de los pies de la chopera, midiendo un mínimo de 50 árboles a partir de cierta extensión. Las tarifas de cubicación, que consideran sólo el diámetro normal de los árboles, son mucho más fáciles de utilizar porque no hay que medir alturas, pero también pueden dar lugar a errores graves, sobre todo en los terrenos cuyas características se alejan de los valores medios utilizados para la construcción de la tarifa.

Los diámetros pueden medirse con forcípula o, si se quiere una mayor precisión, se mide la circunferencia con cinta métrica y se transforman a diámetros los valores obtenidos. También pueden utilizarse cintas de medición ("cintas pi") que proporcionan directamente el valor del diámetro cuando se colocan rodeando la circunferencia normal del fuste. Para la medición de alturas se emplean hipsómetros, pértigas telescópicas o instrumentos que utilizan rayos láser o ultrasonido.

Se han construido tablas de cubicación para varios clones, cuyas diferencias dependen principalmente de la forma característica de los fustes de cada clon. En el anexo 2 se presentan dos tablas de uso más generalizado, pero suficientemente válidas, una para los clones euramericanos y otra para los interamericanos. Utilizando datos obtenidos de mediciones sobre el clon 'I-214', la tabla 6 ofrece algunos resultados de producción según la calidad de la chopera a marco de 6×6 metros.

Tabla 6. Calidad de 'I-214' a marco de 6×6 metros

Calidad	Turno (años)	Diámetro medio (cm)	Altura media (m)	Volumen medio (m^3)	Producción (m^3/ha)	Productividad (m^3/ha/año)
I	14	42,9	31,8	1,774	493	35,2
II	15	39,5	29,3	1,380	383	25,6
III	16	35,1	26,0	0,971	270	16,8
IV	18	32,2	23,9	0,751	209	11,6
V	18	28,0	20,8	0,496	138	7,7

El diámetro normal medio a una edad determinada es un buen índice para establecer la clase de calidad de la chopera. Según la clase obtenida, se puede asignar un precio del metro cúbico de madera en pie, teniendo en cuenta el mercado de la madera en la época en que se realiza la medición y la zona en la que se ubica la chopera. El volumen total de madera proporciona el valor de tasación. Este valor puede modificarse considerando también otros factores, como la dificultad del aprovechamiento, el número de árboles que se incluyen en la venta, la distancia de la chopera a las vías de comunicación, la distancia a los centros de transformación, etc.

Con frecuencia se utilizan fórmulas más sencillas de cubicación, pero suelen proporcionar valores del volumen del árbol inferiores a los que existen realmente. Cuando se utilizan estas fórmulas sencillas, junto con el volumen se altera también el precio que se puede pagar por el metro cúbico de madera, dando lugar a valores del precio más elevados de lo que corresponde, de manera que el resultado final de la operación de venta se ajusta a lo que fija el mercado.

8.4. El aprovechamiento

Para proceder al aprovechamiento de una chopera en Castilla y León, con carácter general, por tratarse de aprovechamiento maderable a turno corto, se deberá presentar una comunicación al Servicio Territorial de Medio Ambiente de la provincia correspondiente, mediante una declaración responsable, en la que se manifieste que concurren las circunstancias por las que no es necesaria la comunicación con 15 días de antelación ni la autorización. Se podrá comenzar a cortar al día siguiente sin necesidad de esperar ninguna respuesta, siempre y cuando sea un día hábil y no haya restricciones por encontrarse situado el lugar del aprovechamiento en un área natural protegida o por motivos de conservación de especies amenazadas.

En las choperas que dispongan de un instrumento de ordenación forestal en vigor, el titular de la explotación deberá presentar ante el mismo organismo, con al menos 15 días de antelación al inicio del aprovechamiento, una declaración responsable indicando el aprovechamiento que va a ejecutar, la fecha de su inicio y su conformidad con lo previsto en el instrumento de ordenación forestal.



Corta con motosierra



Desramado

Por otra parte, si el aprovechamiento se localiza dentro de la zona de policía, de la zona de servidumbre o del cauce de un curso de agua, también es necesaria la autorización de la Confederación Hidrográfica que corresponda. En las zonas de afección de carreteras (100 metros en autopistas, autovías y vías rápidas, 50 metros en carreteras estatales y 30 metros en las no estatales, medidos desde la arista exterior de la explanación), se necesita además autorización del órgano titular de la carretera.

Con objeto de impedir que la madera procedente de aprovechamientos ilegales pueda comercializarse libremente, la Unión Europea ha promovido un sistema que garantiza su trazabilidad, de manera que en cualquier momento se pueda acreditar el origen legal de la madera comercializada, independientemente del lugar de procedencia. Mediante este sistema, quien pone en circulación un volumen de madera está obligado a presentar a la Junta de Castilla y León una declaración responsable en la que se contienen los datos necesarios (origen, tipo, cantidad, etc.) para poder realizar el seguimiento de la madera aprovechada. Al mismo tiempo, el cultivador de chopos queda sujeto a posibles controles por parte de la Administración.

Las choperas instaladas para la producción de madera en rollo están constituidas por árboles que tienen la misma edad y en ellas no se practican clareos ni claras durante todo el ciclo de crecimiento. Llegado el turno, el aprovechamiento se realiza mediante cortas a hecho en toda la superficie plantada.

En la corta se usan motosierras, dejando los tocones con la menor altura posible y dirigiendo la caída de los árboles de manera que no se produzcan daños a los chopos que todavía permanecen en pie. Una vez abatido un árbol, en el sitio de caída se cortan las ramas a ras del fuste con la misma motosierra y se corta también la parte terminal de éste hasta la altura en la que se encuentra el diámetro prefijado (diámetro en punta delgada). Después se divide el tronco en trozas cuya longitud depende de la capacidad del camión usado en el transporte y de los requerimientos de la industria de destino. Así, las trozas pueden tener una longitud múltiplo de la necesaria para manipularlas en el torno de desenrollo, con la limitación de las dimensiones de la caja del camión, o bien se forman con la longitud ya definitiva para su desenrollo.

El desembosque hasta cargadero se puede hacer con una pala cargadora o con un tractor u otra máquina que arrastre los troncos sobre el terreno. No suele haber problemas en esta operación, debido a la escasa o nula pendiente de los terrenos en los que se cultivan los chopos. Por lo general, es posible efectuar el apeo, desramado, troceado y carga en cualquier época del año sin que ello afecte a la calidad de la madera; únicamente pueden surgir limitaciones en los períodos más húmedos, si el terreno se hace impracticable. El tipo de vehículo utilizado en el transporte, ya fuera de la parcela de explotación, depende de la distancia a que se encuentre la fábrica en la que se realice la primera transformación.

En el aprovechamiento de choperas también pueden emplearse procesadoras, que cortan el árbol con una cizalla, lo mantienen sujeto con grapa mientras lo desraman y después lo trocean y lo cargan. Se reduce de esta manera la mano de obra necesaria y el tiempo que hay que dedicar a la explotación.



Corta con procesadora



Desembosque



Quema de restos de corta



Trituración de restos de corta

Hasta hace poco tiempo, los restos de la corta, constituidos por las ramas y los raberones terminales, se apilaban para proceder a su destrucción mediante quema. Hoy día, es muy frecuente que se realice un astillado o triturado de los restos para su posterior incorporación al terreno, o bien para ser recogidos y trasladados a otra industria consumidora de biomasa leñosa utilizada en la producción de energía. No conviene dejar mucho tiempo los restos de la corta sin tratar en la parcela del aprovechamiento, por el peligro de aparición de plagas y enfermedades. Después de estas operaciones, el terreno debe quedar suficientemente preparado para proceder al destoconado y a las demás operaciones previas necesarias para poder abordar la nueva plantación.

9. Mejoras en la gestión de choperas

Hay dos estrategias importantes que pueden utilizarse para mejorar la gestión de las choperas sin ser excluyentes entre sí: una es la ordenación de choperas y la otra es la certificación forestal.

9.1. La ordenación de choperas

Los turnos de aprovechamiento de las choperas son de los más cortos entre las especies forestales que tienen como objetivo la producción de madera en rollo. Sin embargo, suelen ser demasiado prolongados para satisfacer adecuadamente las necesidades de sus propietarios. Esperar 12, 15 ó 18 años para obtener una renta no es atractivo la mayor parte de las veces. Pero se puede organizar los cultivos de chopos de manera que se obtengan rentas regulares en períodos inferiores al turno.

La ordenación de choperas persigue este objetivo y consiste en dividir la superficie plantada en varias parcelas con árboles de edades diferentes en cada una de ellas, de manera que se pueda aprovechar una parcela cada cierto tiempo. Por ejemplo, si se tiene una explotación de 20 hectáreas con un turno de aprovechamiento de 16 años, se puede ordenar dividiéndola en 4 parcelas de 5 hectáreas, cortando una de ellas cada 4 años y volviendo a plantar. Así, en lugar de obtener la renta total de la explotación al cabo de 16 años, se obtendría la cuarta parte de la renta cada 4 años. Si el turno de aprovechamiento se establece en 12 años, vendrá bien dividir la superficie de plantación en 6 parcelas cortando una cada 2 años, en 4 parcelas cortando una cada 3 años, o en 3 parcelas cortando una cada 4 años. La elección del número de parcelas consideradas y del tiempo que debe transcurrir entre los distintos aprovechamientos puede hacerse atendiendo a las necesidades particulares del propietario de la explotación.

