



0000955

Populus



Potencialidad de
Especies y Sitios para
una Diversificación
Silvícola Nacional

MONOGRAFIA

ALAMO

INFOR - CONAF

Populus spp

Los Alamos tienen un fuste recto y cilíndrico de hasta 35 m. de altura y 2 m. de diámetro, generalmente de crecimiento muy rápido. Son especies exigentes en agua, luz y suelo; en Chile existen plantaciones entre Aconcagua y Bío-Bío principalmente, aunque en el último tiempo se ha estado plantando también en la X Región. Se manejan en rotaciones de 10 a 16 años, con rendimientos sobre los 300 m³/ha. La madera se emplea en forma aserrada y es también muy demandada para la fabricación de fósforos, palitos de helado y de arroz, así como para la producción de embalajes

AUTORES:

Verónica Loewe M.

Manuel Toral I.

María Paulina Fernández Q.

Gabriel Pineda B.

Claudia López L.

Elizabeth Urquieta N.

CONTRAPARTE TÉCNICA CONAF:

Michael Bourke

Armando Sanhueza

Fe de erratas

Página 76 fórmula, debe decir:

$$VES = \frac{V(R) + \sum IN_i (1+i)^{R-1} - C}{(1+i)^R - 1} - \frac{a}{i}$$

donde: A = Costo anual de administración (\$/ha año), debe decir,

a = Costo anual de administración (\$/ha/año)

En ANEXO VIII, Distribución potencial de Pinus Álamo debe decir Álamo

176.23(83)
COE a
C. 3

POTENCIALIDAD DE ESPECIES Y SITIOS PARA UNA DIVERSIFICACIÓN SILVÍCOLA NACIONAL



Monografía de ÁLAMO

Populus spp.

11923



Registro de propiedad intelectual n° 99123
Santiago de Chile, 1997.

Autor: **INFOR - CONAF**

Equipo de trabajo.

VERÓNICA LOEWE M.
MANUEL TORAL L.
CLAUDIA LÓPEZ L.
ELIZABETH URQUIETA N.

Contraparte técnica:

MICHAEL W. BOURKE
ARMANDO SANHUEZA S.

Financiamiento de la presente edición:

FUNDACIÓN PARA LA INNOVACIÓN AGRARIA, F.I.A.
Ministerio de Agricultura. Chile.

CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL, CONAF
Ministerio de Agricultura. Chile.

INSTITUTO FORESTAL, INFOR
Corporación de Fomento a la Producción. Chile.

Esta publicación se terminó de imprimir en Noviembre de 1998.

El texto reproducido y las opiniones vertidas en este documento, son de responsabilidad exclusiva de los autores

Fue impreso por: Neuenschwander & Cruz. Santiago Chile



ÍNDICE

ÍNDICE

Prólogo

1.	ANTECEDENTES GENERALES	11
1.1	CLASIFICACIÓN BOTÁNICA	11
1.2	DESCRIPCIÓN DEL ÁRBOL	12
1.3	DISTRIBUCIÓN	12
1.3.1	Distribución natural	12
1.3.2	Distribución en Chile	13
1.4	ASPECTOS REPRODUCTIVOS	13
1.5	ASPECTOS GENÉTICOS	15
1.5.1	Características de algunos cultivares promisorios para Chile	20
1.5.1.1	Populus x euramericana cv. I-154 (A. Mussolini)	20
1.5.1.2	Populus x euramericana cv. I-214	21
1.5.1.3	Populus x euramericana cv. I-488	21
1.5.1.4	Populus x euramericana cv. I-63/51	22
2.	PRODUCCIÓN	25
2.1	MADERA	25
2.1.1	Características y clasificación	25
2.1.2	Productividad (rotaciones)	28
2.1.3	Producción nacional	29
2.1.4	Exportaciones forestales chilenas de Álamo	30
2.1.4.1	Principales productos exportados	30
2.1.5	Producción mundial	30
2.1.6	Aprovechamiento	31
2.1.7	Precios en el mercado interno	33
2.1.8	Algunas consideraciones técnicas	33
3.	REQUERIMIENTOS ECOLÓGICOS	35
3.1	SUELOS	35
3.1.1	Profundidad	36
3.1.2	Textura	36
3.1.3	Estructura	36
3.1.4	Reacción del suelo	37
3.1.5	Permeabilidad	37
3.1.6	Disponibilidad hídrica	37
3.1.7	Disponibilidad de nutrientes	38



3.1.8	Especies indicadoras de la calidad del sitio	39
3.2	CLIMA	39
4.	PRINCIPALES DAÑOS	41
4.1	AGENTES ABIÓTICOS	41
4.1.1	Fuego	41
4.1.2	Heladas tardías	41
4.1.3	Heladas precoces	41
4.1.4	Vientos regulares	41
4.1.5	Vendavales	42
4.1.6	Insolación	42
4.1.7	Daños de origen químico	42
4.1.8	Daños por contaminación	42
4.2	AGENTES BIÓTICOS	42
4.2.1	Agentes detectados en Chile	43
4.2.1.1	Armillaria mellea (Fr.) Karts	43
4.2.1.2	Cytospora chrysosperma (Pers.) Fr.	43
4.2.1.3	Melampsora spp.	44
4.2.1.4	Taphrina aurea (Pers.) Fr. (Sin: T. populina Fr.)	45
4.2.1.5	Phomopsis spp.	45
4.2.1.6	Melanophila picta Pall (insecto barrenador)	45
4.2.1.7	Pteraeoma spp.	46
4.2.1.8	Rhyeppenness maillei	46
4.2.1.9	Tuberolachnus salignus Gmel. (Lachninae) ..	46
4.2.1.10	Phrygilanthus tetrandruset Pav. Eichl.(quintral del Álamo)	46
4.2.2	Agentes detectados en Argentina	46
4.2.3	Plagas cuarentenarias del Álamo	48
4.2.3.1	Cryptodiaporthe populea (Sacc.) Butin. (Sin: Diaporthe populea)	48
4.2.3.2	Melampsora medusae Thüm, "Roya del Álamo"	48
4.2.3.3	Mycosphaerella populorum Thompson, "Cancrosis de los Álamos"	48
4.2.3.4	Xanthomonas populi (Ridé), "Cancro bacteriano del Álamo"	49
4.2.4	Recomendaciones	49

5.	SILVICULTURA Y MANEJO	51
5.1	PROPAGACIÓN	51
5.1.1	Viverización	51
5.1.1.1	Obtención de las cepas madres	51
5.1.1.2	Características de las estaquillas	51
5.1.1.3	Época de recolección	52
5.1.1.4	Estaquillado	52
5.1.1.5	Control de malezas y labores culturales del vivero	52
5.1.1.6	Producción	52
5.2	ESTABLECIMIENTO	53
5.2.1	Plantación	53
5.2.1.1	Lugar y tipo de plantación	53
5.2.1.2	Época de plantación	54
5.2.1.3	Material de plantación	54
5.2.1.4	Mantención de las varetas fuera del vivero	55
5.2.1.5	Poda de la varetas	55
5.2.1.6	Preparación del terreno	56
5.2.1.7	Profundidad de plantación	56
5.2.1.8	Distancia de plantación	58
5.2.1.9	Labores culturales	60
5.2.1.10	Control del sotobosque y malezas	60
5.2.1.11	Fertilización	61
5.2.1.12	Riego	62
5.2.1.13	Replante	65
5.2.1.14	Control de plagas	66
5.3	MANEJO	66
5.3.1	Raleos	66
5.3.2	Podas	66
5.3.2.1	Poda de formación	66
5.3.2.2	Poda de limpieza del fuste	67
5.3.2.3	Esquemas de poda	67
5.3.2.4	Época de poda	70
5.4	CULTIVOS ASOCIADOS	70
6.	EVALUACIÓN ECONÓMICA	75
6.1	ANTECEDENTES GENERALES SITUACIONES EVALUADAS	75
6.2	MARCO DE EVALUACIÓN	75
6.3	ANTECEDENTES BÁSICOS	76

6.3.1	Indicadores económicos	76
6.3.2	Valor de la jornada de trabajo para los escenarios evaluados	76
6.4	ESQUEMAS DE MANEJO SEGÚN TIPO DE ESCENARIOS Y ZONAS EVALUADAS	77
6.5	COSTOS DIRECTOS	113
6.5.1	Costos de establecimiento	113
6.5.2	Costos de cuidados posteriores	113
6.5.3	Costos de manejo	113
6.5.4	Costos de cosecha	114
6.5.5	Costos de administración	114
6.5.6	Costos de mantención	114
6.5.7	Costos de protección forestal	114
6.6	VALOR DE LOS PRODUCTOS	114
6.7	RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN ECONÓMICA	115
7.	OBTENCIÓN DE ZONAS POTENCIALES PARA EL ESTABLECIMIENTO DE ÁLAMO, VI - X REGIÓN	119
7.1	INTRODUCCIÓN	119
7.2	RESUMEN DE LAS ÁREAS REGIONALES POTENCIALES PARA ÁLAMO	119
7.3	METODOLOGÍA PARA LA OBTENCIÓN DE ZONAS POTENCIALES PARA EL ESTABLECIMIENTO DE ÁLAMO, REGIONES VI - X	121
7.3.1	Zona de estudio	121
7.3.2	Información general utilizada	121
7.3.3	Información específica	121
7.3.4	Requerimientos ecológicos de Álamo	122
7.3.4.1	Período vegetativo	122
7.3.4.2	Temperaturas mínimas absolutas	122
7.3.4.3	Precipitación período vegetativo	122
7.3.4.4	Disponibilidad de agua período vegetativo ..	122
7.3.4.5	Drenaje del suelo	123
7.3.4.6	Reacción del suelo	123
7.3.4.7	Profundidad efectiva del suelo	123
7.3.4.8	Textura del suelo	123
7.3.4.9	Altitud	124

7.4	ZONAS POTENCIALES PARA ESTABLECIMIENTO DE ÁLAMO CON DISPONIBILIDAD NATURAL DE AGUA, REGIONES VIII-X	124
7.4.1	Área potencial para Álamo en la VIII Región	124
7.4.2	Área potencial para Álamo en la IX Región	127
7.4.3	Área potencial para Álamo en la X Región	128
7.5	ZONAS POTENCIALES PARA EL ESTABLECIMIENTO DE ÁLAMO CON DISPONIBILIDAD ARTIFICIAL DE AGUA, REGIONES VI - X.....	130
7.5.1	Área potencial para Álamo en la VI Región	130
7.5.2	Área potencial para Álamo en la VII Región del Maule.....	131
7.5.3	Área potencial para Álamo en la VIII Región	132
7.5.4	Área potencial para Álamo en la IX Región	132
7.5.5	Área potencial para Álamo en la X Región	133
	COMUNICACIONES PERSONALES	135
	Bibliografía	137
	Anexos	145

ANEXO I : CUADRO RESUMEN

ANEXO II : ESQUEMA DE PODA PARA UNA PLANTACIÓN DE ÁLAMO PROVENIENTE DE VARETAS DE UN AÑO DE EDAD

ANEXO III : RESUMEN DE COSTOS CON RIEGO

ANEXO IV : RESUMEN DE INGRESOS CON RIEGO

ANEXO V : RESUMEN DE COSTOS SIN RIEGO

ANEXO VI : ZONAS POTENCIALES CON DISPONIBILIDAD NATURAL DE AGUA

ANEXO VII : ZONAS POTENCIALES CON DISPONIBILIDAD ARTIFICIAL DE AGUA

PRÓLOGO

En el año 1995, el sector forestal supera, por primera vez, los dos mil millones de dólares como valor total de las exportaciones de productos a partir, principalmente, de las plantaciones de Pino radiata y Eucalipto. El mismo año se pone en marcha el Proyecto Catastro de la Vegetación Nativa, instrumento que materializa el anhelo nacional por conocer el estado de estos recursos. Y, también ese año, se establece la necesidad de enfrentar la diversificación de las plantaciones forestales, mediante la puesta en marcha de un Programa de Diversificación, impulsado por la Corporación Nacional Forestal.

El propósito de diversificar demuestra el grado de madurez que ha alcanzado la Nación en esta materia, al proponerse un paso de gran importancia y un nuevo impulso al dinamismo del desarrollo forestal.

Para llevar a cabo esta tarea, cuyos propósitos son ampliar la base de sustentación de la silvicultura nacional y orientar una producción de mayor valor agregado hacia nuevos mercados, fue necesario, en primer lugar reunir las bases fundamentales del conocimiento disponible. Para ello se ha elaborado el material bibliográfico que a continuación se presenta, una colección de 11 Monografías de las siguientes especies: Lenga, Roble, Raulí, Coigüe y Canelo, entre las nativas, Pino oregón, Álamo, Castaño, Aromo australiano, Eucalipto regnans y Pino piñonero entre las exóticas y una detallada cartografía, a escala 1:250.000, que ilustra el área potencial de ellas, excepto Lenga y Canelo.

Las dos instituciones estatales del sector, la Corporación Nacional Forestal y el Instituto Forestal, han unido esfuerzos durante más de dos años para llevar a cabo este objetivo, el cual se inició mediante un riguroso proceso de selección de especies a partir de más de doscientas opciones iniciales. Durante este proceso participó un grupo de prestigiados especialistas en la materia, hasta llegar a las once que serían definitivamente elegidas y objeto del estudio detallado.

El equipo de trabajo, compuesto por investigadores de INFOR dirigidos por la ingeniero forestal Verónica Loewe y, como contraparte técnica de la Corporación Nacional Forestal, los ingenieros forestales Michael Bourke y Armando Sanhueza, puso en práctica una metodología de estudio basada en la observación y análisis de los Factores Limitantes al crecimiento de las especies, logrando resultados en tres campos principales de información:

- a: caracterización de las especies escogidas en cuanto a sus requerimientos esenciales de suelo y clima;
- b: definición de los sitios en los cuales pueden obtenerse buenos desarrollos;
- c: examen de las condicionantes económicas de estos cultivos en varios escenarios.

Diversas instituciones y profesionales también participaron en el proceso aportando valiosa información y experiencias. Especial mención le cabe a la Compañía Agrícola y Forestal El Álamo, mediante el concurso del ingeniero forestal señor Jaime Ulloa, quien aportó valiosos antecedentes sobre el cultivo del Álamo. Así mismo Viveros Máfil, por intermedio del ingeniero forestal señor Fernando Schultz, aportó antecedentes sobre la misma especie. El ingeniero forestal señor Herbert Siebert entregó importante información sobre el cultivo del Aromo australiano. También el profesor Iván Chacón, de la Universidad de Talca, tuvo una destacada labor en la elaboración de la información económica.

A todos ellos y a otros profesionales que colaboraron entusiasta y desinteresadamente, nuestra gratitud

Gonzalo Paredes Veloso
Director Ejecutivo
Instituto Forestal
INFOR

José Antonio Prado Donoso
Director Ejecutivo
Corporación Nacional Forestal
CONAF

1.

ANTECEDENTES GENERALES

1.1 CLASIFICACIÓN BOTÁNICA

Los Álamos pertenecen al orden Salicales, familia Salicaceae, género *Populus* (Del Prato, 1981), que está conformado por más de treinta especies, a partir de las cuales se ha obtenido un centenar de híbridos de alta calidad forestal (FAO, 1980). Las especies reconocidas se agrupan en cinco secciones y varias subsecciones, cada una con especies representativas (Carnevale, 1955; FAO; 1980).

Sección Turanga,

distribuida en Asia Oriental y Central, Norte de África y España:

Populus euphratica Oliv.

Populus ilicitana

Sección Leuce:

- Subsección Albidae,

distribuida en el área circunmediterránea, alcanzando Europa Oriental:

Populus alba

- Subsección Trepidae,

distribuida en el área boreal y montañosa de Eurasia y América del Norte:

Populus tremula

Sección Aigeiros,

distribuida en América septentrional y Región circunmediterránea:

Populus deltoides

Populus euramericana

Populus nigra

Sección Tacamahaca,

distribuida en el área boreal y montañosa de América septentrional y en Asia Central:

Populus simonii

Populus trichocarpa

Sección Leucoide,
en América sudoriental y Asia Central:
Populus lasiocarpa Oliv.
Populus heterophylla

1.2 DESCRIPCIÓN DEL ÁRBOL

En general son plantas dioicas, que florecen en primavera (Del Prato, 1981). Presentan hojas deciduas, ensanchadas triangulares, en forma de rombo, a veces orbiculares o lanceoladas, de pecíolos largos; muestran polimorfismo foliar. Sus yemas son alargadas, a menudo puntiagudas, cubiertas por varias escamas imbricadas, con la yema terminal mayor que las laterales (FAO, 1980). Las flores son desnudas, unisexuales, y están distribuidas en amentos. El fruto es una cápsula con numerosas semillas provistas de un vilano algodonoso (*Op. cit.*).

Los Álamos tienen copa amplia, fuste recto, cilíndrico y poseen corteza de color castaño. Pueden alcanzar hasta 35 m de altura y 2 m de diámetro (Vita, 1977). En general, son especies de rápido crecimiento, por su gran capacidad fotosintética, pero son muy exigentes (Barros y Aguirre, 1980; FAO, 1980) sobre todo en agua, luz y suelo, y muy sensibles a la competencia. Su alto requerimiento de luz los hace muy intolerantes, por lo que requieren gran distancia de plantación (Vita, 1977).

Su sistema radicular es muy extendido superficialmente, lo que significa gran competencia para los cultivos adyacentes. Experiencias italianas señalan que en la medida que la profundidad de la napa freática lo imponga, estos individuos pueden desarrollar un doble sistema radicular, consistente en un nivel superior de raíces perpendiculares al eje del árbol y un conjunto de raíces muy cortas en contacto con la napa húmeda, que aprovisionan de agua al árbol. La plasticidad de sus raíces le permite habitar suelos con napas freáticas altas, activando las raíces superficiales, desarrollando otras en profundidad a fin de fijar el ejemplar, aún cuando estas últimas queden sumergidas (*Op. cit.*)

1.3 DISTRIBUCIÓN

1.3.1 Distribución natural

Los Álamos se distribuyen en forma natural en Asia Oriental y Central, Norte de África, Europa y América. Los países que presentan una mayor superficie nativa cubierta con Álamos nativos son Canadá y Estados Unidos, con alrededor de 20 millones de hectáreas (FAO, 1980; Chaturvedi y Rawat, 1994).

1.3.2 Distribución en Chile

En nuestro país los Álamos crecen a lo largo del territorio nacional hasta Tierra del Fuego, y desde el nivel del mar hasta los 1.600 msnm (Ministerio de Agricultura, s/f). Las plantaciones se concentran entre Aconcagua y Bío-Bío, pero en el último tiempo han adquirido un renovado impulso también en la X Región (Díaz-Vaz, 1991).

1.4 ASPECTOS REPRODUCTIVOS

La floración se produce antes de la foliación, en primavera. Luego, el fruto es dispersado por el viento, gracias al vilano algodonoso que lo cubre. La semilla pierde rápidamente su capacidad de germinación (FAO, 1980).

La reproducción sexual de la especie es poco frecuente ya que la germinación de sus semillas se ve impedida por ataque de hongos, además de requerir mucha luz y humedad. Por esta razón y, dada su gran capacidad de reproducción vegetativa, los Álamos son propagados principalmente por varetas o estacas largas, quedando la reproducción sexual para la investigación y obtención de híbridos (Vita, 1977).

Barros y Aguirre (1980) indican que la hibridación es frecuente entre árboles de diferentes especies y sexo complementario.

Actualmente se está probando la posibilidad de usar tallos herbáceos para la reproducción del Álamo, y así obtener, de una muestra pequeña de un clon de interés, muchos ejemplares en menor tiempo. Los resultados han sido satisfactorios y presentan a esta alternativa como promisoría en la reproducción del Álamo (Siniscalco y Pavolettoni, 1989).

La selección del material de propagación vegetativa es de suma importancia en el cultivo del Álamo, y este tipo de propagación es el único medio que permite capturar en forma inmediata toda la ganancia genética de la especie o clon en uso. Sin embargo, se ha observado que guías (ramas) tomadas de diferentes partes de un mismo árbol, o estacas tomadas de distintas partes de una misma guía presentan crecimiento diferente en una plantación. Estas variaciones intraclonales son suficientes para anular gran parte de la ventaja potencial de la clonación. Las diferencias pueden manifestarse en el crecimiento y vigor, o en la morfología de la nueva planta. Ésto se debe a que las propiedades morfológicas y fisiológicas cambian a lo largo del árbol del cual se sacarán las estacas, como consecuencia de la maduración del meristema apical y de los meristemas laterales, siendo este proceso transmitido a las estacas (ramets) mediante la propagación vegetativa (Martínez *et al.*, 1994).

Las relaciones ortet-ramet más conocidas por su influencia son la topófisis y la ciclófisis. La primera corresponde a la variación de crecimiento de las estacas tomadas de diferentes lugares a lo largo de una guía (rama), o también ha sido definida como la ubicación de la estaca dentro de una guía original.

La ciclófisis se entiende como el proceso de maduración de los meristemas apicales (*Op. cit.*).

Se han realizado ensayos para determinar si los fenómenos de topófisis y ciclófisis, afectan la capacidad de enraizamiento y la modalidad de crecimiento de los brotes de estacas de *Populus deltoides* en los primeros años de su desarrollo en vivero y su posterior comportamiento en la plantación. En estos ensayos se ha observado una marcada diferencia en el porcentaje de enraizamiento (supervivencia), dependiendo de si las estacas provienen de la parte basal, media o apical de la rama. Los resultados indican una marcada influencia de la topófisis, por lo que las estacas basales poseen mayor porcentaje de enraizamiento, en segundo lugar vienen las estacas apicales y finalmente las estacas de la porción media. De acuerdo con Alonzo y Sancho (*cit. por* Martínez *et al.*, 1994), el fenómeno de la topófisis puede ser anulado con una correcta selección de estacas. Otros autores recomiendan eliminar los extremos de las guías o simplemente el extremo apical, ya que encontraron diferencias significativas de crecimiento, rendimiento y supervivencia de estacas de Álamos al comparar el 20 % apical con el resto de la guía (Martínez *et al.*, 1994).

Se ha observado una marcada correlación positiva entre la capacidad de enraizamiento y el diámetro de las estacas (Rossi, 1993; Martínez *et al.*, 1994).

Al analizar la influencia de la ciclófisis y la topófisis en el hábito de crecimiento de las estacas Martínez *et al.* (1994) observaron también que el ángulo de inserción de la guía de la cual se obtienen las estacas presenta una estrecha relación con la arquitectura posterior de la planta. Esto es, las plantas que se originan de guías plagiotrópicas muestran un marcado plagiotropismo de sus ramas en el primer año de crecimiento, mientras que si la guía que le dio origen es ortotrópica, las ramas de la nueva planta tienden a la vertical. Esto coincide con lo observado por otros autores que citan crecimiento plagiotrópico en plantas provenientes de propagación vegetativa, cuyo efecto varía con la especie, genotipo, edad y parte de la planta de donde proviene la estaca (Walker; Flanelet *et al.*, *cit. por* Martínez *et al.*, 1994).

Por otra parte, las estacas basales que provienen de ramas horizontales, originaron brotes con un mayor crecimiento en longitud y menor ángulo de inserción respecto a las estacas basales que provenían de ramas verticales. La misma tendencia se observó respecto al número de hojas (Martínez *et al.*, 1994).

Las plantas que provienen de estacas basales de guías de crecimiento plagiotrópico presentan mayor producción de biomasa el primer año de crecimiento que las que provienen de guías de crecimiento ortotrópico.

En resumen, las plantas provenientes de guías de crecimiento plagiotrópico generan el primer año plantas con brotes de igual tendencia y además, con mayor producción de ramas, hojas y biomasa (*Op. cit.*). Todo esto indica que se debe considerar el origen del material a plantar, tanto por su ciclófisis como topófisis, con el fin

de mejorar y hacer uniformes las plantaciones en sus primeras etapas de crecimiento.

En la reproducción por estacas FAO (1980) indica que estacas tomadas de tallos de un año de edad y con un diámetro de 10 a 20 mm en la parte central, son consideradas adecuadas para la propagación de Álamos en vivero.

Por otra parte, Rossi (1993) ha encontrado en ensayos con *Populus rasumowskiana* que el diámetro de las estacas tiene un efecto significativo sobre el enraizamiento y crecimiento inicial del Álamo. En cambio se ha encontrado una baja correlación entre el tamaño de la estaca y su crecimiento posterior.

Rossi (1993) también estudió la sobrevivencia y desarrollo de estacas sacadas directamente del tallo principal (excluyendo el ápice) y de ramas de primer orden (ramas principales). Concluyó que por una parte, el descartar las puntas de los tallos asegura una mayor calidad en las estacas. Si se necesitan estacas especialmente vigorosas es mejor usar solamente la mitad basal del tallo. También determinó que las ramas de primer orden son igualmente adecuadas como material para estacas, obteniendo mejor crecimiento en altura que las estacas provenientes del tallo principal.

1.5 ASPECTOS GENÉTICOS

Como ya fue mencionado, los Álamos tienen gran facilidad para formar híbridos entre especies del mismo género. Por otra parte, su reproducción vegetativa vía estacas (asexual) permite obtener clones del híbrido o especie de interés para el cultivador. Por esta razón, el cultivo del Álamo se ha basado principalmente en el uso de híbridos clonados, seleccionados y mejorados.

Entre los objetivos principales de la mejora de los Álamos se han destacado (FAO, 1980):

- adaptación al medio
- resistencia a las enfermedades
- resistencia a los insectos
- mayores rendimientos en volumen (mediante la obtención de poliploides, correspondiente a individuos genéticamente triploides en vez de diploides)

Las especies de mayor relevancia son *Populus alba*, *P. deltoides* y *P. nigra*, pero existen numerosos híbridos y cultivares que en la repoblación artificial con Álamos tienen mayor importancia (Barros y Aguirre, 1980).

Es así como en Europa, según Valadon y Terrason (1993) y Terrason y Valadon (1994) existen 128 variedades monoclonales o multiclonales catalogadas y a disposición de los cultivadores en viveros especializados. Existe información técnica para la mayoría de las variedades, pero no todas han sido probadas en todas las áreas, por lo que se requiere especial prudencia al momento de elegir una variedad para determinado sitio. Por esta razón los cultivares de Álamo en Europa están clasificados en:

- proscrito, riesgo sanitario grave
- sin interés, crecimiento bajo o comportamiento sanitario mediocre
- cultivo posible para una determinada parte del territorio nacional
- comportamiento desconocido, prudencia indispensable

Respecto de la nomenclatura empleada en la denominación de estos cultivares híbridos se indica que **cv** significa cultivar y la letra **x** señala la condición de híbrido (Vita, 1977).

Por otra parte, la mayoría de los híbridos entre *Populus nigra* y *P. deltoides*, que son 2 de las especies más cultivadas, denominados *Populus x euramericana* han sido creados en Italia, razón por la cual se han identificado con la letra **I** (*Op. cit.*).

En Chile, según Vita (1977) se han cultivado y probado diferentes híbridos, tales como:

Populus nigra cv. «Itálica»

Populus nigra cv. «Chile»

Populus x euramericana cv. I-154 (A. Mussolini)

Populus x euramericana cv. I-214

Populus x euramericana cv. I-488

Populus x euramericana cv. I-262

Populus x euramericana cv. I-45/57

Populus x euramerieana cv. I-455 entre otros.

Sin embargo, hoy en día, algunos de estos cultivares ya no se perfilan como de interés, comenzando a ser reemplazados por otros de mejor calidad.

Cultivares que hoy se visualizan como interesantes para Chile, según Ulloa¹ (1995), son:

Populus x euramericana cv. I-154

Populus x euramerieana cv. I-214

Populus x euramericana cv. I-488

I-63/51 (Rolando)

Chopa Blanca

Híbrido Norteamericano n°- 30

Categoría 64/51 (*)

Carolinensis Porteño (*)

Colección extra B*

De estos cultivares los más usados en este momento son el I-488 y el I-63/51, y la menos difundida es la Chopa Blanca (Ulloa¹, 1995; Schultz², 1995).

En el siguiente cuadro se presentan algunos híbridos que están siendo probados en Chile.

CUADRO 1
HÍBRIDOS EN PRUEBA ACTUALMENTE EN CHILE,
EN EL INSTITUTO FORESTAL Y EN EL POPULETUM FUNDO COPIHUE

Instituto Forestal	Populus deltoides 64-51	Populus belga nº5
	Populus euroamericano hi. 30	Populus canadense D
	Populus gelrica	Populus colección extra B
	Populus hib. norteamericano	Populus euroamericano hi. 209
	Populus nigra var. Itálica	Populus euroamericano hib. 214
Populetum Fundo Copihue	I-476	Populus tremula
	Australiano 60-129	I-488
	Chopa blanca	Australiano 60-195
	I-684	Negrito de Granada
	Australiano 60-100	I-45/51
	Catfish 2	Androscoggin
	I-63/51	NNDy
	Rochester	I-79/51
	EI N°30	Flachlanden
	I-73/53	Híbrido Norteamericano
	Campeador	I-301/58
	Categoría 64/51	Moos N°1
	I-72/58	Carolinensis Porteño
	Carolinensis	I-37/61
	Colección Extra B	Blanc du Poitou
	I-39/61	Robusta

La mayoría de estos nombres corresponden a nombres de fantasía

Cuadro 1 / HÍBRIDOS EN PRUEBA ACTUALMENTE EN CHILE (continuación)

Populetum Fundo Copihue	Allestein	I-252/63
	Robusta T-251	Harff 71/55
	I-256/63	Stonoville 67
	Canad Ronchi	I-15
	I-25A/65	Stonoville 109
	Heidemis	I-29
	I-123/6	Jacometti 16-A
	Dolomiten 86-56	I-42
	I-125/66	Jacometti 75-A
	Marllardinca	I-53
	I-216/66	Jacometti 78-B
	Lons	I-57
	I-644/67	NE-202
	Battipealia	I-047/67
	I-71	NE-222
	Gefrica	I-72
	I-267/73	NE-225
	Tardif de Champagne	I-82
	Populus alba	NE-238
	Alemán N°7	I-154
	Populus alba Pouni	VSB-2
	Grandis	I-161
	Populus alba Pyramidalis	LP-2
	Populus simonii	I-198
	Populus alba Selección	AS-3
	I-205	Populus alba
	Eco-14	I-209
	Populus nigra	Eco-28
	I-214	Populus nigra itálica
	Conti-12	I-335
	Populus nigra pyramidalis	Guardi

Fuente: INFOR (1995); Ulla' (1995)

Potter *et al.* (1990) reportan el comportamiento de distintos híbridos adaptados a climas como el de Bélgica e Inglaterra, y que por lo tanto podrían ser interesantes de considerar en la zona sur de nuestro país, donde la limitante no sería la disponibilidad de agua. Entre estos híbridos se destacan:

**Populus trichocarpa x Populus deltoides cv. "Boelare"
cv. "Raspalje" cv. «Unal» cv. «Blaupré» cv. "Hunnegem"**

Es interesante la opinión de Carnevale (1955) quién indica que *Populus nigra* (L.) var. *Italica* es de gran resistencia al frío y a los vientos huracanados de la Patagonia, donde se desarrolla bien y constituye un abrigo excelente. *Populus tremula* también es considerado como muy resistente al frío.

Los híbridos de Álamos tienen altas tasas de fotosíntesis cuando están bajo condiciones de saturación de luz, pero carecen de tolerancia a importantes herbicidas necesarios para el control exitoso de las malezas. Para mejorar esto, se han realizado experiencias tendientes a modificar genéticamente híbridos de Álamo, dándoles mayor resistencia a los herbicidas. Donahue *et al.* (1994) modificaron genéticamente al clon híbrido de Álamo NC-5339 (*Populus alba* x *Populus grandidentata* cv. Crandon) usando como medio *Agrobacterium spp.* Como resultado obtuvieron una mayor tolerancia al glifosato (compuesto activo de los herbicidas), sin disminución en la tasa de fotosíntesis o alteraciones en el crecimiento. Estos resultados prometen una interesante vía de mejoramiento genético en el Álamo.

Existen parámetros que difieren entre poblaciones de Álamos, cuyas variaciones han sido atribuidas a variación genética entre ellas. Sin embargo, Riemenschneider y McMahon (1993), en un estudio sobre *Populus balsamifera* L. detectan que la variación de algunas características (tales como altura de los árboles, fenología y ramificación siléptica) entre poblaciones ubicadas en distintos lugares geográficos, dependían en un 90 % de la ubicación geográfica y no de características genéticas de cada población. Es importante, por lo tanto, tener en cuenta este aspecto al momento de intentar realizar mejora genética en el género *Populus*, para identificar adecuadamente el origen de las variaciones del carácter a mejorar.

Milne *et al.* (1992) indican tres razones importantes que hacen que un clon sea más productivo en cuanto a biomasa para su uso energético, manejado como monte bajo. Estas serían:

- el temprano desarrollo de su copa durante la estación de crecimiento, lo que le permite captar una gran cantidad de radiación solar disponible en esa época
- su alta tasa de conversión de la radiación solar a materia seca
- el crecimiento del fuste continúa aún después de fines del otoño.

Según White (1993), el uso de híbridos mejorados ha ido desplazando a las

especies originales de *Populus spp.*, llevando a una disminución alarmante de su población, como es el caso de *Populus nigra L.* en Inglaterra. Es fundamental, sin embargo, mantener estas poblaciones naturales, pues en la búsqueda de nuevas características, las poblaciones de *Populus* originales son invaluable como recurso genético.

Otro problema importante de considerar en los programas de mejoramiento genético es el detectado por Chaturvedi y Rawat (1994) quiénes, en ensayos a largo plazo realizados en la India, observaron que los clones iban perdiendo vigor y resistencia a las plagas y enfermedades a lo largo de sucesivas multiplicaciones. Así, clones de relevantes características al inicio de su cultivo se comportaban pobremente tras la décima generación. Ésto resalta la necesidad de tener un programa permanente de mejoramiento genético y de ir renovando la variedad de clones en prueba.

1.5.1 Características de algunos cultivares promisorios para Chile

Cada cultivar presenta distintas exigencias del medio, por lo que se puede escoger el más apto para el sitio donde se quiera plantar (Soulères, 1992). A continuación se presentan antecedentes de algunos cultivares interesantes para Chile.

1.5.1.1 *Populus x euramericana* cv. I-154 (A. Mussolini)

Cultivar masculino, que presenta excelente crecimiento en Chile. Su copa es muy abierta por lo que se recomienda preferentemente en masas que en cortinas cortaviento (Vita, 1977).

Según Carnevale (1955) y Ragonese y Alberti (1974), el I-154 es de crecimiento muy rápido y de gran resistencia a la roya (*Melampsora spp.*). En general brota en septiembre y sus hojas caen a fines de mayo; en ellas pueden aparecer pustulas de roya desde febrero hasta mediados de marzo, de manera que la infección no se generaliza y no lo perjudica.

Presenta susceptibilidad al ataque de *Septoria musiva* («cancrosis») (Sancho *et al.*, 1974).

Tiene tendencia a emitir ramas laterales que crecen abiertas, por lo que su porte se presenta algo irregular. Posee además muchas raíces que se extienden superficialmente (*Op. cit.*).

En Francia es considerado un clon sin interés por tener un desarrollo débil y un comportamiento sanitario mediocre (Forêts de France, 1994).

1.5.1.2 *Populus x euramericana* cv. I-214

El I-214 es uno de los híbridos italianos de mayor éxito. Es un cultivar femenino de gran plasticidad y crecimiento extraordinariamente rápido, que alcanza un desarrollo muy superior al de otros Álamos (Vita, 1977; Barros y Aguirre, 1980; Jobling, 1990).

Según Forêt-entreprise (1992), sigue siendo el cultivar más usado en Italia, y según Carnevale (1955) es considerado en ese país como uno de los híbridos más vigorosos y de mayor adaptación a terrenos desfavorables, tanto secos como excesivamente húmedos.

Es resistente a las principales enfermedades (Barros y Aguirre, 1980), aunque presenta debilidad ante el hongo *Marssonina brunnea* (Jobling, 1990; Forêts de France, 1994). Es resistente al mosaico y a la necrosis cortical entre otros. Según Ragonese y Alberti (1974) es susceptible al ataque de *Melampsora spp.*

Ha probado ser exitoso en países con veranos cálidos y largos. Son comunes las rotaciones de 15 o menos años para la producción de madera aserrada y chapas (Jobling, 1990). En Chile crece tan bien como en Europa, donde se ha reportado incrementos diamétricos de hasta 3 cm al año (Vita, 1977). Según Ulloa¹ (1995), para la zona de Parral, el I-214 presenta un volumen por árbol de 1,6 m³ a los 16 años.

Es uno de los Álamos utilizados en la producción de fósforos, y su madera es de calidad superior a la de otros cultivares (Vita, 1977).

Su copa es semiabierta, y presenta el inconveniente de tender a formar doble flecha y ramas grandes, además de curvarse en busca de la luz, cuando crece a la semisombra, debido a su alto fototropismo. Su fuste puede presentarse levemente sinuoso. Se hacen por lo tanto necesarias podas de formación de la copa; en general requiere un manejo cuidadoso (Vita, 1977; Barros y Aguirre, 1980; Jobling, 1990).

Es de muy fácil propagación, puede emitir abundantes y fuertes raíces precozmente y las estacas prenden en elevado porcentaje (Carnevale, 1955).

Se recomienda plantarlo en la zona central de Chile, de preferencia en buenos suelos y a grandes distancias. En Francia se emplean distanciamientos de 9 x 9 m (Vita, 1977).

Con este híbrido hay que evitar los terrenos arcillosos compactos (Ente Nazionale per la Celulosa e per la Carta, 1987; Mantovani, 1993).

1.5.1.3 *Populus x euramericana* cv. I-488

Corresponde a un híbrido obtenido en Italia, de sexo femenino. Presenta una copa semiextendida, fuste muy recto, corteza lisa, blanquecina sedosa y buena dominancia apical. Su ramificación es verticilada. (Padró, 1992).

Su foliación es una de las más tardías. Presenta defoliación intermedia. Su propagación vegetativa es excelente. (Tiene crecimiento limitado), claramente inferior al I-214, y una alta plasticidad.

La madera es muy buena, con una densidad media alta de 0,315 gr/cm³. La rectitud del fuste permite altos rendimientos volumétricos al momento de aserrarlo.

Desde el punto de vista patológico presenta resistencia a *Venturia* y virus de mosaico. Es sensible, sin embargo, a *Marsonnina* y a pulgón lanígero (*Phloeomyzus passerini*) (*Op. cit.*). Según Ragonese y Alberti (1974) es muy susceptible al ataque de *Melampsora spp.*

En Italia y en Francia, debido a su sensibilidad ante *Marsonina brunnea*, hongo aún no presente en Chile, ha sido proscrito su cultivo (Padró, 1992; Forêts de France, 1994).

A pesar de su limitado crecimiento, relacionado con su fenología foliar tardía, es un clon considerado importante en el futuro, debido a su gran rectitud de fuste y alta calidad de su madera (Padró, 1992).

Su facilidad de cultivo, así como su plasticidad, le auguran un empleo significativo en el futuro (*Op. cit.*).