Cuando se tiene una plantación coetánea, una vez dividida la superficie en parcelas se puede iniciar la ordenación adelantando la corta uno o dos años en la mitad de ellas y retrasando el aprovechamiento uno o dos años en las restantes. Repitiendo estas actuaciones sucesivamente, se logra un aprovechamiento regular en los períodos previamente determinados, pudiendo entonces considerarse que la explotación ya está ordenada.

Hay que tener en cuenta que, para proceder a la ordenación de una chopera, se necesita una superficie suficiente. Si la superficie de plantación es pequeña, los costes de plantación aumentan



Chopera ordenada

demasiado con relación al beneficio que se obtiene con el aprovechamiento. La superficie mínima que se requiere es muy variable, dependiendo principalmente de la productividad de la chopera. Cuanto menor sea la productividad, menor será el beneficio obtenido por hectárea y menos rentable será la inversión realizada en la plantación. Las mejores choperas llegan a dividirse en parcelas de unas 2 hectáreas.

Si la superficie dedicada al cultivo de chopos se encuentra ya dividida en parcelas separadas, es útil aprovechar las divisiones existentes para proceder a la ordenación. Si la superficie disponible no es uniforme, se puede efectuar la división de manera que las parcelas con peores terrenos tengan mayores dimensiones que las que se encuentran en mejores sitios, para procurar una renta periódica similar en los diferentes aprovechamientos.

La división en parcelas para mejorar la gestión de la chopera puede hacerse coincidir con una buena estrategia de defensa contra las plagas y las enfermedades de los chopos, eligiendo en cada una de ellas un clon que se adapte bien a las condiciones de la estación, alternando el empleo de clones diferentes en parcelas adjuntas o próximas. Si la superficie de las parcelas es demasiado grande, en cada una de ellas se puede emplear varios clones formando subparcelas de 2 ó 3 hectáreas, todas de la misma edad.

También es importante considerar el orden de corta de las distintas parcelas cuando tienen diferente edad y están juntas, para no poner al descubierto de manera repentina árboles que se hallaban protegidos por otros. La rápida puesta en luz podría dar lugar a daños por insolación,

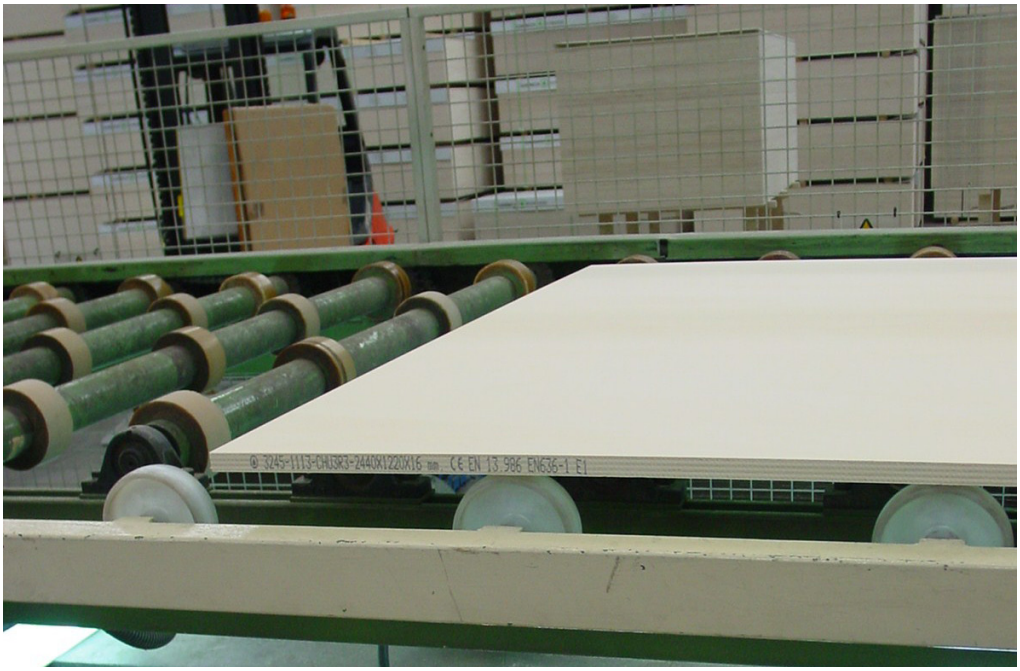
ocasionando la rotura de troncos de las primeras filas de la parcela en pie y continuar los daños en las filas siguientes cuando los primeros árboles caen o son abatidos.

9.2. Certificación forestal de las choperas

La certificación forestal es un instrumento de mejora que garantiza y demuestra al consumidor que los productos maderables del aprovechamiento de las choperas proceden de una plantación gestionada de manera responsable y sostenible.

Existen varios sistemas de adhesión voluntaria que permiten certificar los estándares de buena gestión forestal, que son controlados y validados por organismos terceros independientes y autorizados. Los dos más extendidos son el *Forest Stewardship Council* (FSC) y el *Programme for Endorsement of Forest Certification* (PEFC). Los dos esquemas han desarrollado estándares específicos para la certificación de choperas, con excepción de las plantaciones a turno muy corto para la obtención de biomasa leñosa y las que forman parte de sistemas agroforestales, que no pueden certificarse. En el momento actual, la demanda de productos maderables certificados está principalmente orientada al sistema FSC.

Un requisito imprescindible para la certificación es que la madera provenga de un monte ordenado, para lo cual las plantaciones de chopos deben disponer de un plan dasocrático integrado en un documento de gestión. En el plan dasocrático se materializa la planificación de la gestión de la chopera forestal sostenible. En él se incluyen todos los trabajos que se prevén durante el ciclo



Tablero certificado

de crecimiento de los árboles, el momento en que se realizarán y los condicionamientos que les acompañan. El contenido del plan dasocrático debe ser: 1) inventario, en el que se describe el estado legal del monte, el estado natural, el estado forestal y el estado socioeconómico; 2) determinación de usos; 3) planificación, que incluye un plan general y un plan especial; y 4) Anexos de descripción de rodales y cartografía.

10. Aspectos ambientales

La práctica de la populicultura se fundamenta en objetivos meramente económicos; su finalidad principal es la producción intensiva de madera de la mejor calidad posible, que es la más valiosa. Sin embargo, este modo de cultivo tiene también aspectos beneficiosos para el medio ambiente, destacando entre ellos el hecho de que la obtención de un elevado porcentaje de los productos maderables en una parte reducida de la superficie forestal permite indirectamente una menor presión antrópica sobre los recursos forestales naturales y seminaturales y, por tanto, contribuye a la conservación de los bosques. Otros efectos positivos de las choperas cultivadas son:

- Debido a su rápido crecimiento y a sus altas tasas de transpiración, las especies del género *Populus* se encuentran entre las más eficaces en la fijación del carbono atmosférico. Se estima que las choperas reciclan anualmente 15 toneladas de CO^2 por hectárea. Además, la protección ejercida de manera indirecta sobre los bosques naturales permite a éstos erigirse también en depósitos de carbono.
- El empleo de chopos en cultivos a turnos cortos contribuye al ahorro energético mediante la obtención de biomasa utilizable como fuente de energía renovable en sustitución de los combustibles fósiles.
- Las plantaciones de chopos protegen los suelos y las aguas, ya que funcionan como áreas tampón para los nitratos, fosfatos y pesticidas utilizados por la agricultura, reduciendo la contaminación de la capa freática y la eutrofización de las aguas de superficie.
- Los chopos son también especies muy eficaces en la fitorremediación de suelos contaminados, lo que adquiere una particular significación cuando se trata de contaminación por metales pesados.
- Las plantaciones de chopos se usan como filtros verdes en la depuración de aguas residuales urbanas o rurales , a la vez que proporcionan un beneficio económico por el aprovechamiento de la madera.
- Los chopos participan de manera activa en la lucha contra la erosión y la desertización, pues tienen una gran capacidad de regular y reducir la escorrentía superficial.
- Las raíces de los chopos contribuyen a facilitar la infiltración del agua en el suelo en las zonas de inundación, produciendo un efecto de laminación de avenidas que reduce los perjuicios de las crecidas de los ríos.
- El cultivo de árboles tiene como consecuencia el enriquecimiento de los horizontes superficiales del terreno en sustancias nutritivas que las raíces absorben en profundidad y las hojas depositan cada año en el suelo.

Por otra parte, los efectos de la populicultura sobre el medio son siempre menos perjudiciales que los debidos a las prácticas agrícolas. De todos modos, el cultivo de chopos debe ser respetuoso con el ambiente. La elección de los clones más adaptados a las estaciones y la realización de los cuidados culturales adecuados contribuyen a mantener el vigor de los árboles, permitiendo reducir al mínimo la necesidad de aplicar tratamientos químicos contra los posibles patógenos.