Para Vita (1977) es un cultivar que tiene buen crecimiento, se recomienda tanto para plantación en masas como para cortinas cortaviento. Se ha usado para la fabricación de fósforos.

Según Ulloa¹ (1995), este cultivar es uno de los más promisorios para Chile en este momento, presenta para la zona de Parral volúmenes entre 1 y 1,2 m³ por árbol a los 16 años.

1.5.1.4 *Populus x euramericana* cv. I-63/51

Híbrido de origen italiano, de sexo masculino. Presenta una copa piramidal y estrecha. Su fuste es recto y cónico, con corteza con acostillado, muy característica, sobre todo en ejemplares jóvenes.

Su ramificación es verticilada, con ramas angulosas, poco gruesas, de poda fácil. Presenta una foliación medianamente tardía y una defoliación bastante tardía. Su propagación vegetativa es discreta para ser un híbrido euramericano.

Presenta un crecimiento en general inferior a I-214, o similar bajo buenas condiciones estacionales (Padró, 1992).

Tiene una muy alta plasticidad. Se adapta bien a terrenos húmedos y compactos. Acepta cierta arcilla, arena y acidez (*Op. cit.*). Según Baldanzi (1974), es un cultivar muy exigente, que necesita suelos fértiles y en particular ricos en calcio, y por lo tanto de reacción neutra o alcalinos. Es poco sensible al fototropismo y bastante sensible al viento (Padró, 1992).

Su madera es buena, con una densidad media a alta de 0,35 a 0,37 g/cm³. Acusa cierta tensión, por lo que puede provocar tensiones en la sierra. Presenta una alta pérdida volumétrica al ser debobinado debido a la conicidad del tronco.

Desde el punto de vista patológico es resistente a *Venturia* y *Dothichiza* y sensible a *Marsonina*, mosaico, *Melampsora* y cancro bacteriano (*Op. cit.*). Por el contrario, según un estudio de Ragones y Alberti (1974), el cultivar I-63/51 sería altamente resistente al ataque de *Melampsora spp.*, una de las principales plagas del Álamo.

Este clon puede ser interesante por su acusada rusticidad, así como su adaptación a terrenos de cierta complejidad edáfica, como terrenos de tendencia al encharcamiento o con cierto nivel de arcilla (Padró, 1992).

Sin embargo, su limitada capacidad para el crecimiento y su ocasional dificultad para el enraizamiento limitan considerablemente su expansión (*Op. cit.*).

En países como Uruguay, según Králl (1971) y Bonilla y Petrini (1972), el I-63/51 es considerado un cultivar muy promisorio, mejor que, por ejemplo, el I-154 y el I-214, alcanzando crecimientos de casi 39 cm de DAP a los 10 años, y alturas de casi 19 m, por lo que aparentemente en climas más húmedos sería un clon de alto interés.

En Chile, según información de Ulloa¹ (1995) para la zona de Parral, el I-63/51 puede alcanzar a los 16 años un volumen individual de 1,6 m³ lo que se considera excelente.

2.

PRODUCCIÓN

2.1 MADERA

2.1.1 Características y clasificación

La madera de Álamo rara vez es comercializada por especies, así es que a continuación se presentan sus características generales.

En todo caso hay que tener en cuenta que, a pesar de que la mayoría de los Álamos tienen maderas de características comunes, la calidad varía considerablemente dependiendo de las condiciones, hábito de crecimiento y tratamientos silviculturales (Dep. of Scien. and Ind. Res., 1956).

- Color: La madera de Álamo varía de color según la especie o el híbrido, pudiendo ser la albura de color claro, blanco amarillento, blanco, grisáceo, rosa o rojizo, café pálido, y el duramen generalmente de un tinte más oscuro. Después del secado el color se atenúa (Dep. of Scien. and Ind. Res., 1956; FAO, 1980).

- Textura: La textura es en general fina o media, con grano regular e hilo derecho, homogénea (FAO, 1980).

- Anillos: Los anillos de crecimiento son visibles, a pesar de que no existen diferencias entre la madera temprana y tardía, pudiendo alcanzar dimensiones de hasta 32 mm (FAO, 1980).

- Densidad: a menor rotación, menor densidad. Densidad en estado verde (peso verde/volumen verde): varía entre 0,70 a 1,05 g/cm³. Densidad en estado seco al aire (12% de humedad): varía entre 0,30 a 0,55 g/cm³. Densidad básica (peso seco/volumen verde): varía entre 0,28 a 0,52 g/cm³.

- Contracción: está catalogada como débil (*Op. cit.*).

- Variaciones dimensionales: radial: 3,4 %; tangencial: 8,0 %; volumétrica: 11,4%

- Biodeterioro: alto. Su madera es poco durable, entre 1 a 5 años en usos exteriores. Pero es fácil de tratar con impregnantes (Díaz-Vaz, 1991). Es susceptible al ataque del escarabajo de muebles (*Anobius punctatum*) (Dep. of Scien. and Ind. Res., 1956).

- Secado: seca bien, fácil y rápido. Los nudos tienden a rajarse (Dep. of Scien. and Ind. Res., 1956; FAO, 1980).

- Otras características: Es una madera liviana y blanda, fácil de aserrar y posee buenas características de trabajabilidad, lo que permite lograr un buen acabado (Díaz-Vaz, 1991).

- Propiedades mecánicas: Son maderas de latifoliadas más livianas, suaves y menos resistentes que la mayoría; a pesar de que sus propiedades de resistencia, especialmente la dureza, es relativamente altas tomando en cuenta la densidad. Sin secado, es prácticamente tan dura como la de encina a pesar de ser un 40 % más liviana (Dep. of Scien. and Ind. Res., 1956).

CUADRO 2
PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MADERA DE ÁLAMO

Compresión axial (kg/cm ²)	250 - 480	FAO, 1980
	120 - 300	Díaz-Vaz, 1991
Flexión estática (kg/cm ²)	500 - 800	FAO, 1980
	300 - 560	Díaz-Vaz, 1991
Trabajo de ruptura al choque (kg/m)	0,8 - 3	FAO, 1980

Estudios realizados por Blankenhorn *et al.* (1992 a y b) determinan para híbridos de Álamo, que los sometidos a fertilización o a fertilización y riego logran mejores crecimientos, pero menor peso específico que los sometidos solamente a riego.

Beauregard *et al.* (1992) indican que en especies de rápido crecimiento como el Álamo, los problemas en las propiedades de la madera provienen de 2 fuentes: madera juvenil y estrés en el crecimiento. La madera juvenil del Álamo presenta una muy alta variación en sus propiedades (densidad, elasticidad, resistencia, ángulo fibrilar) desde la médula hacia la corteza. La juvenilidad de la madera es un factor que degrada las propiedades físico-mecánicas, lo que la hace muy impredecible desde el punto de vista de sus propiedades. Otro problema presente en la madera juvenil de Álamo es un exceso de madera de tensión.

En muchas normas de clasificación visual de la madera, se establece que ésta debe ser clasificada en función de la densidad o del ancho de anillo. Ésto se basa en el criterio ampliamente establecido de que el ancho de anillo es un indicador de la densidad y de su calidad mecánica. Fernández-Golfin y Diez (1994), sin embargo, indican que para madera estructural de Álamo, el ancho de anillo es inapropiado para explicar la densidad de la madera, el módulo de ruptura y el de elasticidad. Por lo tanto, no debieran ser usados como parámetros para la clasificación visual de madera estructural.

Chantre (1994) indica que existe variabilidad de la calidad de las chapas debobinadas de Álamo, producto muy importante para esta especie, en función de la posición de la chapa dentro del fuste y del origen genético de los árboles. El autor detecta en un estudio sobre este aspecto que en la base se distingue por un color más fuerte y más heterogéneo y una fuerte proporción de pequeños nudos no adherentes. Concerniente a la posición radial de la chapa, la principal variación cualitativa está ligada a la presencia en la sección central del fuste de una falsa médula más sombreada, con un tinte más oscuro y más heterogéneo que en la periferia del árbol. El primer cuarto de madera debobinada es más denso y más deforme que el resto.

En cuanto a los factores genéticos, según el autor, es notoria la diferencia entre clones, sobre características tales como el color, propiedades mecánicas y nudosidad. En el siguiente cuadro se presentan las características obtenidas para este ensayo en 11 de los clones probados, como muestra de sus características y diferencias intraclonales.

CUADRO 3
COMPARACIÓN DE PROPIEDADES DE LA MADERA ENTRE 11 CLONES

Clon	Color en la periferia	Nudosidad	Propiedades mecánicas
Hunnegem	muy homogéneo y muy blanco	nudosidad débil, nudos muy adherentes	bastante débiles
Lux	muy homogéneo pero con un fuerte tinte	elevado diámetro promedio de los nudos	muy elevadas en el sentido axial
Flevo	homogéneo	nudosidad bastante fuerte	promedio
NL 1524	homogéneo	elevado diámetro promedio de los nudos, nudos muy adherentes	bastante débiles
Aclinde	homogéneo, pero con un fuerte tinte	nudosidad bastante baja, nudos muy poco adherentes	elevadas
Boleare	muy blanco, pero con un tinte heterogéneo	nudosidad fuerte, nudos adherentes	promedio
Beaupré	muy blanco pero bastante heterogéneo	nudosidad promedio	elevadas
Trichobel	muy blanco pero con un tinte bastante heterogéneo	nudosidad fuerte, nudos muy adherentes	bastante débiles.

Cuadro 3 / COMPARACIÓN DE PROPIEDADES DE LA MADERA DE ÁLAMO (continuación)

Clon	Color en la periferia	Nudosidad	Propiedades mecánicas
Dorskamp	bastante heterogéneo	nudosidad baja	no evaluadas
Rap	tinte fuerte y heterogéneo	nudosidad promedio, pequeños nudos no adherentes	no evaluadas
I-214	muy claro, pero con un tinte bastante heterogéneo	muy baja nudosidad, pequeños nudos no adherentes	débiles

Fuente: Chantre (1994)

2.1.2 Productividad (rotaciones)

El Álamo es conocido como especie de crecimiento rápido. Pero ello está en función de los cultivares o especies utilizados, de los espaciamientos, condiciones edafoclimáticas, de la intensidad de las labores culturales (fertilizaciones, riegos, etc.), factores que condicionan tanto la calidad de la madera, como el volumen explotable y la duración de la rotación. La productividad está sometida, por lo tanto, a grandes variaciones (FAO, 1980). Es así como, por ejemplo, dependiendo del sitio, cultivar, manejo, etc., se pueden dar rotaciones de 12 hasta 25 años.

Como ejemplo de productividad se puede citar a Díaz-Vaz (1991) quien indica que en Chile se puede lograr, con espaciamientos de 4 x 8 m y rotación de 14 años un rendimiento de 300 m³/ha.

Según Ulloa¹ (1995) una producción de 342 m³/ha al momento de la cosecha se logra en Cachapoal, con riego, a los 10 años; en Arenales, con riego, a los 14 años; y en la IX Región, sin riego, a los 16 años.

Según Schultz² (1995) para la zona de Valdivia, sin riego, se puede esperar una producción de 355 m³ ssc a los 16 años.

La productividad de los clones varía considerablemente, factor que conviene tener en cuenta al elegir el clon a usar. Barigah *et al.* (1994) estudiaron las relaciones entre el volumen del fuste y biomasa (del fuste más las ramas), la fotosíntesis neta de hojas maduras y la producción de área foliar en 5 clones de Álamo (*Populus trichocarpa* x *P. deltoides* cv. Raspalje y Beaupré; *P. euramericana* cv. Robusta y *P. trichocarpa* cv. Columbia River y Fritz Pauley), durante su primer año de vida. El estudio se realizó en una plantación experimental de alta densidad (15.600 plantas/ha), y en él encontraron diferencias significativas en la producción de volumen, producción de biomasa leñosa, área foliar total y fotosíntesis neta. Los clones más productivos (Raspalje y Beaupré) fueron los de hojas grandes, con una alta producción de área foliar y altas tasas de fotosíntesis.

En general observaron una alta correlación entre la capacidad fotosintética de las hojas, el área foliar y la producción de biomasa sobre el nivel del suelo. Sólo en un clon (Robusta) se detectó una baja correlación entre estas variantes, pero una alta razón raíz/tallo, lo que indica que el clon fija proporcionalmente, con respecto a los otros, mayor cantidad de carbono en las raíces. Aunque no está claro por qué se producen estas diferencias de estrategias entre los clones, es interesante tenerlo en cuenta al momento de evaluar la productividad de un clon, así como la relación positiva entre el tamaño de la hoja, fotosíntesis neta y producción de biomasa.

En base a antecedentes entregados por Ulloa (1995), se elaboró una curva de ahusamiento para árboles de la zona de Parral, que puede servir de antecedente para la cubicación de la especie.

$$d^2 = \left[0,9153 * \left(\frac{h-1}{h-1,3} \right)^2 + 0,1115 * \left(\frac{h-1}{h-1,3} \right) + 0,0379 \right] * DAP^2$$

Donde

d: diámetro sin corteza a la altura 1

h: altura total del árbol

1: altura menor a la altura total, correspondiente al diámetro d.

R²: 0,96

2.1.3 Producción nacional

En 1990 se extrajeron, en trozos 57,3 Mil m³ y 50,7 Mil m³ en 1993, con lo cual la producción de madera aserrada fue de 26,1 Mil m³ y 23,2 Mil m³ respectivamente.

La producción de madera aserrada de Álamo representó para 1990 el 0,8 % del total nacional de todas las especies y el 0,7 % para 1993.

Para 1990 el origen de la producción fue esencialmente de la VI Región, la cual aportó el 61 %. Otras regiones participantes fueron: la VIII Región que representó el 21 % de la producción, seguida de las regiones VII y IV que aportaron el 13 y 4,6 % respectivamente.

En 1993, la producción se concentró en la VIII Región representando el 45 %; le siguen en orden de importancia la VI Región con el 34 % y las regiones VII y IV con el 14,2 % y 3,5 % respectivamente.

2.1.4 Exportaciones forestales chilenas de Álamo

Las exportaciones de productos de Álamo en 1994 alcanzaron los US\$ 2,4 Millones, cifra que representó el 0,2 % del total de la exportación forestal nacional. En 1990, el retorno para estos productos fue de US\$ 800,3 Mil lo cual significó un 67% menos respecto al año anterior, que se tradujo en una participación del 0,1 % en el total de productos forestales exportados por el país en ese período.

2.1.4.1 Principales productos exportados

En 1994 se exportaron 12 diferentes productos, cifra que ha aumentado desde 1990 cuando eran sólo 2.

Los productos más importantes de la exportación de Álamo, en cuanto a su permanencia y montos de retorno son los manufacturados o de uso final, como palos de helados y palillos de arroz. En 1990 estos representaron el 100 % del total de las exportaciones de esta especie, bajando en 1994 al 68 %.

Desde 1991, otros productos manufacturados significan retornos considerables, tales como embalajes; madera hilada y cajones de madera fundamentalmente. La madera aserrada aparece sólo en 1991 y aunque ha logrado permanecer en el mercado estos últimos 5 años, sus retornos no presentan una tendencia definida y son más bien variables con el paso de los años.

2.1.5 Producción mundial

En Europa occidental, según Terrason (1994), Francia es el primer productor de madera de Álamo. Sin embargo, los países meridionales del antiguo bloque oriental, constituyen un polo significativo de producción que puede cambiar este liderazgo (ex-Yugoslavia, Rumanía, Hungría, Bulgaria). En estos países una parte importante de la producción se basa en bosques naturales y las plantaciones representan solamente un porcentaje marginal.

Italia, que es el segundo productor de Europa occidental, presenta una crisis desde principios de los años 80 debido a una degradación constante del mercado interno. En 10 años el valor del árbol en pie ha disminuido a la mitad, con la consecuente pérdida de rentabilidad del cultivo (Pedrini, 1993), debido a la promulgación de reglamentos medioambientales que limitan la producción de Álamo en determinados sectores que le eran favorables; el ataque del hongo *Marsonina brunnea* y su impacto sobre el crecimiento del clon I-214, que representa el 75 % de las plantaciones de ese país; problemas patológicos y a la baja de napas freáticas, que ha contribuido a perjudicar la calidad de la madera. Ésto ha obligado a Italia a aumentar sus importaciones.

A nivel de toda Europa, incluyendo los países de Europa del Este, el segundo país productor de madera de Álamo, según Paillassa (1994), es Hungría que produjo 1,7 millones de m³ en 1990. En este país el crecimiento anual en volumen es del orden de 1,6 millones de m³ (11 m³/ha/año en promedio). Se ha observado una paulatina entrada de Hungría como exportador dentro de Europa occidental, desplazando en algunos casos a Francia.

En este país, a pesar de que la superficie del Álamo corresponde a un 9 % de la superficie total forestal, su cosecha corresponde a un 24 % del volumen total producido. Gran número de empresas manejan en promedio 3.000 ha de Álamo, con silvicultura intensiva, lo que refleja su mayor desarrollo como sector productivo con respecto a Chile, y les permite un nivel de producción y competitividad notable en Europa.

En España, según Terrason (1994), el aumento de plantaciones de Álamo es fuerte y sostenido, lo que hará seguramente cambiar el panorama del mercado de esta especie a futuro.

Bélgica presenta a su vez una tasa creciente de exportación de esta madera, a países como Francia, los Países Bajos y África del Norte.

2.1.6 Aprovechamiento

La madera de Álamo se utiliza en la industria del aserrío, chapas, tableros (de fibras, de partículas, contrachapados) y de pulpa.

Con la madera debobinada se hacen: fósforos, paletas de helado, embalajes ligeros, paletas de pintura, tablillas para cajones, palillos de dientes. Con la pulpa mecánica se fabrican, papeles de impresión, de escritura, "couché"; la pulpa semiquímica produce, papeles resistentes a la grasa o pergamino y todo tipo de papeles, salvo papeles muy finos.

También se emplea para obtener lana de madera para paneles aislantes; virutas para trenzados, carpintería y ebanistería. Se usa en minas de carbón; armaduras y cubiertas de tejados, sobre todo en construcciones rurales, en tabiques, puertas, recubrimientos, estuches de joyería, tablas y tableros de dibujo, juguetes, vagones, carrocería de autos, lápices, palillos de arroz (schopsticks), utensilios, raquetas de badminton y squash (Vita, 1977; Barros y Aguirre, 1980; FAO, 1980; Dimri *et al.* 1990)

CUADRO 4
PRODUCCIÓN DE ÁLAMO EN EUROPA

País	Superficie (x 100 ha)	Volumen (millones m ³)
Francia	227	3,4
Hungría	150	1,7
Italia	79	1,6
Ex-Yugoslavia	150	1,3
Rumania	163	0,54
España	91	0,40
Bélgica	40	0,38
Alemania	50	0,30
Bulgaria	23	0,25
Holanda	20	0,20
Gran Bretaña	11	0,004
Suiza	10	0,0020
Portugal	3	0,0010

Fuente: Terrason (1993, cit. por Paillasa, 1994)

Las hojas de Álamo se usan en algunas regiones como forraje, siendo recolectadas, secadas y almacenadas para el invierno (FAO, 1980).

Las trozas de Álamo se comercializan, según su destino, en las siguientes dimensiones:

- Trozas para chapas: el diámetro debe ser mayor o igual a 35 cm y menor o igual a 72 cm; largo de 2,44 a 3,6 m.
- Trozas aserrables: el diámetro debe ser menor o igual a 35 cm y mayor o igual a 16 cm (diámetro límite de utilización). Largo de 3,2 m.
- Troza pulpable, astillable: el diámetro es menor o igual a 16 cm. Largo de 2,44 m.
- Troza para virutilla: diámetro menor o igual a 16 cm y mayor o igual a 10 cm.
- Troza para leña: diámetro menor o igual a 10 cm (Shultz², 1995; Ulloa¹, 1995).