Plantación de chopos para producción de biomasa leñosa con fines energéticos

El principal efecto negativo de las plantaciones de chopos para producción de madera es la contaminación génica de las poblaciones naturales de estas especies. Sin embargo, esta contaminación no tiene lugar siempre ni se realiza fácilmente. Hay algunas limitaciones naturales y otras de oportunidad que impiden que este fenómeno se produzca de manera indiscriminada. Por ejemplo, los cruzamientos entre algunas especies no son viables, o sólo se pueden verificar en una dirección, produciéndose la contaminación génica de una especie por otra, pero no a la inversa. En otras ocasiones, no se puede realizar el cruzamiento entre dos especies porque no coincide el período en el que una de ellas suelta el polen con el tiempo en que las flores femeninas de la otra especie son receptivas (asincronía floral). Por otro lado, la reproducción sexual de algunas especies de chopos se ve muy dificultada actualmente, debido a la regulación de las avenidas en los cursos de agua, que son necesarias para que se den las condiciones que favorecen la germinación de las semillas y la supervivencia de las plántulas.

No obstante, la contaminación génica de las poblaciones naturales puede producirse y, por ello, conviene realizar las actuaciones necesarias para garantizar la conservación de sus recursos genéticos. Se necesita, por tanto, identificar las poblaciones naturales de las especies de chopos autóctonos que tengan interés por su acervo genético y mantenerlas aisladas de los cultivos de producción de madera. Debe abordarse planes de ordenación de los recursos genéticos que permitan compaginar los cultivos de chopos y la conservación de las poblaciones naturales valiosas.

11. Clones de chopos

Un clon es el conjunto de las plantas obtenidas por reproducción vegetativa a partir de un único individuo. Todos los chopos de un mismo clon son genéticamente idénticos y presentan las mismas características morfológicas y tecnológicas.

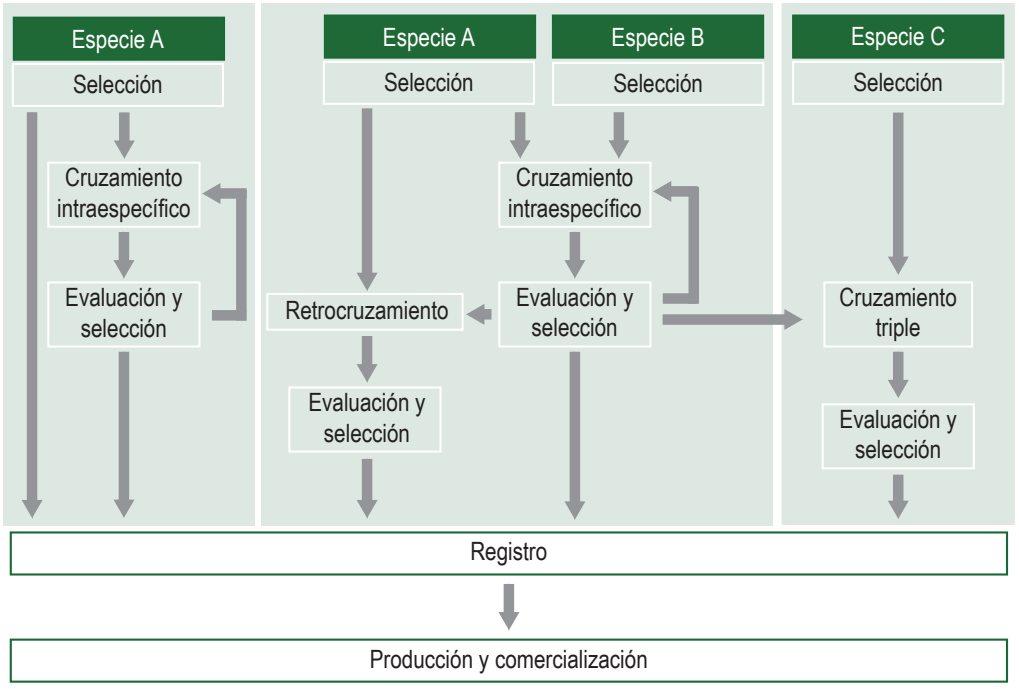
11.1. Obtención de clones de chopos

La mayor parte de los clones comúnmente utilizados en populicultura en Europa occidental proceden de la selección e hibridación de tres especies: una de Europa y Asia (*Populus nigra*) y dos de América del Norte (*P. deltoides* y *P. trichocarpa*). Ocasionalmente se han empleado otras, como *P. maximowiczii* (= *P. suaveolens*) o *P. ciliata*, ambas también de Asia. Los clones se obtienen mediante cruzamientos realizados entre estas especies y dentro de ellas. Algunos cruzamientos son más fáciles de obtener que otros. Habitualmente, los cruzamientos entre especies de la misma sección botánica se hacen fácilmente, lo mismo que los cruzamientos entre las secciones Aigeiros y Tacamahaca. Por el contrario, la mayor parte de los cruzamientos son difíciles o imposibles de realizar entre las demás secciones; por ejemplo, los chopos de la sección Populus no pueden hibridarse con los de las secciones Aigeiros y Tacamahaca. Así, los híbridos *P.* ×*euramericana* proceden del cruzamiento entre *P. deltoides* (parental femenino) y *P. nigra* (parental masculino) (ambos de la sección Aigeiros), pero no en el otro sentido, mientras que los híbridos *P.* ×*interamericana* se obtienen del cruzamiento entre *P. deltoides* y *P. trichocarpa (de la sección Tacamahaca)*, actuando la primera como parental femenino y la segunda como masculino, o viceversa. También se obtienen híbridos más complejos mediante el cruzamiento de híbridos ya existentes. Igualmente, se efectúan retrocruzamientos como, por ejemplo, entre *P. deltoides* y *P.* ×*interamericana*, y cruzamientos triples.

Los clones obtenidos mediante cruzamientos controlados se ensayan en diferentes lugares para verificar su comportamiento en distintas estaciones, teniendo en cuenta varias características como la rapidez del crecimiento, la resistencia al viento, la resistencia a algunas plagas y enfermedades, la rectitud del tronco, el ángulo de inserción de las ramas en el fuste, la calidad de la madera, etc. Los individuos que mejor responden a las condiciones de estos ensayos son los que se seleccionan y se inscriben en el registro nacional de su país, produciéndose posteriormente a gran escala para su utilización masiva. Los clones más empleados actualmente en Europa proceden principalmente de la actividad de selección y multiplicación realizada por institutos de investigación de Italia, de Bélgica, de Holanda, de Alemania y, más tardíamente, de Francia.

Con el empleo de marcadores moleculares se están resolviendo problemas de identificación, comprobándose la existencia de un mismo genotipo para clones de chopos que se comercializan con distintas denominaciones. Últimamente, se ha iniciado también la utilización de este tipo de marcadores en los procesos de mejora genética, lo que permitirá acortar los tiempos necesarios para la selección de nuevos clones. Por otra parte, se encuentran en desarrollo trabajos de ingeniería genética mediante los cuales se obtienen organismos genéticamente modificados

(OGM), que presentan algunas de las características buscadas sin tener que realizar cruzamientos controlados. Aunque en algunos países se permite la modificación genética de individuos sin apenas condicionamientos específicos, estas técnicas están muy restringidas en Europa, con un estricto control de la obtención de clones y de los ensayos que verifican su comportamiento en campo, de manera que todavía no se utilizan chopos transgénicos en los cultivos.



Esquema de programas de mejora de chopos

Debido a la amplia adaptabilidad de los chopos a diferentes situaciones, los países que no desarrollan programas de mejora genética para la obtención de clones de chopos pueden aprovechar el trabajo realizado en otros lugares y experimentar en su territorio los clones seleccionados y que ya están disponibles comercialmente o en avanzado estado de selección. Para ello, establecen sus propios ensayos en distintos ambientes y pueden evaluar y seleccionar a su vez los clones de chopos que mejor respondan a las circunstancias propias de sus terrenos. Esta es la estrategia que se ha seguido en Castilla y León.

La puesta a disposición por los populicultores de los nuevos clones seleccionados de chopos ha representado, para sus obtentores, unos largos y costosos programas de investigación. Por ello, el obtentor de un clon puede inscribir éste en un registro de variedades protegidas, que prohíbe su multiplicación libre. La adjudicación del derecho de multiplicación del clon por parte de un viverista se consigue mediante un contrato de licencia y está sometida al pago de una

tasa al obtentor del clon por cada planta comercializada; esta tasa se repercute en el precio de la planta, de manera que son los utilizadores finales los que resarcen a los investigadores de los costes de sus programas de selección y mejora. Algunos de los clones cuya comercialización está protegida en Europa a día de hoy y se encuentran en viveros registrados en Castilla y León son: 'AF2', 'AF8', 'Albelo', 'Degrosso', 'Koster' y 'Polargo'.

11.2. Experimentación de clones de chopos

El diseño experimental es una técnica estadística que, aplicada a la experimentación de clones de chopos, permite cuantificar las diferencias de comportamiento entre clones para diferentes variables, controlando en cierta medida el efecto de la heterogeneidad ambiental.

Para el establecimiento de parcelas de experimentación de clones de chopos, la normativa vigente exige el uso de diseños experimentales reconocidos internacionalmente, como el de bloques completos aleatorizados, filas y columnas o alfa-látices. En la red experimental de clones de chopos de la Junta de Castilla y León se han empleado principalmente los bloques completos al azar, por la facilidad de su diseño y del tratamiento de los datos y porque se adecúa bien a un número de clones relativamente bajo.

Un bloque es una parte de la parcela de experimentación que contiene todos los clones que intervienen en el experimento. Cada bloque está compuesto por unidades experimentales. Una unidad experimental contiene un número fijo de árboles, que son todos los del bloque que pertenecen al mismo clon; por consiguiente, en cada bloque hay tantas unidades experimentales como clones se ensayan. La disposición de las unidades experimentales dentro de cada bloque se determina al azar. Con el objetivo de controlar el efecto ambiental, cada bloque debe ser lo más homogéneo posible en cuanto a calidad del suelo y disponibilidad de agua, de manera que las diferencias que se observen entre los clones incluidos en un mismo bloque puedan atribuirse a sus características genéticas.

En todo experimento de comparación de clones de chopos hay que incluir al menos dos clones testigo. Uno de ellos deberá ser siempre 'I-214', ya que es el más utilizado hasta el presente y del que se dispone de mayor cantidad de información; el otro testigo debe ser un clon que presenta un buen comportamiento para el carácter que se evalúa en las condiciones en que se realiza el experimento. La inclusión de un mismo clon como 'I-214' en todos los experimentos permite, además, efectuar comparaciones entre experimentos con distinta localización.

El conjunto de la parcela de ensayo debe estar rodeada por, al menos, una línea de árboles del mismo clon, que será el utilizado en la plantación en la que se establece el ensayo; es mejor que esté rodeada por, al menos, dos líneas. El número de bloques del experimento debe ser igual o superior a 3; se recomienda que sea al menos de 4. El número de individuos de cada clon en el ensayo debe ser igual o superior a 15. Es corriente que cada unidad experimental contenga, al menos, 5 individuos del clon.

En la práctica, la distribución de bloques dentro de la parcela de experimentación debe hacerse de manera que se evite, en lo posible, que un clon resulte perjudicado por haber sido plantado

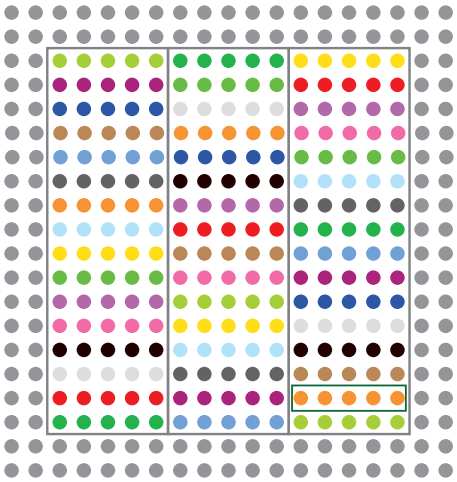


Parcela de experimentación de clones de chopos en Vega de Infanzones (León)

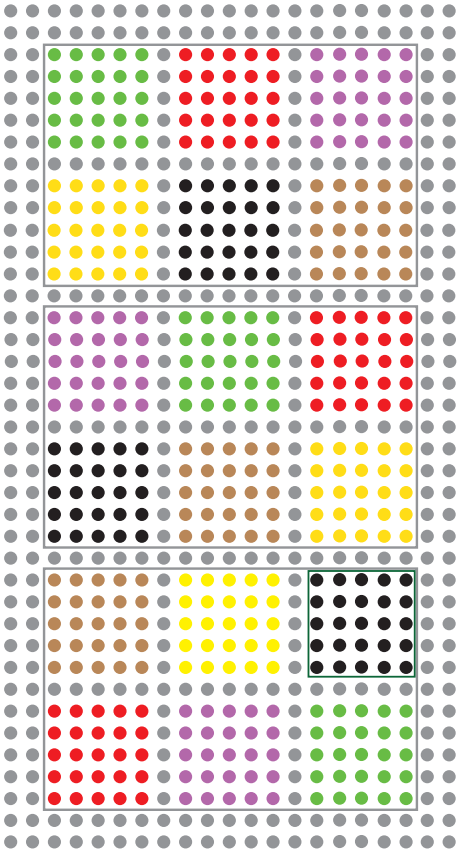
en los sitios de peor calidad, o al contrario, que se beneficie por ocupar los mejores sitios. Por ejemplo, si la parcela se encuentra en una ribera, normalmente la calidad del terreno irá disminuyendo al alejarse del río en la dirección perpendicular. Entonces, lo mejor será situar un bloque en la zona más próxima al río; el segundo bloque se establecerá paralelo al anterior, en su lado más alejado del río; y así sucesivamente. En general, si se conoce bien la variación de la calidad del terreno, conviene dividir la parcela en zonas de distinta calidad y establecer un bloque en cada una de ellas.

Para esta clase de ensayos, en la red experimental de la Junta de Castilla y León se emplean dos tipos de unidades experimentales. En uno de ellos, cada unidad experimental consta de 5 árboles dispuestos en alineación (obviamente los 5 árboles pertenecen al mismo clon). Así, se disponen las líneas de 5 árboles paralelas entre sí, sin otros árboles de separación entre ellas. Se miden los 5 árboles de la unidad experimental. Este diseño permite ensayar un número relativamente elevado de clones, pero con resultados menos precisos.

En el otro tipo, cada unidad experimental está constituida por un grupo de árboles del mismo clon, dispuestos en cuadrado o en rectángulo. Por ejemplo, en grupos de 25 árboles en cuadrado de 5×5 árboles. Se miden los 9 árboles del núcleo central de la unidad, no considerando los que forman su perímetro. Además, las unidades experimentales se separan entre sí por una línea de árboles del clon que se utiliza en la plantación donde se establece el ensayo. De esta manera, se eliminan todos los efectos de borde que podrían afectar a los resultados del experimento. Este diseño requiere una mayor superficie por cada unidad experimental y por cada bloque;



B-1M
Branagesi
Campeador
Canadá Blanco
Flevo
Hunnegem
I-214
I-488
Luisa Avanzo
Lux
MC
Onda
Pinseque
Raspalje
San Martino
Triplo
Árboles de borde (I-214)
Bloques
Unidad experimental



Flevo
I-214
Luisa Avanzo
MC
Raspalje
Triplo
Árboles de borde (I-214)
Bloques
Unidad experimental

Diseño de parcelas de experimentación

por eso, aunque proporciona resultados más precisos, en general no permite que el número de clones ensayados sea elevado.



Medición final

En cada ensayo debe determinarse previamente cuál será la variable que se va a medir y que va a configurar la diferencia de comportamiento entre los clones. Hay que elegir una variable que defina el carácter que se quiere comparar. Si se pretende determinar la diferencia entre crecimientos, lo más común es utilizar la circunferencia normal de los árboles. También se puede elegir una variable complementaria que aporte más información sobre el experimento. Por ejemplo, se puede medir la circunferencia normal de todos los árboles considerados (los 5 árboles de cada unidad experimental en las unidades en alineación y los 9 árboles del núcleo central de las unidades en grupo) y, además, la altura total de una muestra de árboles (el árbol central de la alineación o el del centro del grupo). Se elige la circunferencia normal en lugar del diámetro por ser más exacta la medición de aquélla.

Si se busca la comparación de crecimientos al final del turno, bastaría con realizar las mediciones justo antes de la corta. Pero las mediciones intermedias ofrecen una información muy valiosa sobre lo que cabe esperar en el momento del aprovechamiento y, también, proporcionan otros datos muy interesantes sobre la evolución del crecimiento de cada clon, correlaciones entre diámetros, alturas y volúmenes, respuestas a los agentes externos, etc. Lo ideal es realizar mediciones todos los años.

En el momento del aprovechamiento se efectúa la medición final, con los árboles apeados. Para la evaluación del ensayo, se mide la altura del tocón que queda en el suelo, la altura total del árbol (incluido el raberón), la altura maderable hasta 8 centímetros en punta delgada y el volumen por trozas de un metro de longitud (excepto la última, que normalmente tendrá una longitud inferior).

El tratamiento de las mediciones efectuadas proporciona los resultados del ensayo. Es imprescindible realizar un análisis de la varianza para conocer la fiabilidad de los resultados en conjunto. También es necesario utilizar algún índice que permita considerar si las diferencias obtenidas entre cada dos clones es significativa o pueden deberse al azar. Es corriente emplear la prueba de comparación de medias de Tukey, por ser más restrictiva que otras; es decir, que

si esta prueba da diferencias significativas entre dos clones para el carácter que se evalúa, es casi seguro que se deben a distintas respuestas de los clones a dicho carácter y no al azar.

Por otra parte, todos los árboles que participan en el ensayo tienen que haber sido tratados de la misma manera, para evitar diferencias debidas a los tratamientos. Por ello, es obligatorio que todos los árboles hayan sido obtenidos en el mismo vivero, procedentes del mismo campo de cepas madre y haber sido sometidos a los mismos procedimientos de cultivo en vivero. Igualmente, debe emplearse la misma técnica de plantación en todos sus aspectos y realizar en todos ellos los mismos tratamientos culturales después de la plantación (laboreos, fertilización, podas, tratamientos fitosanitarios, etc.).

Los resultados del ensayo deben completarse con todos los datos sobre la obtención de las plantas en vivero, la plantación y los cuidados culturales efectuados durante el turno. También deben reseñarse todas las incidencias o catástrofes que hayan sobrevenido a la parcela de experimentación a lo largo del ciclo de crecimiento y las actuaciones que se hayan efectuado para combatirlas o prevenirlas. Asimismo, deberá añadirse una descripción del lugar del ensayo que permita establecer unas recomendaciones de uso de los clones ensayados, a la vista de los resultados obtenidos; se incluirá la descripción y análisis del suelo, posición geográfica y altitud, clima y cualquier otro dato que afecte a la caracterización de la estación del ensayo.