2.1.7 Precios en el mercado interno

Los precios, para los diferentes productos en sus diversos grados de elaboración en el mercado nacional para 1994, se detallan en el siguiente cuadro.

El Cuadro 5 resume los precios nominales de las trozas y agrega como referencia la madera dimensionada. Como puede observarse, para 1994 se carece de información de precios de trozas pulpables, por lo tanto puede servir como año base 1993 ya que esencialmente los precios de trozas aserrables no han variado para 1994.

CUADRO 5
PRECIOS NOMINALES POR PRODUCTO VALOR (\$/m³)

Producto	1990	1991	1992	1993	1994
Troza pulpable	—	—	—	5.870	—
Troza Aserrable	—	—	10.400	11.700	11.700
Chapas	—	—	—	—	—
Madera dimensionada	31.112	39.309	49.446	54.870	57.311

Fuente: Elaboración propia. INFOR (1995)

Los valores de trozas pulpables y aserrables corresponden a las regiones VIII y IX respectivamente. Conviene destacar que en el país el mercado de trozas para chapas de esta especie es reducido. Sin embargo, el precio de referencia de troza debobinable puesto en planta en Valdivia es actualmente de \$ 61.436 /m³ (\$1.450/pulgada).

2.1.8 Algunas consideraciones técnicas

Los productos del bosque cuyo destino es la industria presentan altas exigencias técnicas como lo muestran los siguientes ejemplos:

La materia prima utilizada para paletas de pintura y palitos de helado provienen de plantaciones de híbridos; esto es importante de considerar porque las condiciones del mercado externo son muy exigentes en cuanto a color, presencia de albura y calidad en general. Si el destino final de la materia prima es 100 % debobinable; el diámetro mínimo de entrada a proceso es de 20 cm (8"), y el largo estándar fluctúa entre 2,5 y 3,2 m. Los módulos más habituales de trozado una vez en planta son de; 0,70; 0,50 y 1,10 m.

Se mencionan como principales causas de rechazo la presencia de nudos, manchas, protuberancias y deformaciones de crecimiento, lo que comúnmente se llama «crecer a contramalla».

Con respecto a las dimensiones de los productos, éstas dependen directamente de las exigencias de los mercados de destino, sin embargo las más comunes corresponden a 114,9 y 78 mm. En el caso particular de los palos de helados su dimensión final es de 114 x 10 x 2,0 mm.

De manera parecida la materia prima destinada a la producción de palos de fósforos, proviene en su totalidad de plantaciones de híbridos por las mismas razones mencionadas en el punto anterior. Los híbridos más utilizados son I-214 e I-488.

Los diámetros mínimos que ingresan a la planta fluctúan entre 16 y 20 cm; (6" - 8") y los largos entre 2,50 y 3,20 m.

El 100 % de esta materia prima se destina a foliado, obteniéndose una lámina de 2 a 4 mm de espesor. Los principales requisitos que se imponen a la madera que ingresa a proceso son: la ausencia de defectos (de todo tipo), fustes rectos y cilíndricos y que la proporción de albura sea del 100 %.

Las dimensiones secas que tienen los productos finales son: Palitos de fósforos: 2,1 x 2,1 x 43 mm, Tablillas para cajones: 500 x 85 x 3,0 mm.

3.

REQUERIMIENTOS ECOLÓGICOS

Los Álamos son muy exigentes en cuanto a sitio, y su productividad depende básicamente de tres factores:

- a) un sitio, capaz de satisfacer las exigencias del cultivar, para aprovechar de éste su mayor potencial de crecimiento
- b) el cultivar, su capacidad de crecimiento y exigencias
- c) la intensidad de la populicultura.

El cultivador de Álamo se ve enfrentado por lo tanto a un sitio, de cuyas potencialidades y deficiencias, dependerá la selección del cultivar y las diferentes intervenciones culturales a usar (Soulères, 1992).

Conviene tener presente que debido a las altas exigencias edafoclimáticas la rentabilidad del Álamo es mayor, en la medida que el sitio en el cual se plante sea el más apto, y no se deba invertir excesivamente en mejorarlo (*Op. cit.*).

A continuación se detalla el sitio apto para un buen desarrollo del Álamo. Dentro de sus características más relevantes están la luz, el agua, la nutrición mineral y el oxígeno en el suelo (*Op. cit.*).

3.1 SUELOS

En forma natural los Álamos crecen en terrenos aluviales y en valles de ríos, que son los mejores sitios para su desarrollo. Requieren suelos aireados y mullidos, con cierta riqueza de elementos minerales, y soportan un nivel freático superficial con inundaciones en invierno (Vita, 1977; Soulères, 1992).

Los medios aluviales son suelos que se han desarrollado a partir de aluviones recientes, de buena fertilidad y en general bien estructurados, donde el abastecimiento de agua está relativamente asegurado por una napa permanente (Soulères, 1992).

A pesar del buen crecimiento del Álamo en terrenos aluviales, ensayos han demostrado buen rendimiento en otros terrenos. Sutter-Barrot y Bonduelle (1994), en un ensayo de crecimiento de distintos clones en terrenos no aluviales en el norte de Francia, detectan que los buenos sitios no aluviales corresponden a aquellos con suelos de tipo limo-arcillosos, con riqueza química, buena reserva útil si el suelo tiene una profundidad superior a 60 cm y alimentación hídrica proveniente de transferencias laterales y pluviosidad (preferentemente mayor o igual a 200 mm durante

los tres meses de verano). Observan que se obtienen crecimientos que rivalizan con los obtenidos con el híbrido I-214 en buenos sitios aluviales. Presentan crecimientos de 15 a 20 m³/ha/año y un diámetro promedio de 35 a 40 cm en menos de 15 años.

3.1.1 Profundidad

La profundidad del suelo condiciona el desarrollo de la raíz, la cantidad de agua, los elementos nutritivos asimilables y la posibilidad de sujeción del árbol. En el caso del Álamo no debe ser menor a 70 cm (Ente Nazionale per la Cellulosa e per la Carta, 1987). En los medios que presentan una profundidad de suelo insuficiente, a consecuencia de una napa freática muy cercana a la superficie de manera temporal o permanente, se puede realizar drenaje por zanjas para aumentar el volumen de tierra disponible para el enraizamiento (Soulères, 1992).

3.1.2 Textura

La más adecuada para Álamos es la textura areno-limosa y areno-arcillosa (Ente Nazionale per la Cellulosa e per la Carta, 1987) y la franco limo-arcillosa (Mantovani, 1993). Aunque el ideal para Álamos son suelos limosos ricos y profundos, en una situación protegida (Vita, 1977), en la práctica los Álamos pueden ser cultivados con éxito en una amplia variedad de suelos, desde arcillas a arenas. Pueden crecer también en las turbas alcalinas de los pantanos, si están adecuadamente drenados. En suelos arcillosos pesados el crecimiento en la mayoría de las especies y cultivares tiende a ser menor, y a veces nunca alcanzan grandes dimensiones (Jobling, 1990). Según el Ente Nazionale per la Cellulosa e per la Carta (1987) los sitios menos indicados son las texturas arcillosas y limo-arcillosas, como también la arenosa. Vita (1977), indica que suelos pesados, compactados, con un porcentaje de arcilla superior a un 30 %, no conviene considerarlos para su cultivo.

Los suelos aluviales de textura pesada suelen tener napa con agua poco oxigenada y que circula lentamente. En los suelos aluviales de texturas livianas o equilibradas, la napa es en general más desarrollada.

En sitios más secos es difícil decidir su pertinencia. Dejando excluidos suelos poco profundos de arenas y páramos, se puede decir que los Álamos pueden crecer en todo tipo de suelos incluyendo suelos arenosos profundos que pueden ser usados para cultivos agrícolas (Jobling, 1990).

3.1.3 Estructura

La estructura tiene especial importancia pues influye sobre la porosidad, y por lo tanto sobre la acumulación y circulación del agua y del aire. Los suelos necesitan ser bien estructurados para un adecuado cultivo del Álamo (Ente Nazionale per la Cellulosa e per la Carta, 1987).

3.1.4 Reacción del suelo

La reacción del suelo es necesario que esté cercana a la neutralidad. Vita (1977) indica un pH óptimo entre 6 y 7 y Jobling (1990) entre 5,0 y 6,5. En suelos con pH mayor a 7 (alcalinos) se puede observar disminución del vigor de crecimiento (*Op. cit.*). Vita (1977) recomienda excluir los suelos con pH mayor a 8 o inferior a 5.

3.1.5 Permeabilidad

Es fundamental una buena permeabilidad y por lo tanto una buena aireación (Ente Nazionale per la Cellulosa e per la Carta, 1987; Mantovani, 1993). Los terrenos derivados de depositaciones de arenas y grava presentan a veces exceso de permeabilidad que los hace incapaces de abastecer de suficiente agua a la planta durante el período de escasez de precipitaciones. Además, se hace difícil la acumulación y el mantenimiento de un buen nivel de materia orgánica. La presencia de excesiva cantidad de piedras o de arena gruesa impide la ascensión capilar del agua profunda, por lo que el cultivo del Álamo sólo será posible con abundante riego, lo que puede hacer antieconómica la plantación, al menos en las condiciones europeas (Ente Nazionale per la Cellulosa e per la Carta, 1987).

No son aptos para Álamo los terrenos con retención prolongada de agua en la superficie, con escasa renovación, ricos en materia orgánica y pobres en oxígeno, porque en esas condiciones las raíces del árbol no se desarrollan bien (Ente Nazionale per la Cellulosa e per la Carta, 1987). En sitios que sufren inundaciones pero que rápidamente drenan, se pueden poner Álamos (Jobling, 1990). Suelos con aguas estancadas o donde la napa freática no baja más allá de 50 a 60 cm de la superficie se deben desechar totalmente para Álamo.

3.1.6 Disponibilidad hídrica

Todas las características del suelo, así como la topografía y la profundidad de la napa freática influyen sobre la disponibilidad de agua para la especie, sobre el desarrollo del sistema radicular y sobre su capacidad de absorción hídrica (Ente Nazionale per la Cellulosa e per la Carta, 1987).

La posición de la napa freática y la mantención de un nivel adecuado durante el período de crecimiento es fundamental. Se considera óptima una profundidad de 1,0 a 1,5 m (Vita, 1977; Ente Nazionale per la Cellulosa e per la Carta, 1987; Mantovani, 1993). Vita (1977) agrega que durante el período de actividad vegetativa el agua no debe estar a menos de 50 cm de la superficie ni a más de 3 a 4 m.

El cultivo del Álamo se debe descartar en terrenos aluviales secos con napa profunda y textura ligera, y en los suelos aluviales húmedos con poco volumen de suelo para el enraizamiento adecuado de las plantas (Soulères, 1992).

Según Soulères (1992), para un buen desarrollo del Álamo se debe contar mensualmente en el suelo con una reserva de agua fácilmente utilizable de más de 1.500 m³/ha.

Los Álamos son muy exigentes en agua, por lo que se deberán plantar donde exista posibilidad de regar, en la vecindad de cursos de agua (Vita, 1977), o en zonas donde exista suficiente precipitación durante el período vegetativo.

Según Ulloa (1995), el Álamo necesita 8.000 m³/ha de agua de riego (en riego por surcos) durante los seis meses de actividad vegetativa (octubre a marzo). Suponiendo una eficiencia del riego por surcos de un 60 %, la planta consumirá 4.800 m³/ha de agua. Luego, eso correspondería a 480 mm de precipitación durante dicho período. A su vez Sanhueza y Estévez (1995) indican que la especie necesita de 2.000 a 6.000 m³/ha al año (en el período vegetativo) para suplir sus requerimientos, lo que equivale de 200 a 600 mm de precipitación.

Según Ulloa (1995) el período vegetativo de la especie y el período en que requiere agua de riego, en distintas regiones, es el siguiente:

CUADRO 7
PERÍODO VEGETATIVO Y DE REQUERIMIENTO DE AGUA PARA ÁLAMO
EN DISTINTAS REGIONES DE CHILE

Lugar	Período vegetativo	Período de requerimiento de agua de riego
VI Región	15 de septiembre a 15 de abril	octubre a marzo
VII Región	30 de septiembre a 30 de marzo	octubre a marzo
VIII Región	15 de octubre a 15 de marzo	octubre a marzo (*)
IX Región	30 de octubre a 15 de marzo	octubre a marzo (*)
X Región	30 de octubre a 28 de febrero	octubre a marzo (**)

(*) Existen algunos sectores donde la precipitación es suficiente para suplir los requerimientos del cultivo

(**) En la mayoría de la región la precipitación es suficiente para suplir los requerimientos de la especie a excepción de algunos sectores

Fuente: Ulloa (1995)

3.1.7 Disponibilidad de nutrientes

Requiere suelos con una disponibilidad de nutrientes media a alta.

La disponibilidad de estos depende de la naturaleza geológica del sustrato, de la profundidad del estrato utilizable por la raíz, de la historia cultural del terreno, de la cantidad de materia orgánica, de la capacidad de intercambio, del pH, entre otros.

La reacción alcalina impide la asimilación del fósforo y del hierro provocando clorosis. Particularmente negativos son los terrenos con excesivo contenido de calcio, el que al oxidar el hierro lo deja inutilizable (Ente Nazionale per la Cellulosa e per la Carta, 1987).

3.1.8 Especies indicadoras de la calidad del sitio

Para detectar la calidad de los sitios para Álamo se pueden observar especies indicadoras. Por ejemplo, "Carrizo" (*Phragmites*), "Cola de zorro", "Ortigas", "Sauces" y el *Ulex europaeus* indican condiciones favorables para Álamos. Lo contrario ocurre con algunas Ciperáceas, tales como *Carex* (Vita, 1977).

3.2 CLIMA

Según Jobling (1990), la mayoría de los Álamos responde sensiblemente al clima, especialmente a las temperaturas de verano. Dentro de límites razonables, en la medida que es más cálido el verano, más crece el Álamo, siempre que no falte humedad en el suelo. En adición, la mayoría de los Álamos tienen una estación de crecimiento larga.

Es difícil entregar un rango acertado para todos los híbridos y cultivares de las variables climáticas adecuadas. Aquí se presentan, a modo de referencia, aquellas correspondientes a *Populus deltoides* según Webb (1984).

- Límite altitudinal: 2.000 a 3.000 msnm
- Precipitación media anual: 1.200 a 1.300 mm
- Régimen de precipitación: uniforme
- Época seca: 0 - 1 mes
- Temperatura media máxima del mes más cálido: 22 - 30°C
- Temperatura media mínima del mes más frío: 2 - 12°C
- Temperatura anual: 12 - 16°C.

Estos valores deben ser tomados con precaución, pues no existe información suficiente para este aspecto en el país. Conservadoramente se debería asumir como precipitación mínima necesaria (o aporte neto de agua de riego) una precipitación de 480 mm o 4.800 m³/ha durante el período vegetativo.

Varias pruebas realizadas en India, por Chaturvedi y Rawat (1994), con cerca de 100 especies y clones de Álamo, determinaron que sólo los clones de *Populus deltoides* obtenidos de las localidades más cálidas de Estados Unidos eran resistentes a muy altas temperaturas en verano.

4.

PRINCIPALES DAÑOS

Los principales daños a las plantaciones de Álamos se pueden originar por causa de agentes bióticos o abióticos.

4.1 AGENTES ABIÓTICOS

4.1.1 Fuego

Los Álamos son muy sensibles al fuego, especialmente cuando jóvenes, por lo que es importante eliminar la vegetación combustible bajo las plantaciones (Vita, 1977).

4.1.2 Heladas tardías

Cuando las heladas tardías de primavera se producen después de la brotación, dañan seriamente a las hojas y ramillas jóvenes, llegando incluso a destruirlas, después de su ennegrecimiento. Por ejemplo, el híbrido I-214 es de brotación precoz, por lo que es importante evitar plantarlo en zonas con heladas tardías (FAO, 1980).

4.1.3 Heladas precoces

Ocurren en otoño. Pueden causar daños graves, sobre todo en viveros, sobre los Álamos cuya lignificación es tardía.

4.1.4 Vientos regulares

Los vientos regulares desde una dirección desgarran las hojas del lado de la copa expuesta a éstos, lo que provoca un crecimiento desigual de la copa y del tronco, produciéndose madera de tracción y deformación del tronco, ambos problemas tecnológicos, que impiden una buena utilización de la madera. El híbrido I-214 es muy sensible a esto.

4.1.5 Vendavales

Provocan el vuelco de los árboles, sobre todo en terrenos secos; quiebres de los fustes a cierta altura, y de ramas (muy típico en el I-214). También se produce desgarramiento interno de fibras, por lo que quedan heridas muy expuestas al ataque de hongos.

4.1.6 Insolación

En ciertos lugares los Álamos jóvenes de corteza delgada pueden dañarse por la insolación, lo que provoca quemaduras en el cambium, con necrosamiento de la corteza. Es conveniente desinfectar esas heridas para evitar pudrición.

4.1.7 Daños de origen químico

Los Álamos son muy sensibles a productos químicos, ya sea en el aire o en el suelo, sufriendo necrosis de las hojas y ramitas que pueden conducir a la muerte, según el grado de intoxicación. Estos problemas son frecuentes en el campo, cuando se usan herbicidas en cultivos adyacentes o intercalados con Álamos. Se recomienda hacer ensayos de fitotoxicidad antes de usar productos químicos en las cercanías (*Op. cit.*).

4.1.8 Daños por contaminación

Actualmente, y sobre todo en los países desarrollados, el problema de la contaminación ambiental afecta seriamente a los bosques. Según Lukaszewski *et al.* (1993) entre los Álamos existen especies más resistentes que otras, por ejemplo, a la contaminación con metales pesados, tales como zinc, cobre, plomo y cadmio, provenientes de emanaciones industriales. Los autores determinan por ejemplo para *Populus marilandica* y *P. balsamifera*, creciendo en las cercanías de una planta de tratamiento de cobre, diferencias en la concentración y distribución de estos metales pesados en su xilema. Según esto, constatan que *P. marilandica* es resistente a este tipo de contaminación, mientras que *P. balsamifera* es sensible. Por lo tanto, en lugares con un alto nivel de contaminación puede volverse importante la identificación de especies o híbridos más resistentes.

4.2 AGENTES BIÓTICOS

Los Álamos son susceptibles al ataque de numerosos hongos, bacterias, virus e incluso vegetales superiores. La lista de agentes patógenos es larga, por lo que se hará referencia solamente a aquellos que se hayan detectado en el país o que estén presentes en Argentina, y que pudiera traspasar la frontera, así como a las plagas cuarentenarias para el país.

4.2.1 Agentes detectados en Chile

4.2.1.1 *Armillaria mellea* (Fr.) Karts

Es considerado un hongo de pudrición de las raíces del Álamo. Desarrolla sus rizomorfos en las raíces del árbol, para luego entrar en la madera y la corteza, sobre todo si las condiciones de humedad y temperatura del suelo son favorables.

El potencial infeccioso del suelo, bajo este tipo de agente patógeno es mayor en la medida que el poder de regeneración y enraizamiento del cultivar usado sea menor, además de las condiciones favorables del medio. Por lo general, los cultivares que tienen una rizogénesis débil, son mucho más sensibles a los agentes de la podredumbre, que los clones dotados de un sistema radicular vigoroso.

Contra de la podredumbre de raíces se pueden tomar medidas como:

- Antes de la plantación eliminar los residuos de las raíces de las plantaciones anteriores, y especialmente desvitalizar los tocones por medio de herbicidas.
- Elegir cultivares resistentes.
- Practicar ciertas técnicas culturales que permitan un desarrollo radical importante (laboreo del suelo, riegos regulares, aporte de abonos equilibrados, etc.)(FAO, 1980). La *Armillaria mellea* ha sido oficialmente reportada en el país como patógeno del Álamo (Poisson³, 1996).