Para que los resultados del experimento tengan validez oficial a efectos, por ejemplo, de incluir nuevos clones en el Catálogo de materiales de base, es necesario advertir al organismo competente sobre la intención de efectuar el ensayo (antes de empezar) y facilitar la realización de los controles adecuados durante la experiencia, de manera que el controlador pueda certificar después la validez de dichos resultados.

11.3. Principales clones

En Italia, el centro más importante de selección de clones de chopos es el Istituto di Sperimentazione per la Pioppicoltura (ISP) de Casale Monferrato, hoy llamado Unitá di Ricerca per le Produzioni Legnose Fuori Foresta (PLF), integrada en el Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura (CRA). De allí procedieron algunos clones euramericanos obtenidos en los años 1920, que se difundieron en España a mediados del siglo XX con distinto grado de aceptación, entre los que destacan 'I-214', 'I-262' e 'I-488'; 'I-214' ha constituido durante muchos años la base de la populicultura española y todavía es el clon más utilizado en este país. Obtenciones posteriores fueron los euramericanos 'I-454/40', incluido en el catálogo español, e 'I-45/51', que se utilizó aquí en pequeñas proporciones. Conocidos en España son también los euramericanos 'San Martino' y 'Triplo', este último con muy buen comportamiento en Castilla y León, y el considerado híbrido entre *P. alba* y *P. deltoides* 'Mincio' (='I-114/69'), del que hoy se sabe que pertenece al grupo de los euramericanos. Clones deltoides con el mismo origen son los obtenidos en los años 1950 'Harvard', 'Lux' y 'Onda', que no llegaron a tener buena aceptación por las dificultades que presentan en la multiplicación vegetativa, aunque 'Lux' se incluyó en el catálogo de España.

Otros clones procedentes de Casale Monferrato, obtenidos con posterioridad a los anteriores, son los deltoides 'Dvina' y 'Lena', los euramericanos 'Brenta', 'Lambro', 'Mella' y 'Soligo', el perteneciente a *P. alba* 'Villafranca' y el *P.* ×*euramericana* × *P.* ×*interamericana* 'Taro'. Los últimos clones importantes que se han obtenido son los euramericanos 'Aleramo', 'Diva', 'Imola', 'Moleto', 'Mombello', 'Moncalvo', 'Orion' (seleccionado para producción de biomasa), 'Senna' y 'Tucano' y el deltoides 'Oglio'.

Un grupo de clones euramericanos extendidos en Italia desde los años 1960 y adjudicados a diferentes obtentores han resultado corresponder al mismo genotipo y se han agrupado bajo la denominación 'Canadese Mantovano' ('302-San Giacomo', 'Adige', 'Boccalari', 'Branagesi', 'Gattoni' y 'Stella Ostigliese'). Lo mismo ha ocurrido con otro grupo de clones, también euramericanos de los años 1960, que se conocen ahora con el nombre 'Canadese Bianco della Lomellina' ('BL Costanzo', 'Cappa Bigliona', 'MC' y 'Pan').



I-454/40



MC

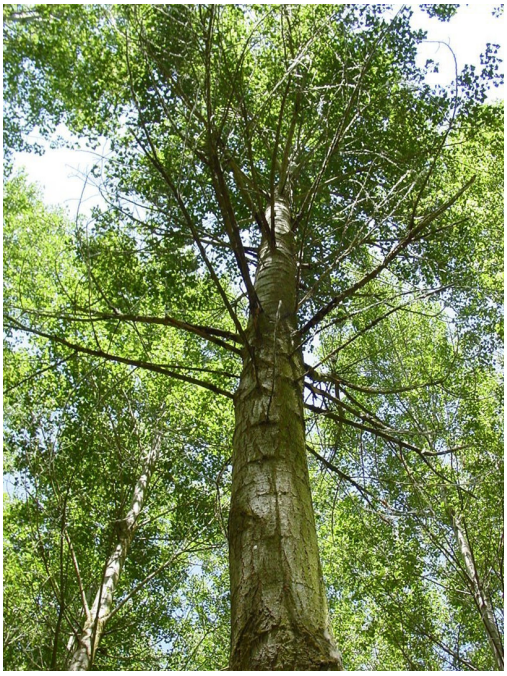
Igualmente, desde los años 1960 se difundieron clones euramericanos seleccionados en el Centro di Sperimentazione Agricola e Forestale (SAF) de Roma, entre los que destacan 'Bellotto', 'Cima', 'Guardi', 'Guariento', 'Luisa Avanzo' y 'Tiepolo'. 'Luisa Avanzo' se extendió rápidamente en España en los años 1980 y primeros 1990, igual que en otras regiones populícolas del mundo, debido al gran crecimiento juvenil que presenta este clon; pero fue siendo abandonado paulatinamente en todos los lugares donde se implantó por causa de su pronta ralentización del crecimiento y su sensibilidad a las enfermedades corticales, entre otros problemas. El clon



Luisa Avanzo



Unal



Flevo



Agathe F

‘Guardi’ ha sido incluido también en el catálogo de materiales de base de España, si bien su utilización puede calificarse de anecdótica.

El viverista privado Franco Alasia dispone asimismo de algunas obtenciones interesantes, como el euramericano ‘A4A’ y el interamericano ‘AF8’. Para producción de biomasa, cuenta con los *P. alba* ‘Marte’ y ‘Saturno’, los euramericanos ‘AF2’, ‘Sirio’ y ‘Monviso’ y el *P.* ×*interamericana* × *P. nigra* ‘Pegaso’.

En Bélgica se obtuvo a principios de los años 1960 la serie Unal, compuesta por clones euramericanos (‘Primo’, ‘Ghoy’, ‘Gaver’, ‘Gibecq’, ‘Ogy’ e ‘Isières’), clones interamericanos (‘Unal’ y ‘Beaupré’) y clones de *P. trichocarpa* (‘Columbia River’ y ‘Trichobel’). Otros clones interesantes de la misma época son los interamericanos ‘Boelare’, ‘Raspalje’ y ‘Hunnegem’. Algunos de estos clones han sido muy difundidos en varios países y han despertado un interés especial en España. De finales de los años 1960 son los también interamericanos ‘Hoogvorst’ y ‘Hazendans’. A mediados de los años 1970 se obtuvieron ‘Bakan’ y ‘Skado’, ambos *P. trichocarpa* × *P. maximowiczii*. Y a finales de la misma década, los euramericanos ‘Muur’, ‘Oudenberg’ y ‘Vesten’ y el interamericano ‘Grimminge’.

En la década de 1950 se obtuvieron en Holanda los clones ‘Dorskamp’ y ‘Flevo’, que están incluidos en el catálogo nacional español. Posteriormente llegaron ‘Koster’ y ‘Hees’ y después han tenido una relativa buena aceptación ‘Albelo’, ‘Degrosso’, ‘Polargo’ y ‘Sanosol’. Todos estos clones pertenecen al híbrido *P.* ×*euramericana*.

En Francia se hicieron selecciones entre los chopos deltoides descendientes de los que se trajeron de América del Norte desde el siglo XVII, siendo el más destacado ‘Carolin’. También gozaron de popularidad algunos clones euramericanos antiguos aparecidos por cruzamientos espontáneos entre los deltoides ya establecidos y los nigra autóctonos, como ‘Blanc du Poitou’, ‘Robusta’ y ‘Tardif de Champagne’. De los años 1950 es el deltoides ‘Alcinde’, muy utilizado en Francia hasta hace poco tiempo y conocido también en España. Más recientemente, la iniciativa privada ha presentado otros clones euramericanos, entre los que se puede mencionar a ‘Dano’, ’Garo’, 'Ludo' y ‘Rona’. Las últimas obtenciones prometedoras, aportadas por el grupo público GIS-Peuplier, son los clones deltoides ‘Delgas’, ‘Dellinois’, ‘Delrive’ y ‘Delvignac’, ya incluidos en los programas de ensayos de la Junta de Castilla y León.

De Estados Unidos se puede hacer alusión a los clones euramericanos ‘Agathe F’ y ‘Florence Biondi’, ambos obtenidos hacia 1925, formando parte el primero del catálogo español. En la década de 1990 se trajeron algunos clones interamericanos, de los que uno, ’49-177’, se inscribió también en el catálogo de España y se presenta como prometedor en Castilla y León.

En Hungría se mantienen algunas selecciones, como ‘Kopecky’ y ‘Pannonia’, los dos pertenecientes a *P.* ×*euramericana. De Turquía* procede el clon nigra ‘Anadolu’ (= ‘Tr 56/75’), que figura en el catálogo de España, y los también nigra ‘Gazi’ y ‘Kocabey’. De Portugal llegó el clon ‘NNDv’, que se incluyó en el catálogo nacional y comenzó a tener muy buena aceptación entre algunos populicultores, hasta que se demostró su identidad con el clon italiano ‘MC’ y fue eliminado del catálogo.

11.4. Elección de clones

Se debe elegir siempre clones de chopos que estén suficientemente contrastados en la zona en la que tendrá lugar la plantación y para unas condiciones del sitio similares. La elección del clon o los clones que constituirán una chopera debe dar respuesta a cuatro cuestiones básicas: la adaptación de los clones a la estación en la que se efectuará la plantación, el crecimiento y producción de los distintos clones, la resistencia que son capaces de presentar ante las posibles plagas y enfermedades y la calidad de la madera que pueden proporcionar.

La adaptación de los distintos clones a las características del terreno y del clima que imperan en el lugar de plantación constituye la primera premisa que hay que tener en cuenta, ya que su respuesta es diferente cuando varían dichas condiciones. Algunas de las circunstancias que pueden modificar el comportamiento de un determinado clon son: la variación del nivel freático a lo largo del período vegetativo, el pH del suelo, la presencia en éste de caliza activa, su fertilidad y la existencia de heladas tempranas o tardías.

El crecimiento de los árboles es una cuestión fundamental, pues, a igualdad de las demás variables, lo mejor será elegir el clon más productivo.

Hay zonas que, por su localización, por las características de los cultivos o por la presencia de otras masas forestales, están sometidas a un mayor riesgo de ataque por parte de determinadas



Ensayo de adaptación de clones a una estación

plagas o enfermedades. En estos casos, es muy importante considerar la resistencia de los distintos clones a las posibles adversidades y elegir los que ofrezcan una mayor seguridad de rentabilidad, aunque no sean los que en principio proporcionen el mayor crecimiento en la estación de que se trate.

No hay que olvidar que la finalidad del cultivo de chopos es la producción de madera que cumpla unas determinadas condiciones. Debe tenerse en cuenta la calidad de la madera, ya que sus características físico-mecánicas, color, densidad, uniformidad, etc., habiendo aplicado unos cuidados culturales correctos, pueden variar de unos clones a otros y convendrá optar por los que respondan mejor a los requerimientos que se demandan.

Estas cuatro cuestiones determinarán el grupo de clones que se deberá emplear en las plantaciones. Conviene que el número de clones elegidos no sea muy elevado y que éstos puedan ser identificados sobre el terreno sin necesidad de manejar planos o croquis complicados. Es buena norma considerar un solo clon en cada parcela de plantación, aquél que mejor responda a las condiciones del conjunto de la parcela. De esta manera se facilita la gestión de la explotación, aplicando una silvicultura uniforme en toda la superficie considerada, y se favorece también la comercialización de la madera al final del turno.

La mejor estrategia preventiva de los ataques de plagas y enfermedades de los chopos consiste en realizar plantaciones monoclonales en parcelas de 2-3 hectáreas, formando mosaicos que dificultan la expansión de los patógenos por la distinta tolerancia que manifiestan los diferentes clones ante los ataques. Elegidos los clones que formarán los mosaicos, se debe tener en cuenta las características de las estaciones, de manera que se destine a cada una de ellas el clon que mejor responda a la situación que se presenta.

11.5. El catálogo nacional de materiales de base

El catálogo nacional de materiales de base para la producción de los materiales forestales de reproducción del género *Populus* de las categorías cualificada y controlada está integrado por los clones de chopos que se comercializan habitualmente en España y se incluyen en él los clones autorizados por cada una de las comunidades autónomas. La autorización de un clon tiene su fundamento en el buen comportamiento que ha demostrado experimentalmente para un rasgo concreto. Se trata de una lista que tiene carácter dinámico, en la que pueden producirse nuevas inscripciones o bajas y por ello es conveniente consultarla periódicamente. En la actualidad, está compuesto por los 25 clones que figuran en la tabla 7.

Mediante análisis de laboratorio realizados con utilización de marcadores moleculares, se ha demostrado la identidad entre los clones 'Campeador' e 'I-214'. Teniendo esto en cuenta, el catálogo nacional está integrado realmente por 24 clones. Por otra parte, se demuestra también, utilizando marcadores moleculares, que el clon 'Mincio' pertenece al híbrido *P.* ×*euramericana*, figurando alejado de los genotipos de *P. alba* y de los híbridos de éste con otras especies; parece ser que un error de manejo de los materiales por parte del obtentor propició que se le diera esta filiación que todavía posee oficialmente.

Tabla 7. Clones de chopos del Catálogo Nacional

Especie	Clon
P. nigra L.	Anadolu (= Tr 56/75) Bordils Lombardo Leonés
P. deltoides Marsh.	Lux Viriato
P. ×*euramericana* (Dode) Guinier	Agathe F Branagesi B-1M Campeador Canadá Blanco Dorskamp Flevo Guardi I-214 I-454/40 Luisa Avanzo MC Triplo 2000 Verde
P. ×*interamericana* van Broekhuizen	Beaupré Boelare Raspalje Unal 49-177
P. deltoides Marsh. × *P. alba* L.	Mincio (= I-114/69)

11.6. Clones de chopos en Castilla y León

Después de la práctica de una populicultura antigua desde principios del siglo XX, basada en la utilización de distintas selecciones clonales de *Populus nigra* que recibieron el nombre de 'Lombardo Leonés' y de otras de *Populus* ×*euramericana* con la denominación de 'Canadiense Leonés' procedentes de la propia región, la supuesta obtención a mediados del siglo XX del clon 'Campeador' por el Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias (IFIE) llevó consigo su rápida difusión desde el momento en que se abordaron en los años 1950 las plantaciones de chopos a gran escala en la cuenca del Duero.

Posteriormente, este clon fue desplazado de manera prácticamente total por el clon 'I-214', seleccionado en Italia con anterioridad y que fue importado por el IFIE también a mediados del siglo pasado. La rápida extensión de 'I-214' se debió a su buena adaptación a diversas situaciones ecológicas dentro de las consideradas normales para los chopos en terrenos aluviales, y supuestamente al mejor aprecio de la madera que proporciona. Sin embargo, como se ha dicho, después de los análisis efectuados con marcadores moleculares en los viveros más signifcativos del territorio español y en antiguas plantaciones en Castilla y León de las que se tiene constancia de haber empleado el clon 'Campeador', hoy está demostrado que ambos clones, 'Campeador' e 'I-214', son idénticos.

Con el paso de los años, 'I-214' sigue siendo el clon de chopo que mayor superficie ocupa en Castilla y León, debido en gran medida a su utilización masiva por parte de la administración regional. Aún así, esta superficie ha ido disminuyendo progresivamente a favor de otras obtenciones más recientes que se fueron incorporando a la populicultura castellano-leonesa, primero y durante un corto período a favor de otros clones italianos como 'Luisa Avanzo' y también de 'MC' y, en menor medida de '48', 'Belloto' e 'I-488'. Después, ya en los años 1990, han proliferado otros, principalmente clones interamericanos de origen belga ('Beaupré', 'Raspalje', 'Unal') que han experimentado una difusión creciente, hasta la detección y expansión de la raza de la roya del chopo que afecta con más intensidad a este grupo de clones. Durante los últimos años, se ha iniciado la utilización de clones más novedosos, sin que ninguno de ellos haya adquirido una preponderancia notable. En la actualidad, en Castilla y León se comercializan unos 40 clones de chopos, aunque algunos de ellos figuran entre las existencias de los viveros en cantidades muy pequeñas. De acuerdo con los datos de plantas comercializadas de cada clon en los últimos cinco años por los viveros registrados en esta región, los clones de chopos más utilizados son los siguientes: 'I-214' (56,2%), 'Beaupré (13,5%), 'Raspalje' (10,1%), 'Unal' (8,8%), 'MC' (5,7%), 'Viriato' (1,4%), 'Triplo' (1,1%), 'A4A' (0,8%), 'Guardi' (0,7%), 'Koster' (0,3%) y '49-177' (0,2%).

Con posterioridad a los ensayos clonales instalados y evaluados por el Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias (INIA), la red de ensayos establecida por la Junta de Castilla y León ha estudiado el comportamiento en distintos ambientes de un número importante de clones, y ha permitido seleccionar los clones de chopos del catálogo nacional más adecuados al territorio de la Comunidad y constituir el catálogo de materiales de base de Castilla y León. Estos clones son los únicos que pueden ser subvencionados por la administración regional cuando se destinen fondos a estos fines. Son los siguientes: 'Agathe F', 'Beaupré', 'Branagesi', 'I-214', 'I-454/40', 'MC', 'Raspalje', 'Triplo', 'Unal' y 'USA 49-177'. Para incluir cualquier otro clon en el catálogo de Castilla y León, se debe demostrar su superioridad frente a los ya inscritos con relación a algún carácter concreto, mediante la instalación, el seguimiento y la evaluación de ensayos de comparación utilizando diseños aceptados internacionalmente para este tipo de experimentos.

A continuación figura una reseña de los clones registrados en Castilla y León. Para más información, puede consultarse el documento "Clones de chopos del catálogo nacional de materiales de base", editado en esta misma serie técnica.

Agathe F



Especie: *Populus* ×*euramericana*

País de origen: Estados Unidos

Año de obtención: 1925

Sexo: femenino

Morfológicamente es muy parecido a Populus nigra. Es un clon muy rústico, que va bien en estaciones aluviales secas de textura ligera y pobres en elementos nutritivos. Por tanto, puede resultar interesante en estaciones caracterizadas por una baja fertilidad y con falta de agua durante algunas fases del período vegetativo, en las que no responden bien otros clones euramericanos más comúnmente utilizados. La abundancia de sus ramas obliga a realizar podas muy frecuentes y cuidadosas para que la madera pueda ser destinada al desenrollo.