4.2.1.2 *Cytospora chrysosperma* (Pers.) Fr.

Forma imperfecta de Valsa sordita Nits., que se encuentra frecuentemente en Europa y América del Norte. Este hongo penetra por las heridas ocasionadas a la corteza de los árboles debilitados o mal instalados causándole rápidamente la muerte. Su ataque está ligado a estados de debilidad, ya sea por haber sufrido daños por heladas, déficit hídrico o nutricional, o canchros producto del ataque de otros agentes.

Los primeros síntomas de la enfermedad se manifiestan por la aparición sobre la corteza de manchas de coloración parda a negra. Muy a menudo también la corteza se vuelve de color pardo oscuro, y los tejidos subyacentes toman rápidamente un tinte negro, mate y uniforme. El parásito se extiende en anillos sobre las ramas de diámetro pequeño, lo que lleva consigo la muerte lenta de la parte superior de la ramilla, sin reacción aparente de la planta. Sobre las ramas más fuertes se observan pequeñas depresiones pardas con un callo de cicatrización.

En el estadio final de la enfermedad, la corteza se seca y se desgarra en tiras. La madera, que inicialmente estaba teñida por bandas de color rojo pardo, se va tornando progresivamente negra.

En Chile ha sido reportado oficialmente (Poisson³, 1996).

4.2.1.3 *Melampsora* spp.

Clase Basidiomycetes, orden Uredinales. La roya del Álamo se distribuye en América del Norte, África del Norte, Europa y Asia. Como síntomas se pueden observar la aparición de pústulas amarillo doradas o de color anaranjado en el envés de las hojas durante el verano. Luego, hacia el otoño, estas pústulas toman color café oscuro o negro.

Las royas provocadas por las especies de *Melampsora* constituyen la enfermedad más corriente, más grave y más extendida de los Álamos (FAO, 1980; Beeche *et al.*, 1993).

Los ataques comienzan a principios o mediados del verano, y en muchos casos, dadas las condiciones climáticas de esta época, las hojas atacadas se marchitan y caen prematuramente, lo que produce retraso en el crecimiento. El ataque se reconoce por la aparición de fructificaciones amarillo naranja en la cara inferior de las hojas y coloraciones negruzcas en la cara superior (FAO, 1980; Beeche *et al.*, 1993).

Melampsora produce decrecimiento en la altura, en el diámetro y en la producción de biomasa. El efecto fisiológico negativo del patógeno, se ve altamente reforzado por un efecto acumulativo del ataque a lo largo de más de un período de crecimiento (Terrason y Deboisse, 1992).

Se ha observado por ejemplo en híbridos de *Populus trichocarpa* x *P. deltoides* (cv. Rap y Unal), tras 2 años de infección a temprana edad, pérdidas del valor comercial de 50 % para el cultivar Unal y de 100 % para el cultivar Rap, lo que indica la gravedad que puede alcanzar el ataque de este patógeno (*Op. cit.*).

A su vez se ha detectado que hay cultivares resistentes a algunas especies de *Melampsora*, pero sensibles a otras (FAO, 1980; Terrason y Deboisse, 1992). Al estudiar las diferencias de susceptibilidades al ataque de *Melampsora* entre diferentes híbridos, Newcombe *et al.* (1994) detectan que existen grandes diferencias, dependiendo de los padres que los originaron. Es así como logran determinar, que se presenta mayor mortalidad en híbridos provenientes de *Populus trichocarpa* x *P. deltoides* que en aquellos provenientes de *P. trichocarpa* x *P. maximowiczii* y de *P. maximowiczii*.

Según Pinon (1995), aunque se detecte resistencia a una determinada especie de *Melampsora* por parte de ciertos híbridos, se debe mantener siempre atención ante el posible ataque de cualquier especie de este género. El autor informa que en una serie de híbridos catalogados como inmunes, se detectó el año 1994 una nueva raza de la especie atacando a estos clones tanto en viveros como en populetos y plantaciones.

El autor aconseja que, aunque se tomen medidas de selección de individuos inmunes a *Melampsora* u otras plagas, son en parte inútiles o frágiles ante parásitos que evolucionan rápidamente y se diseminan fácilmente como la roya. La selección

se debe hacer según su tolerancia a la roya más que por su inmunidad total ante ella, pues la tolerancia parece ser más estable a lo largo del tiempo.

El conocimiento de las especies de *Melampsora* presentes en una región dada es, por lo tanto, indispensable para hacer una elección acertada del cultivar (FAO, 1980).

En Chile se ha detectado *Melampsora larici-populina* (Poisson³, 1996), oficialmente reportada para el país.

4.2.1.4 *Taphrina aurea* (Pers.) Fr. (Sin: *T. populina* Fr.)

Llamada la “enfermedad de la abolladura dorada”, está ampliamente extendida, pero rara vez se le considera como causante de daños graves. Sin embargo, los ataques masivos, especialmente en vivero, pueden reducir de manera notable la asimilación clorofílica. Aparecen, sobre las hojas bien desarrolladas, abolladuras caracterizadas por una bella coloración amarillo oro en su parte cóncava. Su diámetro varía de 1 a 3 cm. A nivel de estas abolladuras el limbo de la hoja acaba por agrietarse y en la mayor parte de los casos se perfora ampliamente y después se rasga (FAO, 1980).

Este hongo ha sido oficialmente reportado como presente en el país (Poisson, 1996).

4.2.1.5 *Phomopsis* spp.

Cancro anual que produce una lesión hundida en el tronco o en la base de la rama, con decaimiento del árbol, si el cancro ciñe como una faja al tronco, produce la muerte y a veces sirve como corte infeccioso para la entrada de hongos de pudrición. Puede producir decaimiento y muerte extensiva después de condiciones climáticas severas, especialmente heladas (Parra⁴, 1995).

4.2.1.6 *Melanophila picta* Pall. (insecto barrenador)

Insecto que vive en las regiones cálidas de Europa, Rusia, norte de África, Turquía, Siria, Irak, Irán y China. Los adultos colocan los huevos en las grietas de la corteza (durante mayo a junio en el hemisferio norte), y después de 9 a 10 días nacen las larvas que penetran inmediatamente al tronco. Se alimentan de corteza y de anillos de crecimiento superficiales de la madera. Luego excavan una galería en la madera, donde invernan, para salir al año siguiente. El ataque de la parte baja del tronco debilita al árbol, que puede troncharse eventualmente bajo la acción del viento. Se puede efectuar control químico contra los adultos, consistente en 2 o 3 pulverizaciones cada 15 a 20 días con insecticidas de acción residual prolongada (FAO, 1980).

4.2.1.7 *Pteraeoma spp.*

Insecto homóptero de la familia de los Aphididae. Posiblemente en Chile se encuentra la especie *Pteracoma populeum*. Ha sido reportado en las regiones Metropolitana, IX y X. Aún no se considera plaga forestal dentro del país, solamente ha sido reportado en exploraciones (Poisson³, 1996).

4.2.1.8 *Rhyeppenness maillei*

Insecto barrenador reportado en trozas de Álamo en las regiones IX y X. Aún no se constituye como plaga (Poisson³, 1996).

4.2.1.9 *Tuberolachnus salignus* Gmel. (Lachninae)

Afidos que forman vastas colonias sobre los tallos jóvenes de Álamos y Sauces. Ha sido reportado en las regiones V y VI. Aún no se constituye como plaga de importancia económica en el país (FAO, 1980; Poisson³, 1996).

Según Poisson³ (1996), aún no existe claridad sobre los patógenos del Álamo en el país, ni sobre su nivel como plaga, y la importancia económica de su ataque.

4.2.1.10 *Phrygilanthus tetrandrus* et Pav. Eichl. (quintral del Álamo)

Especie perteneciente a la familia de las Lorantáceas. Es un hemiparásito considerado como una plaga en el país. Su dispersión abarca desde la provincia de Atacama hasta Chiloé y Aysén. Hay algunas zonas intensamente atacadas, como por ejemplo Colchagua en la VI Región. Se considera que año a año se extiende el área e intensidad de su ataque, debido a las aves migratorias que lo propagan. El quintral introduce sus haustorios en la corteza y madera del Álamo produciendo perforaciones en ésta (Matte, 1960).

4.2.2 Agentes detectados en Argentina

En Argentina, según Brugnoli (1980), se han detectado varios agentes patógenos del Álamo, los que dada la posibilidad de pasar a nuestro país, se presentan brevemente a continuación.

Automeris viridescens: Lepidóptero cuyas larvas se alimentan de las hojas del Álamo.

Hylesia nigricans (Berg.): Lepidóptero declarado plaga nacional en Argentina, el año 1911. Ataca el follaje nuevo de los árboles y causa anualmente graves daños.

Oiketicus platensis (Berg.): Lepidóptero considerado una grave plaga en Argentina, que ataca distintas especies de árboles y arbustos, devorando las hojas y cortando los tallos nuevos. En ataques severos puede producir una defoliación casi completa.

Timocratica spp.: Lepidóptero cuyas larvas perforan la corteza y la madera. Se han observado túneles de hasta 6 a 8 cm de diámetro.

Calliopsida cinnabarina: Chicharra cuyo ataque se ha detectado en Mendoza y San Juan.

Oncideres spp.: Coleópteros taladradores de la madera.

Platypus sulcatus: Insecto taladrador de la madera, cuyas galerías horizontales impiden la activa circulación de savia, los árboles se secan por encima de las galerías y luego se quiebran por la acción del viento.

***Stenodontes spinibarbis* (L.)**: Insecto cuyas larvas perforan la madera en el sentido longitudinal del tronco, en todo su ancho. La madera pierde su valor para usos industriales o para carpintería.

***Magacyllene spinifera* (Newm.)**: Cerambícido detectado en Mendoza y otras provincias de Argentina. Sus larvas taladran ramas y troncos, barrenando en profundidad la madera. Estas galerías irregulares a veces llegan a ser tan abundantes que pueden producir la muerte del árbol o su quebradura por viento.

Meloidogyne incognita* y *Meloidogyne hapla: Nemátodos que atacan a la raíz, a veces pueden producir la muerte de la planta. Como síntoma se observa el decaimiento de las ramas anuales, que al año siguiente se agrava, llegando al tercer año a producir su muerte.

Heterodera spp.: Nemátodos que atacan las raíces.

***Oligonychus yotheri* (McGregor)**: Ácaro de amplia distribución en Argentina, que se alimenta del parénquima foliar.

***Pemphigus bursarius* L. y *Pemphigus populitransversus* (Riley)**: Pulgones que producen agallas, extrayendo del tejido vascular la savia en ramas secundarias, hojas y brotes, debilitando la planta y llegando a producir a veces defoliación.

***Phloeomyzus passerini* (Siga)**: Conocido como “pulgón lanífero del Álamo”, puede causar serios daños en las plantas jóvenes, que pueden morir cuando la invasión es intensa.

Pterocomma populea: Llamado “pulgón gris del Álamo”, su acción es sobre los brotes, originando malformaciones en las ramas jóvenes. Segrega una sustancia cerosa que da lugar a la formación de fumagina.

***Saissetia oleae* (Bernard)**: Conocida como “cochinilla H”, ataca a muchas especies de árboles, entre ellas al Álamo. Secreciones dulces de este insecto atraen fumagina que impide la asimilación y respiración de las hojas.

4.2.3 Plagas cuarentenarias del Álamo

Existen plagas forestales cuarentenarias que afectan al Álamo. Estas plagas, aún no presentes en el país, son de gran importancia económica, y se deben hacer esfuerzos para evitar su ingreso, ya que no sólo son agentes nocivos para la productividad de la especie, si no que también producen un efecto negativo sobre las exportaciones forestales, derivado de las regulaciones cuarentenarias requeridas por los mercados externos (Beeche *et al.*, 1993). A continuación se las presenta brevemente.

4.2.3.1 *Cryptodiaporthe populea* (Sacc.) Butin. (Sin: *Diaporthe populea*)

Clase Ascomycetes, orden Diaporthales. Ataca a *Populus spp.* y *Salix spp.* Se distribuye geográficamente en América del Norte y del Sur, Asia (China y Turquía) y en 18 países de Europa. Hongo parásito de heridas que ataca en invierno, cuando la madera presenta un grado de humedad adecuado para su desarrollo. Ataca con frecuencia plantas en vivero o plantaciones jóvenes. El daño se estima que se debe a la formación de toxinas y al efecto de estrangulamiento derivado de la formación de canchales. Ocasiona una enfermedad primaria en plantaciones jóvenes y viveros de *Populus spp.* en los que produce necrosis y muerte de plantas. Puede ingresar al país por medio de plantas de vivero infectadas, estacas u otro material vegetal de propagación.

4.2.3.2 *Melampsora medusae* Thüm, "Roya del Álamo"

Clase Basidiomycetes, orden Uredinales. (Sin: *M. albertensis*). Los principales huéspedes son *Populus spp.* de las secciones Aigeiros y Tacamahaca. Se distribuye en América del Norte, América del Sur (Argentina y Uruguay), Asia (Japón), Europa (España, Francia, Portugal) y Oceanía. Corresponde a una roya heteroica, que produce la pérdida prematura del follaje de los Álamos y coníferas que ataca, disminuyendo con esto el vigor de las plantaciones afectadas.

El primer síntoma que se observa, es la aparición de manchas amarillentas en las hojas y luego de un tiempo se observan fructificaciones amarillentas en el envés de las hojas y más tarde fructificaciones negruzcas en la cara de éstas. En tres semanas se puede producir una defoliación total.

La roya del Álamo se puede introducir al país en plantas infectadas, estacas y varetas provenientes de viveros o árboles infectados.

4.2.3.3 *Mycosphaerella populorum* Thompson, "Cancrosis de los Álamos"

Clase Ascomycetes, orden Dothiorales. Se distribuye geográficamente en América del Norte y Argentina. Presenta un estado imperfecto o anamorfo representado por *Septoria musiva*. Este hongo inicialmente infecta el follaje en la parte inferior de la copa, extendiéndose posteriormente a todo el árbol. Se dispersa mediante

conidias o esporas diseminadas por el viento o salpicadas por el agua de lluvia, penetrando al huésped a través de heridas, lenticelas, estípulas y pecíolos. El hongo se perpetúa de un año a otro en hojas infectadas ya caídas y en canchales existentes en ramas y troncos. Como síntomas se observan lesiones en las hojas de ramas inferiores y en las más próximas al tallo, de formas variadas y color pardo con centro blanco o amarillo. Luego algunas hojas toman color amarillo y se caen. En casos graves la planta pierde su follaje casi totalmente, hecho que detiene su desarrollo. Se forman canchales en los tallos que pueden estrangular a la planta.

Es una enfermedad primaria en plantaciones de *Populus spp.*, en las que ocasiona el desarrollo de canchales anulares o deformantes y muerte en el lapso de un período vegetativo en clones susceptibles. Este hongo es un factor que limita el potencial de uso de numerosos Álamos híbridos de crecimiento rápido. Puede entrar al país por medio de estacas o material de propagación vegetativo infectado.

4.2.3.4 *Xanthomonas populi* (Ridé), “Cancro bacteriano del Álamo”

Clase Schizomycetes, orden Pseudomonales. Ataca a *Populus spp.* y *Salix spp.* Se distribuye geográficamente en Europa (Alemania, Bélgica, Checoslovaquia, Francia, Gran Bretaña, Holanda, Hungría, Polonia, Rumania y U.E.I.). Bacteria que ataca preferentemente durante la primavera, penetrando al hospedero a través de cicatrices presentes en hojas nuevas, axilas en la base de las ramas, tejidos dañados por bajas temperaturas, daños de perla y perforaciones ocasionadas por insectos. Después del proceso de infección primaria se originan canchales, los cuales pueden circundar las ramas provocándoles la muerte o limitándolas en su crecimiento. *Xanthomonas* es una enfermedad grave que puede causar la muerte del árbol debido al estrangulamiento. A su vez, el desarrollo de canchales provoca serios defectos tecnológicos en la calidad de la madera. Los síntomas son largas estrías oscuras necróticas en la corteza de plantas en vivero. Posteriormente la necrosis se hace progresiva afectando al cambium (*Op. cit.*).

Esta bacteria puede ingresar al país en plantas infectadas, estacas y varetas provenientes de viveros o árboles infectados.

4.2.4 Recomendaciones

En Italia, en regiones con gran cantidad de plantaciones, Pedrini (1993) indica que la situación fitosanitaria es preocupante, ya que se producen continuamente ataques virulentos de hongos parasitarios, de fitófagos (como pulgones, barrenadores, entre otros), y de bacterias, ligado a la sensibilidad del clon en uso. Para manejar, por lo tanto, las plantaciones de Álamo correctamente y evitar en parte estos riesgos, el

autor recomienda escoger el clon que mejor se adapte a las condiciones edafoclimáticas locales, olvidándose de tener como único objetivo el rendimiento en volumen del árbol, y aconseja asegurar a cada planta un mínimo de 45 a 50 m² de espacio vital para disminuir la competencia, lo que significa una plantación a una densidad de 200 a 222 árboles/ha.

Los fuertes ataques de *Marsonnina brunnea* (hongo aún no presente en Chile) que sufre el Álamo, han hecho desechar en otros países viejos clones poco resistentes a su ataque, tales como I-154, I-262 e I-455 (euramericana) (Mantovani, 1993).

En este mismo aspecto, Pedrini (1993) recomienda trabajar en la selección de clones resistentes a las plagas, puesto que cada vez el uso de químicos se hace más restrictivo. O también buscar métodos naturales para el control de plagas, tales como, el atraer aves a que nidifiquen en los cultivos de Álamo, ya que son grandes limpiadores de todo tipo de insectos.

Con respecto a clones resistentes a plagas, Robinson y Raffa (1994) determinan diferencias significativas en las preferencias de la oruga *Malacosoma disstria* por distintos clones, lo que indica que existirían marcadas diferencias ante el ataque de patógenos.

En un ejemplo de silvicultura tradicional italiana, citado por Forêt-entreprise (1992), los tratamientos fitosanitarios aparecen con un 32 % del costo total, lo que reafirma la importancia de escoger muy bien el cultivar, de tal manera que presente resistencia a las plagas presentes en el lugar de plantación.

5.

SILVICULTURA Y MANEJO

5.1 PROPAGACIÓN

5.1.1 Viverización

Para fines comerciales, la propagación de los Álamos se realiza vegetativamente con plantas enraizadas de diversos tipos o con “varetas” que son estacas largas, obtenidas de viveros de árboles madre (Vita, 1977). El vivero consta de cepas madres, cada una capaz de producir 200 o más varetas. Es conveniente efectuar un raleo de brotes, cuando éstos tengan una altura superior a los 30 cm, eligiendo los más vigorosos y mejor situados.

Tales viveros requieren suelos mullidos, frescos y bien abonados, cuya profundidad sea mayor a los 60 cm, con un pH de 6 a 7. Tolera levemente los suelos calcáreos.

5.1.1.1 Obtención de las cepas madres

Las futuras cepas se obtienen de estacas provenientes de brotes largos de un año, raramente de 2 años, de árboles padres. Una vez obtenidos, estos brotes son seccionados en estaquillas, cada uno de los cuales constituirá una futura cepa madre. Al cortarse un brote o rama en estaquillas se debe eliminar la parte de la yema terminal y la base, ya que con ellas se originan plantas menos robustas que las que proceden de la parte media.

5.1.1.2 Características de las estaquillas

Se recomienda un diámetro de las estaquillas para la zona higromórfica de 10 a 12 mm y 20 mm para la zona mesomórfica. La longitud de las estaquillas dependerá de las características del suelo. Es decir, en suelos profundos, frescos y fértiles podrían emplearse estaquillas más cortas por la facilidad del enraizamiento y desarrollo del sistema radicular. En cambio, en terrenos de menor calidad, se deben emplear estaquillas más largas. En condiciones óptimas la longitud adecuada bordea los 20 cm, 25 a 50 cm en zonas semiáridas y 70 cm para casos extremos.

5.1.1.3 Época de recolección

Las estaquillas se pueden colectar durante el período de receso vegetativo, si hubiera heladas. Deberá procederse a fines de invierno o principios de primavera, antes de la brotación.

5.1.1.4 Estaquillado

Se recomienda su postura inmediata, a menos que sea necesario almacenarlas protegidas del viento y del sol, colocándolas verticalmente en zanjás, sobre un lecho de arena de 10 cm de espesor, en un suelo sin exceso de humedad. Luego son cubiertas por arena y ramas. Cuando las condiciones de almacenamiento no sean las mejores, o deban ser transportadas durante más de 15 días, convendrá parafinar los extremos para evitar su desecación. El corte de las estaquillas deberá dejar una sección lisa, de preferencia en bisel, a fin de estimular la formación de raíces (*Op. cit.*).

El estaquillado se efectúa en invierno, a distanciamientos de 1x1 m (10.000 estaquillas/ha) (Vita, 1977; Deboisse y Terrason, 1992), excepto cuando se realicen labores culturales con maquinaria, por lo que el distanciamiento deberá permitir tales faenas. En cualquier caso, el distanciamiento mínimo entre las estaquillas no podrá ser inferior a 50 cm. Las estaquillas deben ser enterradas a la mitad o 3/4 de su tamaño. Por lo menos deben quedar 3 a 4 yemas hacia el exterior.

5.1.1.5 Control de malezas y labores culturales del vivero

Es necesario prestar especial cuidado al control de malezas, con el objeto de impedir la competencia por luz, agua y nutrientes. También se deben realizar labores al suelo, y el riego debe ser intenso.

5.1.1.6 Producción

Un vivero de Álamo tiene una vida útil de 8 a 15 años, luego de lo cual se deben renovar las cepas madres, ya sea en todo el vivero o por sectores, pero en ningún caso en forma aislada. En este momento es conveniente realizar un cultivo de leguminosas durante 2 o 3 años. Por cada hectárea de vivero se obtienen, cada 2 años, 15.000 varetas con alturas superiores a los 5 m (2,2 x 1 m) ó 6.000 plantas enraizadas.

5.2 ESTABLECIMIENTO

5.2.1 Plantación

5.2.1.1 Lugar y tipo de plantación

Debe distinguirse dos modalidades posibles en la plantación de Álamos, por un lado existe una silvicultura del Álamo más bien de carácter extensivo, que se rige por los patrones habituales que caracterizan a las plantaciones forestales de rotaciones cortas o medias 20 a 25 años, orientada fundamentalmente a formar masas forestales con especies rústicas de Álamos, resistentes, destinadas a producir madera aserrada y pulpa, en terrenos de clase de capacidad de uso VI y VII, en zonas en las cuales no exista una seria limitación para el abastecimiento natural de agua.

La otra modalidad es “el cultivo del Álamo”, plantación con una alta intensidad de manejo, baja densidad, de cortas a muy cortas rotaciones (7 a 15 años), alta rentabilidad, orientada a producir productos de gran calidad, como madera debobinable y aserrable, y normalmente adaptada a terrenos planos o con pendientes leves, entre otros, terrenos de clase de capacidad de uso IV o terrenos alledaños a los ríos, cuyo uso agrícola se encuentre limitado durante alguna época del año, por un alto nivel freático móvil, u otros de estas características con limitaciones determinadas por su baja rentabilidad agrícola. En esta modalidad es posible practicar agricultura entre hileras o combinación con otras actividades como ganadería controlada, producción de frutales de pequeña talla y hongos comestibles.

Se puede agregar que los Álamos también pueden ser plantados en hileras a orillas de ríos y drenajes, donde crecen bien si las aguas están en movimiento. Deben ser plantados, a cierta distancia para que las raíces se desarrollen bien en todas direcciones (Jobling, 1990).

También se planta a orilla de caminos a excepción de los suelos arcillosos, donde el exceso de extracción de agua por parte de las raíces puede producir la contracción del suelo y daños en las fundaciones del camino. Se debe evitar la plantación cerca de construcciones, ya que sus raíces pueden causar serios problemas a las fundaciones; se sabe que los Álamos han producido problemas en construcciones incluso a más de 30 m de distancia (*Op. cit.*).

Se pueden plantar en hileras a orillas de un terreno o plantaciones formando alamedas. En este caso es aconsejable usar un clon con poco fototropismo. La distancia entre los árboles puede ser menor que en una plantación y oscila entre 4 a 5 m. Si se planta más de una hilera contigua, deberán estar bien distanciadas para evitar que los árboles se curven buscando la luz, lo que produce madera de tensión. Este sistema de plantación puede ser útil como cortina cortaviento (Ente Nazionale per la Cellulosa e per la Carta, 1987).

En el caso de ser una cortina cortaviento, la distancia de plantación en la hilera debe ser de 4 m y entre hileras de 6 m, y la cortina debe quedar al menos a 5 - 8 m de distancia del cultivo a proteger (Vita, 1977).

Es interesante agregar que según Nielsen (1993), algunos Álamos presentan resistencia a la contaminación, lo que permitiría su plantación en zonas de relaves mineros, por ejemplo, para ser regados con aguas contaminadas. Su prolongada estación de crecimiento, su mayor y más profundo sistema radicular que los cultivos agrícolas, su rápido crecimiento y su alta tasa de evapotranspiración harían interesante a esta especie para este tipo de forestación.

5.2.1.2 Época de plantación

La plantación se efectúa cuando las plantas están en reposo vegetativo, durante el invierno. Hay que evitar las épocas más frías en que el terreno, en caso de helada, oponga resistencia a la apertura del hoyo de plantación y ponga dificultad al normal cierre del terreno tras ella (Vita, 1977; Ente Nazionale per la Cellulosa e per la Carta, 1987; Mantovani, 1993).

Se debe evitar la plantación primaveral tardía cuando las yemas ya están abiertas. La presencia de hojas acelera el consumo de las reservas hídricas del fuste, que podrían resentirse antes de que las nuevas raíces estén en condiciones de satisfacer las necesidades de la planta, creándose la llamada crisis de trasplante.

Es conveniente reducir al mínimo el tiempo entre la extracción de la vareta del vivero y su plantación en terreno para evitar su exposición al viento, frío o sol, que produce daño en los tejidos deshidratándolos (*Op. cit.*).

En Chile, según Ulloa (1995), la época de plantación va de junio a agosto.

5.2.1.3 Material de plantación

Se puede producir varios tipos de planta, con raíces y sin ellas (varetas), de 1 a 2 años (Sanhueza y Estévez, 1995).

Las plantas con raíces, se obtienen de estacas y se extraen en 1 o 2 años. Presentan en general rápido crecimiento durante los primeros años, lo cual puede ser muy relevante si se trata de rotaciones cortas. En estas condiciones ganar 1 o 2 años puede implicar significativas ganancias para el productor (*Op cit.*).

Las plantas sin raíces son de dos tipos, varetas y estacas:

- Las varetas son en realidad tallos provenientes de cepas de 1, 2 y hasta 3 años que se cortan al final de la temporada, entre mayo y junio, pueden tener un tamaño de entre 2 y 8 m de altura (*Op. cit.*). Deben estar bien desarrolladas, lignificadas, con buena forma y exentas de parásitos. (Ente Nazionale per la Cellulosa e per la Carta, 1987; Mantovani, 1993).

Mantovani (1993) indica que las varetas de 2 años ofrecen mejores resultados tras la plantación y según Forêt-entreprise (1992) lo más común en Italia es que se usen varetas de 2 años de edad y de más o menos 4,5 a 6 m de altura, lo que ha dado buenos resultados, obteniéndose mayor productividad.

Sin embargo, Chaturvedi y Rawat (1994) indican que en India, los mejores resultados de sobrevivencia y crecimiento se han obtenido con plantas de un año, plantadas en invierno y bajo condiciones de riego.

- Deboisse y Terrason (1992) indican que en muchos países no europeos, especialmente en Argentina, se usan como material de plantación estacas (largo promedio de 25 cm y diámetro promedio mayor a 1,5 cm), en vez de las varetas que han sido formadas durante uno o 2 años en vivero.

Según su longitud, Ulloa¹ (1995) indica que existen 2 categorías de varetas, la primera corresponde a varetas de 7 a 8 m de altura, la segunda a varetas de 4 a 5 m de altura, que por su menor tamaño alargan en un año la rotación. En Francia tal caracterización es sobre la base del diámetro.

El uso de estacas podría significar ventajas, al bajar los costos de viverización, y disminuir problemas de transporte y mantención al momento de la plantación. Sin embargo, los autores llegan a la conclusión de que esta disminución de costos se ve contrarrestada por una mayor duración de la rotación para obtener un determinado volumen final; mayores riesgos ante el ataque de agentes patógenos o de condiciones climáticas adversas durante los primeros años; mayor heterogeneidad del material; necesidad de mayor número de podas; menor supervivencia de las plantas en terreno. Concluyen por lo tanto que el uso de estacas no contribuye a disminuir el costo total de la plantación y por lo tanto no sería conveniente su uso.

5.2.1.4 Mantención de las varetas fuera del vivero

Si es necesario un acopio de varetas por un tiempo prolongado, se aconseja sumergir en agua, al menos por una semana, la parte de la vareta que irá enterrada, o la vareta entera. Esto estimula considerablemente el enraizamiento, sobre todo en clones con problemas de este tipo (Ente Nazionale per la Cellulosa e per la Carta, 1987; Mantovani, 1993).

5.2.1.5 Poda de la vareta

Para obtener un equilibrio entre copa y raíces, influye positivamente la corta de la punta de la vareta (unos 50 a 150 cm), pero esta operación, que tiene efectos negativos en la ramificación, se hace sólo cuando existe la necesidad de hacer la plantación tardíamente (Ente Nazionale per la Cellulosa e per la Carta, 1987).

En el caso de plantas enraizadas, al momento de plantarlas se deben podar todas las ramas y las raíces deben ser podadas o cortadas a la altura del cuello (Ente Nazionale per la Cellulosa e per la Carta, 1987; Mantovani, 1993).

5.2.1.6 Preparación del terreno

El Álamo es una especie muy exigente del medio y de un manejo muy intensivo. Por eso es muy importante evaluar bien los tratamientos del sitio donde se va a plantar, para lograr buena rentabilidad (Soulères, 1992).

Para el cultivo del Álamo son imprescindibles la limpieza del terreno (arbus-tos y otros), aradura y nivelación. Según Ulloa¹ (1995), se debe hacer un roce liviano antes de la plantación. La nivelación es necesaria para hacer posible el riego gravitacional y facilitar las otras labores culturales (Ente Nazionale per la Cellulosa e per la Carta, 1987).

La aradura debe evitar descubrir el estrato inerte o llevarlo ala zona superficial, el horizonte activo debe repartirse homogeneamente sobre toda la superficie. La profundidad de la aradura depende de las características del suelo; puede ser del orden de 80 cm o 1 m en terrenos limosos con perfiles sin estratificaciones marcadas (homogé-neos), y decididamente menos profunda en terrenos con estrato calcáreo de acumula-ción o con estratos de arenas inertes, para evitar mezclar los horizontes (Ente Nazionale per la Cellulosa e per la Carta, 1987; Forêt-entreprise, 1992).

Si el suelo es heterogéneo, la labor profunda se puede reemplazar por un subsolado generalizado (Forêt-entreprise, 1992).

También en suelos pesados o compactados es imprescindible una aradura pro-funda o subsolado, que actúa favorablemente sobre las características físicas del sue-lo, sin mezclar los estratos, o bien usar cultivos agrícolas, que crean fisuras, las cua-les son utilizadas por las raíces de los Álamos para su desarrollo. Salvo excepciones la aradura ha demostrado ser eficaz también en terrenos arenosos (Ente Nazionale por la Cellulosa e per la Carta, 1987; Soulères, 1992).

En Chile, según Ulloa¹ (1995), las labores de aradura, rastraje y nivelación se realizan en otoño, de abril a mayo, según las condiciones de humedad en el suelo.

5.2.1.7 Profundidad de plantación

La profundidad de plantación debe garantizar a la planta la estabilidad, evi-tar que las oscilaciones producidas por el viento provoquen la ruptura de las raicillas en formación, y permitir utilizar al máximo la potencialidad del terreno, en particu-lar su reserva hídrica (Ente Nazionale per la potencialida e per la Cellulosa e per la Carta, 1987; Soulères, 1992).

El hoyo de plantación se puede hacer con un perforador espiral conectado a un tractor o en forma manual (Vita, 1977; Ente Nazionale per la Cellulosa e per la Carta, 1987; Mantovani, 1993). También se puede realizar con retroescavadora.

La profundidad del hoyo de plantación depende de:

- a) el tipo y tamaño de planta, ya sea de 1 o 2 años en vivero, con o sin sistema radical;
- b) la naturaleza del terreno y de su perfil hídrico (Ente Nazionale per la Cellulosa e per la Carta, 1987; Mantovani, 1993).

Según Vita (1977), la profundidad de plantación depende del largo de la vareta. Así para una vareta larga (mayor a 4,5 m), por ejemplo, la profundidad mínima de plantación debe ser de 0,6 m, siendo preferible una profundidad de 0,8 a 1 m.

En terrenos frescos, con buenas características físicas, la profundidad del hoyo debe ser de al menos 70 cm para varetas de 1 año y 1 m para las de 2 años. Si la vareta no tiene sistema radicular se aumenta en 20 a 30 cm la profundidad para asegurar su estabilidad. Con estas profundidades el diámetro del hoyo varía de 30 a 50 cm (Ente Nazionale per la Cellulosa e per la Carta, 1987).

Según Mantovani (1993), en terrenos frescos, de buenas características físicas, la profundidad del hoyo para una vareta de 2 años de edad puede conseguir resultados óptimos si es de 130 a 150 cm y de un diámetro de 15 a 30 cm. Según Forêt-entreprise (1992) estas profundidades exigen plantas fuertes.

En terrenos de textura arenosa, con escasa capacidad de retención, frecuentemente sujetos a sequía en los estratos más superficiales, se debe profundizar más, disminuyendo el diámetro del hoyo de plantación, hasta alcanzar el estrato donde la humedad está influenciada por la napa freática (Ente Nazionale per la Cellulosa e per la Carta, 1987). Allí se puede alcanzar hasta 3 m de profundidad con un diámetro de 9 a 15 cm (Mantovani, 1993).

En el caso de terrenos con cierta compactación es conveniente abrir un hoyo de hasta 60 cm de diámetro, para facilitar una pronta expansión de las raíces adventicias. Esta misma consideración es válida cuando existe una napa freática superficial con moderada variación del nivel durante el período vegetativo (Ente Nazionale per la Cellulosa e per la Carta, 1987).

En terrenos arcillosos la formación de las raíces puede ser estimulada rellenando el hoyo con arena, al menos en la parte superior, para mejorar las condiciones de aireación y temperatura en el período crítico tras el trasplante (Ente Nazionale per la Cellulosa e per la Carta, 1987; Mantovani, 1993).

Es importante comprimir bien la tierra en el hoyo, repitiendo periódicamente esta operación, para asegurar un buen enraizamiento de la planta, y evitar que queden huecos entre la planta y el terreno, especialmente en hoyos angostos, más difíciles de llenar (Ente Nazionale per la Cellulosa e per la Carta, 1987).

También es conveniente aportar inmediatamente después de la plantación 10 a 15 litros de agua por planta para evitar que queden espacios de aire entre las raíces, que puedan comprometer el éxito de la plantación (Mantovani, 1993).

5.2.1.8 Distancia de plantación

Debido a la fuerte dominancia apical y generalmente buena forma del fuste de clones probados, no es necesario el uso de altas densidades de plantación iniciales como herramienta silvicultural. Se puede, por lo tanto, escoger el distanciamiento según el producto final deseado (Jobling, 1990).

Según Jobling (1990) y Lemur e Impens (1981), los Álamos reaccionan igual que otros árboles al espaciamiento. A espaciamientos amplios el incremento diamétrico de cada individuo es alto, pero es menor el rendimiento por unidad de superficie. Con espaciamientos bajos se logran altos rendimientos pero con individuos de menor tamaño. A iguales rotaciones el máximo incremento medio anual (IMA) se logra antes en rodales más densos. Una mayor densidad produce una máxima eficiencia productiva del sistema, con mayor producción de biomasa.

La elección del distanciamiento depende de las características climáticas generales, de la fertilidad del terreno y del clon, y de la finalidad productiva, e influye sobre la duración de la rotación. El número de plantas por hectárea puede variar de un mínimo de 250 a un máximo de 400, para producir madera de calidad (Ente Nazionale per la Cellulosa e per la Carta, 1987).

Los Álamos se plantan generalmente en los vértices de un cuadrado, un rectángulo o un triángulo equilátero (Mantovani, 1993). En el siguiente cuadro se presentan las distancias de plantación generalmente usadas.

CUADRO 8
DISTANCIAMIENTOS Y DENSIDADES DE PLANTACIÓN PARA ÁLAMO

Posición	Distanciamiento	Densidad
En cuadrado	5,0 x 5,0 m	400 árb/ha
	5,5 x 5,5 m	330 árb/ha
	6,0 x 6,0 m	278 árb/ha
En rectángulo	5,5 x 5,0 m	364 árb/ha
	6,0 x 5,0 m	333 árb/ha
	6,0 x 5,5 m	303 árb/ha
	7,0 x 4,0 m	357 árb/ha
	7,0 x 5,0 m	286 árb/ha
	8,0 x 4,0 m	313 árb/ha
	8,0 x 5,0 m	250 árb/ha
En triángulo	5,5 x 4,7 m	387 árb/ha
	6,0 x 4,2 m	397 árb/ha
	6,5 x 5,6 m	275 árb/ha

Fuente: Ente Nazionale per la Cellulosa e per la Carta (1987) y Forêt-entreprise (1992)

Según Vita (1977) y Soulères (1992) la distancia mínima de plantación debe ser de 7,0 x 7,0 m. Experiencias en Bélgica, Francia e Italia demuestran que sólo plantaciones con un máximo de 200 árb/ha (7,0 x 7,0 m) son económicamente provechosas, y dan mejores productos. Si la napa freática es alta, cercana a la superficie, el espaciamiento puede ser de 8,0 x 8,0 a 9,0 x 9,0 m y en suelos delgados puede llegar a 10,0 x 10,0 m.

Valadon *et al.* (1994) presentan un ensayo de densidad de plantación conducido durante 21 años, para evaluar el impacto de 15 diversas densidades (entre 123 árboles/ha, 9 x 9 m y 278 árboles/ha, 6 x 6 m) con el híbrido I-214, sobre la rentabilidad del cultivo. En éste observan que la plantación con más baja densidad, maximiza el rendimiento financiero del capital invertido (Tasa Interna de Retorno, TIR) así como la elección de densidades fuertes favorece el Valor Presente Neto (VPN). Sin embargo, mientras menor es la densidad, por lo tanto mayor es el volumen por árbol individual, el productor tiene más posibilidades de diversificar sus productos al momento de la cosecha, según como se presente el mercado, lo que le da más flexibilidad y seguridad.

En los últimos años ha habido también considerable interés en cultivar Álamo con densidades mayores, para la producción de pulpa de fibra corta. Por ejemplo, para producir fibra corta maximizando el rendimiento por hectárea con árboles de 10 a 20 cm de DAP en rotaciones de 10 a 15 años, Jobling (1990) recomienda usar un espaciamiento de 2,0 a 3,0 m en todas las direcciones.