Beaupré



Especie: *Populus* ×*interamericana*

País de origen: Bélgica

Año de obtención: 1961

Sexo: femenino

De tronco recto y cilíndrico y corteza lisa, tiene la copa simétrica con una gran dominancia apical. Presenta una gran amplitud edáfica, soportando fuertes bajadas del nivel de la capa freática en verano. También tolera ciertos niveles de arcilla en el suelo y un pH más bajo que los euramericanos, pero es sensible a la caliza activa y lo manifiesta mediante el fenómeno de clorosis. Después de haber experimentado cierto auge en Castilla y León, su expansión se ha visto frenada por su sensibilidad a las royas, tanto en vivero como en plantación.

Branagesi



Especie: *Populus* ×*euramericana*

País de origen: Italia

Año de obtención: 1968

Sexo: femenino

Tiene el tronco algo flexuoso, con la corteza lisa y ramas gruesas. Es un clon bastante rústico que se adapta bien a los suelos pesados, aunque prefiere los terrenos permeables. Presenta una buena resistencia a la caliza activa. No se utiliza comúnmente en Castilla y León, a pesar de los buenos rendimientos que ha dado en parcelas de experimentación. En su tratamiento, hay que tener en cuenta que necesita atención en las podas y es sensible a algunos patógenos.

I-214



Especie: *Populus* ×*euramericana*.

País de origen: Italia

Año de obtención: 1929

Sexo: femenino

De tronco sinuoso y cilíndrico, con algunas ramas gruesas y escasa dominancia apical. Se adapta a una gran variedad de suelos, pero siempre aluviales. Es muy exigente en la poda, tanto de formación como de conformación del fuste. Presenta un crecimiento elevado en suelos fértiles y ligeros, aunque pueden producirse fendas longitudinales en el apeo en este caso. Su madera es apta para todas las aplicaciones industriales. Este clon ha constituido, y sigue constituyendo en la actualidad, la base de la populicultura en Castilla y León, hasta el punto de que, durante mucho tiempo, el cultivo de chopos en esta región se ha evaluado en función de sus posibilidades, considerándose idóneos los terrenos en los que vegeta bien y rechazándose los que presentan alguna limitación para su crecimiento. Sin embargo, se ve claramente superado por otros clones en terrenos de determinadas características, donde pueden sustituirlo. En los últimos años se ha visto azotado por algunas plagas y enfermedades (*Marssonina brunnea* y, después, *Phloeomyzus passerinii*), que han propiciado la introducción o la extensión de otros clones.

I-454/40



Especie: *Populus* ×*euramericana*

País de origen: Italia

Año de obtención: 1937

Sexo: femenino

Tiene el tronco algo flexuoso y presenta cierta tendencia a la bifurcación. Puede utilizarse en suelos muy variados, siempre que no sean pesados, tolerando la hidromorfía. Necesita atención y continuidad en las podas debido a su escasa dominancia apical y a la formación de ramas gruesas. Su crecimiento es habitualmente similar al del clon 'I-214', sobre todo con buenas condiciones de cultivo. Aunque se trata de un clon antiguo, ha sido muy poco difundido en Castilla y León y sólo se ha utilizado en ensayos de comparación.

MC



Especie: *Populus* ×*euramericana*

País de origen: Italia

Año de obtención: 1954

Sexo: femenino

De tronco recto y copa semiextendida, tiene una buena dominancia apical y presenta una buena idoneidad para la poda, ya que forma numerosas ramas pero no muy gruesas, aunque tiene tendencia a formar brotes epicórmicos si se poda con exceso. En suelos fértiles y ligeros su crecimiento es satisfactorio. Resiste bien la caliza activa. Se dice que es sensible al frío, pero ha demostrado un buen comportamiento en plantaciones situadas en altitudes próximas a los 1.000 metros. En Castilla y León se comporta muy bien en buen suelo y, además, su pérdida volumétrica en el desenrollo es baja. En choperas a raíz superficial, debe evitarse la aplicación de riegos abundantes en épocas calurosas, por su sensibilidad a *Marssonina brunnea*. Es un clon que ha sido plantado en algunas comarcas castellano-leonesas con excelentes rendimientos y todavía sigue utilizándose en proporciones apreciables.

Raspalje



Especie: *Populus* ×*interamericana*

País de origen: Bélgica

Año de obtención: 1961

Sexo: femenino

Es un clon de tronco muy recto, corteza lisa, copa simétrica y buena dominancia apical. Acepta una gran variedad de suelos, incluso los no aluviales y los ácidos. Pero no soporta la hidromorfía en primavera, sobre todo los ejemplares jóvenes, que se debilitan y quedan expuestos a ataques de patógenos. Ha demostrado tener muy buen crecimiento, tanto en suelos fértiles como en los pobres. También ha manifestado una buena tolerancia a algunas adversidades, especialmente ante ataques de marsonina, pulgón lanígero y leucoma. Es más tolerante a las royas que otros clones interamericanos como 'Beaupré' y 'Unal'.

Triplo



Especie: *Populus* ×*euramericana*

País de origen: Italia

Año de obtención: 1958

Sexo: masculino

Posee un tronco recto y cilíndrico, a veces ligeramente sinuoso, cuya corteza se hace pronto muy rugosa. Se trata de un clon que puede cultivarse en todos los suelos aluviales que no contengan un exceso de arcilla; tolera muy bien la caliza activa en profundidad. Como desventajas, hay que señalar su tendencia a la bifurcación del fuste y el hecho de presentar ramas numerosas, lo que impone una especial atención en las podas. Es muy tolerante a la mayoría de las adversidades de los chopos, excepto al pulgón lanígero, ante el que presenta una gran sensibilidad. De crecimiento lento al principio, suele superar a 'I-214' al final del turno. Se utiliza en muy pequeñas proporciones en Castilla y León, a pesar de su adaptación a distintos tipos de estaciones y su resistencia a varios patógenos de especial incidencia.

Unal

Especie: *Populus* ×*interamericana*

País de origen: Bélgica

Año de obtención: 1961

Sexo: masculino

Tronco recto, corteza lisa y fuerte dominancia apical. Es un poco exigente para ser interamericano, ya que no le gusta la arcilla, ni la turba, ni la hidromorfía, ni la caliza activa. Como 'Triplo', tiene ramas numerosas, lo que le hace de difícil manejo en vivero. Es sensible a las royas, especialmente a *Melampsora larici-populina*, aunque algo menos que 'Beaupré'. Es interesante en la recuperación de terrenos marginales, pero el incremento de su empleo se debe a su buen crecimiento en terrenos aluviales.



49-177

Especie: *Populus* ×*interamericana*

País de origen: Estados Unidos

Año de obtención: 1980

Sexo: femenino

De tronco recto y buena dominancia apical, puede desarrollarse en una gran amplitud de tipos de suelos. Hasta ahora, prácticamente sólo se ha plantado en parcelas de experimentación, en las que su crecimiento ha resultado claramente superior al de 'I-214', lo que le hace muy prometedor para la populicultura de Castilla y León.



Anexos



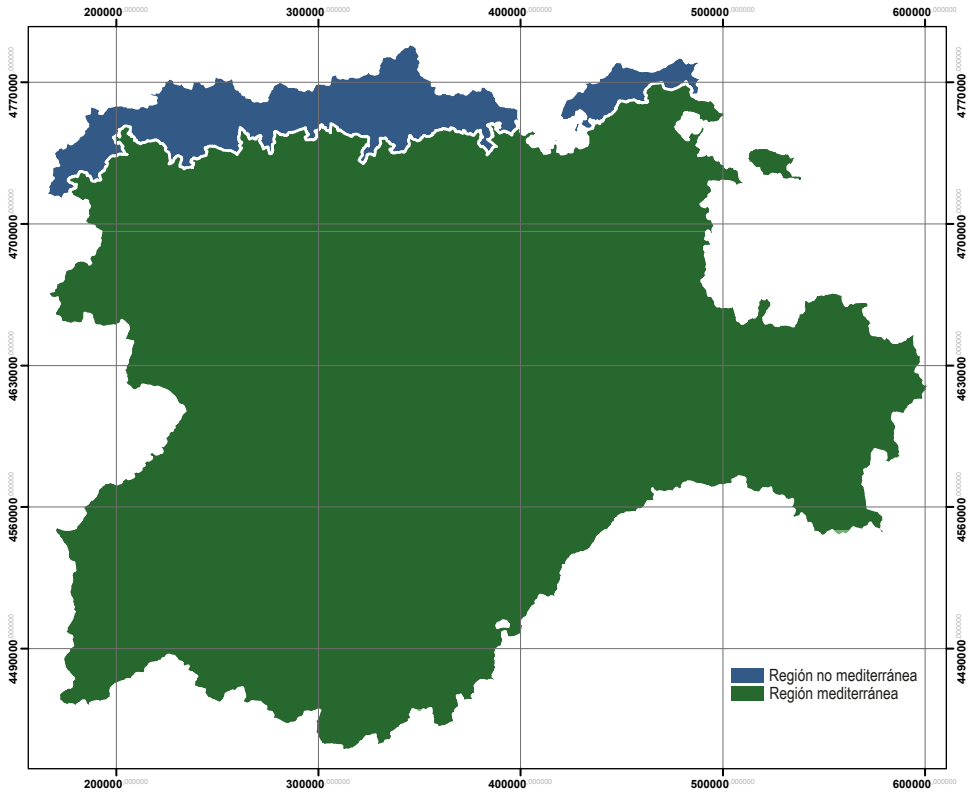
Anexo I Términos municipales de región no mediterránea

Provincia de Burgos: Alfoz de Bricia, Alfoz de Santa Gadea, Arija, Espinosa de los Monteros, Merindad de Montija, Merindad de Sotoscueva, Merindad de Valdeporres, Valle de Mena, Valle de Valdebezana.