Para obtener madera para chapas de 40 cm de DAP con un diámetro límite de utilización de 25 cm, en rotaciones de 25 años, Jobling (1990) recomienda 6 a 8 m de espaciamiento en cultivares e híbridos de *Populus trichocarpa* y 7,5 a 8,0 m para cultivares de *Populus x euramericana*.

También, según Bouvet y Berthelot (1994), el Álamo se puede manejar en rotaciones muy cortas (5 a 6 años), con densidades iniciales del orden de 10.000 plantas/ha, para manejo como monte bajo. El uso de esta madera es para astillado y posterior uso en la industria de la celulosa. Con este manejo en Francia obtienen valores de DAP del orden de 2 a 14 cm, alturas del orden de 6 a 15 m y al momento de la corta de 4.000 a 9.900 plantas/ha.

Berthelot *et al.* (1994) indican que en el manejo de plantaciones de corta rotación (hasta 7 años), como monte bajo y con altas densidades, el uso de entre 2.000 a 3.000 plantas/ha o menos de 2.000 plantas/ha, es más conveniente que densidades de 10.000 plantas/ha, ya que se logra una buena producción de biomasa, con valores individuales mayores que en plantaciones de mayor densidad. Esto significa un mejor aprovechamiento industrial de cada troza y una mayor productividad durante la corta. La proporción de madera aprovechable (trozas para la industria de celulosa) comparada a la biomasa total aumenta a medida que la densidad disminuye.

5.2.1.9 Labores culturales

Es fundamental que las labores culturales modifiquen la estructura del terreno, influyendo en su compactación y en la permeabilidad del estrato activo, provocando la interrupción de la capilaridad superficial para obtener un mejor control de la circulación del agua. Otro objetivo es eliminar la vegetación adyacente e incorporarla al suelo (Ente Nazionale per la Cellulosa e per la Carta, 1987).

Las labores se deben hacer con rastra, usualmente de disco; es preferible arar al final del otoño para enterrar los residuos orgánicos. Aunque esta labor produce simultáneamente la poda de las raíces de los Álamos, esto no influye negativamente en el desarrollo de las plantas, que en primavera reemprenden normalmente su desarrollo (*Op. cit.*).

En general el realizar de 2 a 4 intervenciones, con mayor frecuencia en una plantación joven y con menor frecuencia en una mayor, son suficientes para cumplir los objetivos. Después del quinto año cesa la conveniencia de hacerlas (Ente Nazionale per la Cellulosa e per la Carta, 1987; Mantovani, 1993).

5.2.1.10 Control del sotobosque y malezas

Los Álamos son muy sensibles a la competencia con malezas particularmente durante su establecimiento. Un efectivo control durante este período y a lo largo de la rotación, puede reducirla en un año y aumentar considerablemente la producción de biomasa, que puede compensar con creces los costos involucrados (Bowersox *et al.*, 1992).

Para el control del sotobosque y las malezas se aconseja triturarlo e incorporarlo al suelo para que aporte al mantenimiento de la estructura, humedad y fertilidad del suelo (Pedrini, 1993) y evitar el uso de productos químicos, a los cuales el Álamo es muy sensible durante su etapa juvenil.

Esta susceptibilidad al daño con herbicidas ha sido asociada con la fecha de aplicación, al tipo de labranza y sensibilidad química y el clon. Diferentes estudios recomiendan realizar pretratamientos con herbicidas no selectivos, preparación mecánica del sitio y el uso de herbicidas de preemergencia (Bowersox *et al.*, 1992).

Esta sensibilidad a los productos químicos es un gran impedimento para el control de malezas. Una posible solución ensayada, según Donahue *et al.* (1994), es la modificación genética mediante *Agrobacterium*, de clones de Álamo, para darles resistencia a ciertos compuestos químicos presentes en los herbicidas. Se han hecho pruebas con el clon NC-5339 (*Populus alba* x *Populus grandidentata* cv. Crandon), obteniéndose con éxito una mayor resistencia al glifosato (N-(fosfonometil)glicina) sin desmedro del monto de fotosíntesis neta o de cualquier otro factor de crecimiento.

Si esta transformación tiene éxito con otros clones, sería una valiosa contribución para las faenas de control de maleza que actualmente, según Ulloa¹ (1995), se realizan manualmente, con alta demanda de mano de obra.

Este autor indica la utilización de *ranas* para el desmalezamiento entre hileras, y en la hilera el uso de desbrozadora de desplazamiento lateral. En el caso de que haya un cultivo agrícola asociado, el control de malezas se aconseja hacerlo manualmente. El período de desmalezamiento mecánico o manual va de noviembre a enero, realizándose 2 en primavera y 2 en verano. Los 2 últimos años de la rotación no hay necesidad de desmalezamiento.

A pesar de la sensibilidad del Álamo a los herbicidas, Schultz² (1995) indica que en Valdivia se realiza control de malezas con herbicidas hasta el año 9 de la rotación (en una rotación de 16 años), aplicando:

- Round up (Ingrediente activo: glifosato. Aplicación 2,5 l/ha)
- Graminicida (Aplicación: 1,5 kg/ha)
- MCPA (Ingrediente activo: MCPA Amina. Aplicación 1,5 a 2 l/ha. Líquido soluble en concentración de 750 gr/l)
- Azolan 50 % W.P (Ingrediente activo: Aminotriazol. Aplicación: 1,5 a 2 l/ha . (Ediciones técnicas de Medicina Ltda., 1987)

Es recomendable también eliminar el sotobosque para evitar el peligro de incendios (Ente Nazionale per la Cellulosa e per la Carta, 1987).

5.2.1.1 1 Fertilización

La fertilización es un medio eficaz para aumentar la productividad de la plantación, sobre todo en terrenos con carencia de elementos nutritivos. El Álamo responde mejor a la fertilización cuando está en estado juvenil, presentando gran sensibilidad al nitrógeno, algo menor al fósforo y poca al potasio (Ente Nazionale per la Cellulosa e per la Carta, 1987).

Cuando la plantación nueva está creciendo en asociación con un cultivo agrícola herbáceo, durante su primer año de plantación, se aconseja fertilizar con anhídrido fosfórico, óxido de potasio y nitrógeno, anualmente (*Op. cit.*).

Cuando el terreno tiene buenas características físicas pero no suficientes elementos nutritivos, puede ser útil una fertilización a fondo antes de la aradura que precede a la plantación, con P_2O_5 y K_2O y complementar con nitrógeno. También se recomienda suministrar nitrato amónico el primer año, aumentando la dosis al segundo y tercero, a un radio de 1 a 2 m del árbol respectivamente (Ente Nazionale per la Cellulosa e per la Carta, 1987; Mantovani, 1993).

Siempre es recomendable la fertilización orgánica hecha con guano o el entierro de leguminosas, sobre todo en suelos con fertilidad insuficiente, lo que permite elevar el pH y la riqueza mineral. Esto se puede hacer con aradura de mediana profundidad (Ente Nazionale per la Cellulosa e per la Carta, 1987).

Según Ulloa¹ (1995), el Álamo más que fertilización necesita un suelo suelto, suficiente agua y luminosidad. Sólo en caso de déficit aconseja fertilizar. Schultz (1995) indica que para la zona de Valdivia se realizan 5 fertilizaciones, a los 0,1,2,5 y 8 años, con

200 gr de fertilizantes, compuesto por 120gr/planta de NPK (30 % N, 50 % P, 20 % K) y 80 gr de Cu, Mo y Fe.

5.2.1.12 Riego

Para el riego hay que evaluar la idoneidad del terreno, la cantidad de agua necesaria, el momento del riego, el volumen de riego y el método de irrigación (Ente Nazionale per la Cellulosa e per la Carta, 1987).

- Idoneidad del terreno: se debe considerar su excesiva o escasa permeabilidad y su capacidad de retención, así como la profundidad. Típico es el ejemplo de suelos arenosos o gravosos, donde el riego difícilmente tiene resultados positivos.

- Cantidad de agua: puede ser determinada mediante el cálculo del balance hídrico, para el cual es necesario conocer la cantidad de agua correspondiente a la evaporación del terreno, a la transpiración, a los aportes naturales (napa freática), y a las pérdidas de diferente naturaleza, o puede ser determinado con experimentación para la determinación de la curva «rendimiento/volumen estacional de agua de irrigación» (*Op. cit.*).

Merlet (1986) elaboró para toda la zona central de Chile, desde el límite norte de la IV Región, 29° hasta el límite sur de la IX Región, 39° y desde la alta cordillera por el este, hasta la costa del Océano Pacífico por el oeste, cartografía a una escala 1:1.000.000 la evapotranspiración potencial y necesidades de agua neta.

La Evapotranspiración Potencial (ETp) expresa el monto de agua transpirada en una unidad de tiempo, por un cultivo verde que cubre completamente el suelo, de altura uniforme y sin restricción de agua (Merlet, 1986). Luego, este dato por sí solo no corresponde a las necesidades de cada cultivo en especial. La Evapotranspiración real (ETr), que efectivamente ocurre en un determinado lugar, bajo las condiciones de un determinado cultivo, se calcula como:

$$ETr = ETp * K_c$$

Donde K_c es un coeficiente de cultivo. Este coeficiente se define para cada cultivo, mensualmente, y depende de las características climáticas, del suelo, y propias del cultivo. Es así como se ha propuesto que, ya que $K_c = ETr/ETp$, se necesitaría calcular la evapotranspiración real del lugar para determinar K_c . La evapotranspiración real se puede estimar en base a ecuaciones empíricas o evaporación de bandeja tipo A, es decir midiendo, a lo largo de las etapas de evolución del cultivo, y a lo largo de los meses, la evapotranspiración real que se produce (*Op. cit.*).

Lamentablemente para Álamo en Chile no se encontraron antecedentes de este tipo. Se podría usar la evapotranspiración potencial entregada en la cartografía de Merlet, (1986) como una idea general de las posibles necesidades de riego. Pero esto sobreestimaría el riego en algunos meses (cuando el K_c del Álamo sea menor a 1) y lo subestimaría en otros (cuando el K_c del Álamo sea mayor a 1).

Como ejemplo se presentan a continuación los coeficientes K_c estimados para Manzano y Duraznero, para tener una idea del comportamiento de este factor en especies arbóreas de hoja caduca, tal como es el Álamo.

CUADRO 9

VALORES DE K_c PARA MANZANO Y DURAZNERO

Especie	Región	Prof. del suelo (cm)	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Manzano	La Serena-San Felipe	120	0,45	0,85	1,15	1,25	1,25	1,00	0,85
	Santiago-Curicó	120	0,55	0,85	1,15	1,25	1,25	1,00	0,85
	Talca-Chillán	120	0,55	0,80	1,10	1,15	1,15	1,00	0,80
	Los Angeles	120	0,55	0,75	1,00	1,10	1,10	1,05	0,70
	Victoria-Temuco	120	0,45	0,70	0,95	1,05	1,05	0,95	0,70
Duraznero	La Serena-San Felipe	110	0,45	0,80	1,00	1,05	1,05	0,95	0,80
	Santiago-Curicó	110	0,55	0,80	1,00	1,05	1,05	0,95	0,80
	Talca-Chillán	110	0,55	0,75	0,95	1,00	1,00	0,95	0,75
	Los Angeles	110	0,50	0,70	0,95	1,00	1,00	0,95	0,65
	Victoria-Temuco	110	0,45	0,65	0,90	1,00	1,00	0,95	0,65

Fuente: Merlet (1986)

Se puede observar que el factor K_c oscila entre valores menores y mayores a 1. Esto significa que hay meses en que la evapotranspiración real bajo un determinado cultivo es menor a la evapotranspiración potencial del lugar (K_c menor a 1), y por el contrario, la evapotranspiración real es mayor a la potencial cuando K_c es mayor a 1 (generalmente en los meses de verano).

En el caso que se tuviesen valores de K_c para Álamo, la cantidad de agua necesaria para riego mensualmente se desprende del balance hídrico que en su expresión más sencilla se puede plantear como:

$$R = E_{Tr} - P_p$$

R : Monto de riego (mm)

E_{Tr} : Evapotranspiración real ($ETP \cdot K_c$) (mm)

P_p : Precipitación (mm)

Es así como por ejemplo, si la evapotranspiración potencial de Curicó para el mes de enero es de 193 mm, y suponiendo que para Álamo su K_c es de 1,25 para ese mes y zona, luego la evapotranspiración real será de:

$$E_{Tr} = E_{Tp} \cdot K_c = 193 \cdot 1,25 = 241,25 \text{ mm.}$$

Como la precipitación en ese sector es de 6 mm en enero, el déficit hídrico que debe ser suplido con riego es:

$R = E_{tr} - P_p = 241,25 - 6,00 = 5 \text{ mm}$, lo que equivale a $2.352,5 \text{ m}^3/\text{ha}$. Como ejemplo se puede citar a Ulloa (1995), quien indica que en la zona de Parral, los clones I-63/51 e I-488, a una densidad de 278 árboles/ha ($6 \times 6 \text{ m}$), requieren un volumen de agua de $8.000 \text{ m}^3/\text{ha}$, que debe ser suplido con riego, de octubre a marzo, si es que las lluvias no son suficientes.

A su vez indica que para obtener un rendimiento de $25 \text{ m}^3/\text{ha/año}$ se necesitan 6.000 m^3 de agua por hectárea, entre octubre y marzo.

Una sequía prolongada en el verano puede causar la pérdida irremediable de la plantación (Ministerio de Agricultura, s/f), por lo que el conocimiento de los requerimientos de la especie y de los déficit hídricos mensuales es muy importante.

- **Oportunidad de riego:** Para determinarlo se pueden seguir diversos criterios basados en la observación de la planta, del terreno (medición de la reserva hídrica utilizable), evaluación de la evapotranspiración o por la observación, de las condiciones de la planta, del terreno y del clima (Ente Nazionale per la Cellulosa e per la Carta, 1987).

En todo caso, es fundamental asegurarse durante el período estival el mantenimiento de la disponibilidad hídrica a un nivel que garantice la alimentación adecuada de la planta.

- **Método de irrigación:** El método más idóneo y difundido para el cultivo del Álamo es el de riego por tendido, para lo cual, como referencia, se puede decir que se requieren volúmenes de agua de 800 a $1.200 \text{ m}^3/\text{ha}$ cada vez. El número adecuado de riegos, por estación de crecimiento, puede variar de un mínimo de 2 a un máximo de 4 a 6 (*Op. cit.*).

CUADRO 10

REQUERIMIENTOS HÍDRICOS DE UN CULTIVO DE ÁLAMO DE PRODUCCIÓN MEDIA,
ASUMIENDO UN COEFICIENTE DE EVAPOTRANSPIRACIÓN DE 350 L/KG DE
SUSTANCIA SECA TOTAL (DENSIDAD: 330 PLANTAS/HA).

Edad plantación	Producción de materia seca/planta	Agua evapotranspirada por ha	Cantidad de precipitación correspondiente
1	4 kg	462 m ³	46,2 mm
2	7 kg	808 m ³	80,8 mm
3	11 kg	1.270 m ³	127,0 mm
4	17 kg	1.963 m ³	196,3 mm
5	25 kg	2.887 m ³	288,7 mm
6	33 kg	3.811 m ³	381,1 mm
7	41 kg	4.735 m ³	473,5 mm
8	48 kg	5.544 m ³	554,4 mm
9	55 kg	6.352 m ³	635,2 mm
10	48 kg	5.544 m ³	554,5 mm
11	41 kg	4.735 m ³	473,5 mm
12	30 kg	3.465 m ³	346,5 mm

Fuente: Mantovani (1993)

Según Ulloa¹ (1995), el Álamo puede ser regado por tendido, con regueros a ambos lados de la hilera de plantación, a un metro de ésta. Se deben realizar riegos de octubre a marzo, y se debe dejar de regar un año antes de la cosecha.

El año de la plantación se debe regar de octubre a diciembre, con un riego por mes (Ulloa, 1995).

5.2.1.13 Replante

En caso de muerte de algunos ejemplares tras la plantación, se pueden reemplazar por individuos de otro clon más competitivo, para que alcancen rápidamente el desarrollo de los árboles ya plantados. En el caso de una mortalidad muy elevada se hace necesario revisar las causas (Ente Nazionale per la Cellulosa e per la Carta, 1987).

Esta reposición de individuos se debe efectuar lo antes posible, utilizando varetas bien desarrolladas o con raíces. La reposición no debe efectuarse después de los 2 años de la plantación (Vita, 1977; Mantovani, 1993).

5.2.1.14 Control de plagas

Como se vió en el punto 4.2.1, existe una serie de plagas que afectan al Álamo en Chile, algunas más severas que otras. Hoy lo más común es controlar el ataque de pulgón lanígero (*Phloeomyzus passerinii*), roya (*Melampsora spp.*), cuncunas y lepidópteros (Shultz², 1995).

Según Ulloa¹ (1995), el control de plagas se realiza, cuando es necesario a lo largo de la rotación, con aplicaciones aéreas de productos químicos. Por lo general son necesarias de 1 a 4 aplicaciones por rotación.

Según Schultz² (1995), para la zona de Valdivia, se sigue un esquema de control de plagas a los 1, 4 y 7 años.

5.3 MANEJO

5.3.1 Raleos

No se consulta raleos ya que, se planta con gran distanciamiento, o con menor distanciamiento pero con una duración de la rotación y/o objetivos de la producción que no lo justifican (Jobling, 1990). Además los Álamos demoran mucho (3 a 5 años) en responder a un raleo, por lo que resulta antieconómico realizarlos. Solamente se efectúan en caso de que existan más de 400 ejemplares por hectárea (5,0 x 5,0 m). En este caso debe realizarse antes de que las copas se junten (Vita, 1977).

Sin embargo en Hungría, gran productor de Álamo en Europa, según Paillassa (1994) se maneja al Álamo con densidades de 625 árb/ha (a 4 x 4 m de distanciamiento), raleando a los 6 a 8 años para dejar una densidad de 300 árb/ha, con un espaciamiento de 6 x 6 m.

También Christie (s/f) indica que a veces puede ser conveniente una densidad inicial alta para luego obtener retornos intermedios mediante un raleo, y por otra parte disminuir la inversión en poda. Según este autor, que las copas comiencen a entrelazarse indica que corresponde ralear.

5.3.2 Podas

5.3.2.1 Poda de formación

La poda de formación se realiza durante el primer año del árbol ya plantado, eliminando la doble flecha y las ramas que en la parte superior tienden a ser dominantes, mejorando así la forma del fuste, logrando un tronco derecho sin desviaciones o deformaciones (Vita, 1977; Ente Nazionale per la Cellulosa e per la Carta, 1987).

En cambio, según Jobling (1990), los Álamos generalmente presentan una excelente forma del tronco, recto y cilíndrico, por lo que usualmente no hay necesidad

de hacer poda de formación. Estas operaciones son sólo prácticas durante el primer o segundo año de crecimiento, cuando el ápice aún es alcanzable.

Según Ulloa¹ (1995) es necesario realizar poda de formación, eliminando la doble flecha si es que existe, y las 2 ramas más cercanas al ápice, con el objeto de liberar su crecimiento. De todas maneras es conveniente reducir el tamaño de las ramas laterales que puedan transformarse en competidoras.

5.3.2.2 Poda de limpieza del fuste

La poda de limpieza del fuste se realiza gradualmente durante el desarrollo del árbol, podando las ramas laterales desde la base hacia arriba para lograr madera libre de nudos, hasta una altura de 5 a 7 m del suelo o más. Las podas deben hacerse gradualmente, y según la velocidad de crecimiento de la plantación se regula el número de intervenciones durante los primeros años (Vita, 1977; Ente Nazionale per la Cellulosa e per la Carta, 1987; Jobling, 1990).