Provincia de León: Acebedo, Balboa, Barjas, Boca de Huérgano, Boñar, Burón, Cabrillanes, Candín, Cármenes, Carrocera, Cistierna, Crémenes, Igüeña, La Pola de Gordón, Los Barrios de Luna, Maraña, Matallana de Torío, Murias de Paredes, Oencia, Oseja de Sajambre, Palacios del Sil, Páramo del Sil, Peranzanes, Posada de Valdeón, Prioro, Puebla de Lillo, Reyero, Riaño, Riello, Sabero, San Emiliano, Sena de Luna, Trabadelo, Valdelugueros, Valdepiélago, Valderrueda, Vega de Espinareda, Vega de Valcarce, Vegacervera, Villablino, Villafranca del Bierzo, Villamanín.

Provincia de Palencia: Barruelo de Santullán, Brañosera, Cervera de Pisuerga, La Pernía, Polentinos, San Cebrián de Mudá, Triollo, Velilla del Río Carrión.

Todos los demás términos municipales de Castilla y León pertenecen a la región mediterránea.



Regiones mediterránea y no mediterránea en Castilla y León
(adaptado de las Regiones Biogeográficas Terrestres - actualización 8/2014, BDN - MAGRAMA).

Anexo II Tablas de cubicación

Populus ×euramericana

$v = -93{,}0 + 0{,}0346 d^2 h$
$R^2 = 0{,}96$
$n = 419$

d: diámetro normal (cm)
h: altura total (m)
v: volumen con corteza (dm^3)

h / d	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
15	24	32	39	47	55	63	71	78	86												
16	40	49	58	66	75	84	93	102	111												
17	57	67	77	87	97	107	117	127	137	147	157										
18	75	86	98	109	120	131	142	154	165	176	187										
19	94	107	119	132	144	157	169	182	194	207	219										
20	115	128	142	156	170	184	198	211	225	239	253	267	281								
21	136	151	166	182	197	212	227	243	258	273	288	304	319	334							
22	158	175	192	208	225	242	259	275	292	309	326	342	359	376							
23	182	200	218	236	255	273	291	310	328	346	365	383	401	420	438						
24	206	226	246	266	286	306	326	345	365	385	405	425	445	465	485						
25	231	253	275	296	318	340	361	383	404	426	448	469	491	513	534	556	577	599			
26	258	281	305	328	351	375	398	422	445	468	492	515	539	562	585	609	632	655	679		
27	285	311	336	361	386	411	437	462	487	512	538	563	588	613	638	664	689	714	739	765	790
28	314	341	368	395	422	450	477	504	531	558	585	612	639	667	694	721	748	775	802	829	856
29	343	373	402	431	460	489	518	547	576	605	634	664	693	722	751	780	809	838	867	896	925
30	374	405	436	468	499	530	561	592	623	654	686	717	748	779	810	841	872	903	935	966	997
31			472	506	539	572	605	639	672	705	738	772	805	838	871	905	938	971	1004	1038	1071
32			509	545	580	616	651	686	722	757	793	828	864	899	934	970	1005	1041	1076	1112	1147
33			548	585	623	661	698	736	774	811	849	887	924	962	1000	1037	1075	1113	1150	1188	1226
34			587	627	667	707	747	787	827	867	907	947	987	1027	1067	1107	1147	1187	1227	1267	1307
35			628	670	712	755	797	839	882	924	967	1009	1051	1094	1136	1179	1221	1263	1306	1348	1390
36			669	714	759	804	849	894	938	983	1028	1073	1118	1163	1207	1252	1297	1342	1387	1432	1476
37					807	854	902	949	996	1044	1091	1139	1186	1233	1281	1328	1375	1423	1470	1518	1565
38					856	906	956	1006	1056	1106	1156	1206	1256	1306	1356	1406	1456	1506	1556	1606	1656
39					907	960	1012	1065	1117	1170	1223	1275	1328	1381	1433	1486	1538	1591	1644	1696	1749
40						1014	1070	1125	1180	1236	1291	1346	1402	1457	1512	1568	1623	1679	1734	1789	1845
41						1070	1128	1187	1245	1303	1361	1419	1477	1536	1594	1652	1710	1768	1826	1885	1943
42						1128	1189	1250	1311	1372	1433	1494	1555	1616	1677	1738	1799	1860	1921	1982	2043
43						1187	1251	1314	1378	1442	1506	1570	1634	1698	1762	1826	1890	1954	2018	2082	2146
44									1448	1515	1582	1649	1716	1783	1850	1917	1984	2051	2118	2185	2252
45									1519	1589	1659	1729	1799	1869	1939	2009	2079	2149	2219	2289	2359
46												1811	1884	1957	2030	2103	2177	2250	2323	2396	2469
47												1894	1971	2047	2124	2200	2276	2353	2429	2506	2582
48												1980	2059	2139	2219	2299	2378	2458	2538	2617	2697
49												2067	2150	2233	2316	2399	2482	2565	2648	2732	2815
50												2156	2243	2329	2416	2502	2589	2675	2762	2848	2935

Populus ×interamericana

$v = -34{,}2 + 0{,}0311 d^2 h$
$R^2 = 0{,}98$
$n = 112$

d: diámetro normal (cm)
h: altura total (m)
v: volumen con corteza (dm^3)

h / d	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
15	71	78	85	92	99	106	113														
16	85	93	101	109	117	125	133	141	149	157											
17	101	110	119	128	137	146	155	164	173	182											
18	117	127	137	147	157	167	177	187	198	208	218										
19	134	145	157	168	179	190	202	213	224	235	246	258	269								
20	152	165	177	190	202	215	227	239	252	264	277	289	302	314							
21	172	185	199	213	226	240	254	268	281	295	309	322	336	350							
22	192	207	222	237	252	267	282	297	312	327	342	357	372	387							
23	213	229	245	262	278	295	311	328	344	361	377	394	410	426	443						
24	235	252	270	288	306	324	342	360	378	396	414	432	449	467	485	503					
25	257	277	296	316	335	355	374	393	413	432	452	471	491	510	529	549					
26		302	323	344	365	386	407	428	449	470	491	512	533	554	575	597					
27		329	351	374	397	419	442	465	487	510	533	555	578	601	623	646	669				
28		356	380	405	429	453	478	502	527	551	575	600	624	649	673	697	722	746	770	795	
29				437	463	489	515	541	567	594	620	646	672	698	724	750	777	803	829	855	881
30				470	498	526	554	582	610	638	666	694	722	750	778	806	833	861	889	917	945
31				504	534	564	593	623	653	683	713	743	773	803	833	862	892	922	952	982	1012
32				539	571	603	635	666	698	730	762	794	826	857	889	921	953	985	1017	1049	1080
33					609	643	677	711	745	779	812	846	880	914	948	982	1016	1050	1083	1117	1151
34					649	685	721	757	793	829	865	901	936	972	1008	1044	1080	1116	1152	1188	1224
35					690	728	766	804	842	880	918	956	994	1033	1071	1109	1147	1185	1223	1261	1299
36					732	772	812	853	893	933	973	1014	1054	1094	1135	1175	1215	1256	1296	1336	1376
37					775	817	860	902	945	988	1030	1073	1115	1158	1200	1243	1286	1328	1371	1413	1456
38					819	864	909	954	999	1044	1088	1133	1178	1223	1268	1313	1358	1403	1448	1493	1538
39							959	1006	1054	1101	1148	1196	1243	1290	1338	1385	1432	1479	1527	1574	1621
40							1011	1061	1110	1160	1210	1260	1309	1359	1409	1459	1508	1558	1608	1658	1707
41								1116	1168	1220	1273	1325	1377	1430	1482	1534	1586	1639	1691	1743	1796
42								1173	1228	1282	1337	1392	1447	1502	1557	1612	1666	1721	1776	1831	1886
43									1288	1346	1403	1461	1518	1576	1633	1691	1748	1806	1863	1921	1978
44									1351	1411	1471	1531	1591	1652	1712	1772	1832	1892	1953	2013	2073
45										1477	1540	1603	1666	1729	1792	1855	1918	1981	2044	2107	2170
46										1545	1611	1677	1743	1808	1874	1940	2006	2072	2137	2203	2269
47										1615	1683	1752	1821	1889	1958	2027	2095	2164	2233	2302	2370
48														1972	2044	2115	2187	2259	2330	2402	2474
49																2206	2281	2355	2430	2505	2579
50																2298	2376	2454	2532	2609	2687

Colección de documentos técnicos
para una gestión forestal sostenible

Junta de
Castilla y León