Es necesario comenzar con podas muy tempranas, para lograr el máximo de madera libre de nudos. Las ramas a podar deben tener un diámetro máximo límite de 5 cm, siendo esencial que sean ramas vivas, verdes (Jobling, 1990). Es práctica común el podar en 2 o 3 etapas para alcanzar un tronco libre de nudos de hasta los 6,0 a 7,5 m de altura.

La intensidad de poda puede afectar significativamente el incremento diametral. Mientras más severa es la poda menor es la tasa de crecimiento (*Op. cit.*)

En Chile se usa como objetivo obtener madera libre de nudos con un cilindro central nudoso de 10 cm de diámetro y una altura de poda de 7,5 a 8,5 m (Schultz², 1995). Por lo tanto, el momento y altura de la poda debe apuntar a este objetivo.

5.3.2.3 Esquemas de poda

En Álamos de crecimiento rápido, y dado que por lo general forman un verticilo de ramas al año, un posible esquema de poda propuesto por Jobling (1990) es: podar al año no más de un verticilo de ramas, más las ramas del internuder, cada año en que corresponda podar, y así lograr en las sucesivas podas una altura final de 7,5 m dentro de los primeros 10 años. Durante ese período, 1 o 2 años sin poda permiten la formación de una copa suficientemente grande como para equiparar el crecimiento en altura del árbol. Esto se puede llevar a cabo podando después de la 3^a, 4^a, 6^a y 7^a temporada de crecimiento.

También indica la importancia de hacer un control permanente de los brotes epicórnicos, ojalá anualmente, a fines de la primavera.

El esquema de poda adecuado para plantaciones con buen crecimiento, según Ente Nazionale per la Cellulosa e per la Carta (1987) para varetes plantadas de un año de edad consiste en:

- Durante el período de reposo después del 1^{er} período vegetativo de la vareta ya plantada: se eliminan las ramas que compitan con el eje principal para evitar la doble flecha (poda de formación), y se podan las ramas laterales inferiores que se encuentren hasta una altura de 1,3 a 1,5 m.

- Durante el período de reposo después del 2^{do} período vegetativo: se eliminan las ramas dominantes más vigorosas del segundo verticilo y las ramas más vigorosas del primer verticilo. Se eliminan también las ramas laterales de 2 años de edad y los brotes hasta una altura de 1,8 a 2,0 m (levante de poda).

- Durante el período de reposo después del 3^{er} período vegetativo: se efectúa la eliminación de aquellas ramas del segundo verticilo con tendencia a engrosar demasiado y se eliminan todas las ramas residuales bajo el primer verticilo y hasta unos 3 m de altura o hasta un diámetro inferior a 12 cm.

- Durante el período de reposo después del 4^{to} período vegetativo: se realiza un raleo final y ligero de las ramas del segundo verticilo eliminando aquellas más gruesas o con tendencia a desequilibrar la copa.

- Durante el período de reposo después del 5^{to} período vegetativo: se eliminan todas las ramas aún presentes bajo el segundo verticilo y donde el fuste haya superado un diámetro de 12 a 14 cm. Según esto, generalmente el tramo de fuste entre el 2^{do} y 3^{er} verticilo resulta también podado. El 3^{er} verticilo queda generalmente a una altura de 7 m, límite que se considera suficiente para la poda, (Fig. 1 Anexo II).

Para varetas plantadas de 2 años de edad, el esquema de poda propuesto sería:

- Durante el período de reposo después del 1^{er} período vegetativo: se eliminan las ramas superiores más vigorosas que pudiesen convertirse en doble flecha (poda de formación), y se eliminan las ramas laterales hasta una altura de 1,8 a 2,0 m (levante de poda).

- Durante el período de reposo después del 2^{do} período vegetativo: se eliminan las ramas más vigorosas del primer verticilo. No se tocan las ramas dominantes del segundo verticilo que estén a más de 7,0 m de altura, y se eliminan todas las ramas bajo los 2,0 m de altura.

- Durante el período de reposo después del 3^{er} período vegetativo: se realiza la poda de limpieza del fuste eliminando las ramas laterales hasta una altura de 2,5 m teniendo en cuenta no cortar ramas en la zona del fuste donde el diámetro sea inferior a 12,0 - 14,0 cm.

- Durante el período de reposo después del 4^{to} período vegetativo: se puede continuar con la limpieza del fuste podando todas las ramas laterales hasta una altura de 3,5 m, teniendo en cuenta las restricciones de diámetro del fuste especificadas anteriormente.

- Durante el período de reposo después del 5^{to} período vegetativo: se eliminan todas las ramas laterales residuales, insertas en la parte del fuste correspondiente a la vareta originalmente plantada, y hasta un diámetro de 13,0 a 15,0 cm del fuste. Con ésto, la poda puede ser considerada como terminada, habiéndose conseguido el objetivo de limpiar el fuste hasta una altura cercana a los 7,0 m (Fig. 2 Anexo II).

Las cinco intervenciones antes descritas están previstas para los clones más ramosos. En aquellos con menos ramas los mismos resultados se pueden obtener sólo con 3 intervenciones, que serían la 1^a, 2^a y 4^a indicadas.

El límite de 12,0 a 15,0 cm de diámetro del fuste dentro del cual conviene podar, viene indicado para evitar una poda excesiva de ramas, que deprima el crecimiento del fuste y estimule la formación de brotes epicórnicos.

Bajo los 3,0 a 4,0 m, la poda se puede efectuar desde el suelo, si es necesario con pértigas. Sobre esa altura se hace necesario el uso de escalera de aluminio o una plataforma con elevación hidráulica. Se pueden utilizar tijeras o sierras, según el tamaño de las ramas, o cualquier herramienta diseñada para este propósito.

Ulloa¹ (1995) indica como esquema de poda el siguiente, basado en los crecimientos de la zona de Parral, VII Región:

Año 1: se hace una poda de formación o poda falsa, en la cual se eliminan las ramas que puedan competir con el puntero. También se hace una poda de limpieza de fuste, eliminando las ramas hasta una altura de 1,5 m. Se podan los árboles con 8 a 9,5 cm de DAP. Se espera un rendimiento de 400 árboles/jornada.

Año 2: Se podan todos los árboles a 2 m de altura (árboles de 11 cm de DAP y 11 m de altura). Desde el año 2 al año 5 se usa serrucho cola de zorro. Se hace también repaso de poda, eliminación de brotes epicórnicos y limpia de fuste. Se espera un rendimiento de 300 árboles/jornada.

Año 3: Se hace levante de poda a todos los árboles. Para la zona de Parral corresponderán a árboles de alrededor de 14 cm de DAP y 13 m de altura. La poda se realiza hasta los 4 m. Se espera un rendimiento de 170 árboles/jornada.

Año 4: Se hace levante de poda a todos los árboles. Los árboles serán (para Parral) de 16 cm de DAP y 15 m de altura. Se poda hasta los 6 m. Se espera un rendimiento de 140 árboles/jornada.

Año 5: Se hace levante de poda a todos los árboles. Los árboles serán de 18 cm de DAP y 17 m de altura. La altura de poda es de 7,5 m. Se espera un rendimiento de 120 árboles/jornada.

En general, Ulloa¹ (1995) plantea que el primer año se realiza una poda de formación y una poda de rebaje, eliminando todas las ramas ubicadas bajo el primer verticilo en el fuste, de abajo hacia arriba.

Luego existen 2 alternativas, podar todos los años al 50 % de la altura del árbol hasta alcanzar 8 m de fuste podado, o podar dejando siempre los 3 últimos verticilos.

En Valdivia, según Schultz² (1995), para rotaciones de 16 años se poda todos los años, desde el año 1 al año 12.

5.3.2.4 Época de poda

La poda debe realizarse en invierno, bastante antes del comienzo del crecimiento en primavera. Generalmente los Álamos no exudan gran cantidad de savia o resina de las heridas, por lo que hay poco riesgo de infección (Jobling, 1990). Para Chile, Ulloa (1995) indica que la poda debe efectuarse cuando los árboles no tienen hojas, de mayo a agosto.

5.4 CULTIVOS ASOCIADOS

Según Jobling (1990), ha sido habitual plantar los Álamos en hileras a la orilla de cultivos. La extensión y severidad de la competencia de raíces de los Álamos con esos cultivos adyacentes depende en gran medida del tipo de suelo y de la edad de los árboles. En suelos limosos profundos, arenosos o turbas alcalinas donde la humedad y los nutrientes son abundantes, el efecto de las raíces de los Álamos es al parecer mucho menos severa que en suelos delgados o con limitaciones de humedad y nutrientes. Eso sí conviene tener presente el efecto negativo que su sombra pueda ejercer sobre el cultivo.

Si se cultiva Álamo en líneas alrededor de cultivos hay que poner atención en su cuidado y manejo, pues si no, la obtención de poca madera y/o de baja calidad no compensará las reducciones de rendimiento de los cultivos adyacentes. Además, si se descuida su estado fitosanitario, los Álamos pueden convertirse en focos de infección para cultivos de árboles frutales. Por el contrario, si están bien cuidadas, las filas de Álamos pueden dar rendimientos interesantes, que se añadirán al de los cultivos agrícolas (FAO, 1980).

Hasta el cuarto año de plantación la presencia de las hileras de Álamo no produce una reducción significativa en la productividad de los cultivos adyacentes. En los años siguientes, esta reducción comienza a manifestarse sobre una banda de 15 a 20 m a ambos lados de las hileras (*Op. cit.*).

Se realizan también cultivos asociados a plantaciones de Álamo, intercalando entre las hileras hortalizas, cereales o especies forrajeras (por ejemplo, Betarragas, Tabaco, Maíz, Trigo, Trébol, Papas, Porotos, Sandías, Soja, Algodón, Remolacha). El aporte de abonos y el trabajo al suelo para esos cultivos son muy positivos para el Álamo, el que a su vez abriga a las otras plantas. Su follaje poco denso permite el crecimiento de pastos, lo que a su vez permite un silvopastoreo controlado (Vita, 1977; FAO, 1980).

En todo caso sólo se deben hacer cultivos asociados durante los 2 primeros años de la plantación y cuando el terreno es fértil y con buena irrigación, si no la competencia afecta negativamente a la plantación de Álamo (Ente Nazionale per la Cellulosa e per la Carta, 1987; Mantovani, 1993).

La integración del cultivo del Álamo en la explotación agrícola puede efectuarse de forma limitada en terrenos más o menos expuestos a inundaciones o inadecuados para cultivos agrícolas corrientes; como sustitución temporal de todos o casi todos los cultivos agrícolas tradicionales; en plantaciones lineales a lo largo de los campos, caminos, zanjas, acequias, etc. (FAO, 1980).

Algunos de los cultivos aplicados que se practican entre hileras de Álamos y sus principales características son las siguientes:

Remolacha azucarera

El cultivo de la Remolacha azucarera entrega como productos raíces, para la producción de azúcar, y forraje (cosetas, hojas y coronas).

Es un cultivo exigente en la preparación del suelo y fertilizantes. Requiere suelos profundos, permeables, de reacción neutra o ligeramente alcalina y sin texturas extremas (ni muy arenoso ni muy arcilloso). Para su cultivo necesita:

- Preparación del suelo:

Exige un suelo limpio libre de malezas, firme y parejo.

Se debe preparar el suelo tempranamente en otoño. Labrado a una profundidad de 30 cm, de preferencia con arado de vertedera o arado de discos bien regulados. A veces es necesario subsolar para romper el pie de arado u otras capas impermeables que impidan o dificulten la penetración de las raíces. Para mejorar las condiciones de drenaje se debe trazar un adecuado sistema de desagües.

Para conseguir el adecuado mullimiento y eliminación de las malezas, se debe realizar rastrajes y para acondicionar el sistema de riego es necesario realizar una nivelación del terreno.

- Siembra:

En el momento de la siembra el suelo debe estar firme, debe realizarse en la época adecuada y una vez que el suelo reúna los requisitos de humedad, mullimiento, limpieza, nivelación y compactación.

La semilla no debe quedar a más de 2 cm de profundidad en suelos con buena humedad y hasta un máximo de 4 cm de acuerdo a la profundidad en que se encuentre el horizonte húmedo.

Se puede hacer con máquinas sembradoras, especializadas que van colocando las semillas uniformemente, a la profundidad adecuada y conjuntamente aportan fertilizantes y fungicidas.

Según las zonas del país la siembra se realiza desde agosto en la zona norte del área remolachera hasta el 30 de octubre como máximo en la zona sur.

Las dosis varían según el tipo de semilla. Con semilla multigermen, la más usada en el país, la cantidad varía de 7 a 22 Kg/ha.

- **Fertilización:**

La Remolacha es un cultivo exigente en nutrientes, especialmente fósforo y nitrógeno. Para un buen rendimiento son necesarios también azufre, potasio y boro, y calcio en la zona sur.

- **Raleo:**

Una vez emergida la Remolacha es preciso eliminar algunas plantas, dejando solamente 5 a 6 por metro lineal. Esto se realiza manualmente con azadón liviano y angosto.

- **Control de malezas:**

El control de malezas durante los primeros 40 a 60 días de la emergencia es fundamental para el rendimiento. Se realiza control mecánico al preparar el suelo y después con herramientas manuales.

Para el control químico se pueden usar herbicidas de preemergencia y postemergencia.

- **Cuidados culturales:**

Limpias: habitualmente es necesario efectuar 1 a 2 limpiezas con azadón o cultivadora y 1 a 2 limpiezas a mano.

Riegos: La oportunidad y cantidad de riego dependerá de las condiciones y humedad del suelo.

- **Cosecha:**

Se inicia cuando la Remolacha ha alcanzado su mayor peso y contenido de azúcar, 6 a 8 meses después de sembrada.

Existen 3 formas de cosecha:

Sistema manual: arrancando a mano o con horqueta arrancadora y eliminando las hojas a la altura del cuello de la raíz.

Sistema semimecanizado: consiste en utilizar un arado arrancador de tiro animal o tiro tractor efectuando el descoronado a mano antes o posteriormente a la cosecha.

Sistema mecanizado: En vías de aplicación (Sociedad Química y Minera de Chile, 1993).

Para la zona de Parral, según Ulloa¹ (1995), en combinación con Álamo, se obtienen rendimientos de 30 ton limpias de Remolacha por hectárea, para una densidad del Álamo de 278 árboles/ha.

Maíz (*Zea mays*)

El Maíz es un cereal anual que se siembra en primavera.

Una siembra temprana, por ejemplo en octubre, genera mejores rendimientos, se obtiene un mejor llenado del grano, y al momento de la cosecha, en otoño, aún hay días cálidos para secar el grano.

Al momento de la siembra es conveniente aplicar fungicidas a las semillas, e insecticidas y herbicidas al suelo. La cama de semillas usualmente se prepara con un laboreo convencional. No deben existir malezas que compitan con las plántulas de Maíz. La siembra debe hacerse a una profundidad de 5 a 8 cm en suelo húmedo.

Para la elección de la semilla se debe considerar que en el país existen más de 30 híbridos de Maíz en uso, que varían entre otras cosas en el largo de su período vegetativo. En promedio se ha observado que de la siembra a la cosecha hay un lapso de 177 días. Se debe, por lo tanto elegir un híbrido que se ajuste al período de crecimiento de la zona donde se va a cultivar. Se debe sembrar con la densidad de plantas recomendada para ese híbrido.

Una vez realizada la siembra se debe fertilizar con una mezcla de nitrógeno, fósforo y potasio, mantener libre de malezas y controlar las plagas con fungicidas o insecticidas según sea el caso (*Op. cit.*). La germinación se produce cuando el suelo alcanza una temperatura entre 15 o 16 °C.

Para la zona de Parral se observan rendimientos de 110 quintales por hectárea (Ulloa¹, 1995).

En Chile, en la zona de Parral, según Ulloa¹ (1995), se ha logrado con éxito la asociación con Maíz y Remolacha. Se ha cultivado Remolacha durante el 1^{er} año de plantación del Álamo, y Maíz al año siguiente.

Sistemas silvopastorales

En sistemas silvopastorales se introducen los cultivos forrajeros, tres o cuatro años después de la plantación de los Álamos, que debe ser bien espaciada, y se deben elegir especies herbáceas cuyo ciclo vegetativo se desarrolle durante el período en que la sombra de los Álamos es menos densa (*Op. cit.*). Debe usarse un clon macho, pues el algodón de los clones hembra es dañino para los animales, además es muy inflamable.

El factor más limitante para la producción de forraje en un sistema silvopastoral con Álamo es la luz (Acciaresi *et al.*, 1994). A menor densidad de árboles se logra mayor producción de materia seca de forraje. En ensayos se logra un 71 % de producción de pasto con respecto a un sitio sin árboles, cuando la densidad del rodal es de 250 arb/ha.

La ventaja del sistema silvopastoral, es que mientras los árboles proporcionan sombra y protección al ganado, se puede aprovechar la empastada para mantener una masa ganadera que genere ingresos todos los años de la rotación, o gran parte de ellos. El sistema puede consistir en una pradera, con fertilización y mantención de animales para engorda. Los principales costos del sistema son la vigilancia de los animales, inseminación artificial y la mantención de un cerco eléctrico, si es posible. Si la pradera lo permite, los excedentes de pasto se pueden cosechar y comercializar.

Una carga animal posible para una pradera bajo cultivo de Álamo es de 1,2 adultos y 0,9 a 1,7 juveniles durante los primeros 4 años, para ir decreciendo a medida que la pradera se va haciendo menos productiva, debido al cierre de las copas de los árboles (Alvear⁵, 1996).

6. EVALUACIÓN ECONÓMICA

6.1 ANTECEDENTES GENERALES DE LAS SITUACIONES EVALUADAS

Para la evaluación económica del Álamo se analizaron ocho situaciones distintas, 6 bajo riego, y 2 sin riego, las cuales corresponden a:

Con riego: Zona de Cachapoal y Arenales. Zona de Parral sin cultivo agrícola, con cultivo agrícola, con ganadería asociada y con cultivo agrícola y ganadería.

Sin riego: IX Región y Valdivia

De esta manera se pudieron evaluar no sólo las diferencias de rentabilidad según el sitio, sino que también según el factor riego, elemento fundamental para el desarrollo del Álamo en las zonas en que es necesario.

Las rotaciones corresponden a cada una de las zonas analizadas, según antecedentes otorgados por productores de Álamo, y oscilan entre 10 y 16 años.

Como principal producto se busca trozas debobinables, en segundo lugar aserrables, y eventualmente madera para pulpa, virutillas y leña como desecho.

En todos los casos la densidad de plantación fue de 278 árb/ha.

6.2 MARCO DE EVALUACIÓN

La evaluación económica realizada corresponde a un análisis de los costos e ingresos percibidos durante la rotación de la plantación de *Populus spp.* Los costos incluyen la inversión inicial para concretar la plantación, los costos de administración, de manejo, de mantención y de cosecha. Los ingresos corresponden a la venta de los diversos productos y a los obtenidos durante los primeros años por los cultivos agrícolas.

La evaluación consideró 3 escenarios:

- Escenario I : costos bajos de establecimiento, manejo y administración, y precios altos de los productos;
- Escenario II : costos y precios probables; y
- Escenario III : costos altos de establecimiento, manejo y administración, y precios bajos de los productos.

El objetivo de esto, es abarcar un amplio rango de situaciones posibles con el propósito de dar un indicador de aquellos en las cuales debe situarse el silvicultor.

Como indicador de rentabilidad se utilizó el VES (valor económico del suelo), que corresponde al valor actual de los beneficios netos de todas las futuras rotaciones del bosque planificadas sobre dicho suelo, bajo un determinado esquema de manejo (Chacón, 1995). Este indicador estima la rentabilidad de infinita rotaciones sobre el mismo terreno y tiene la ventaja de permitir comparaciones entre diferentes cultivos. Este modelo se define de siguiente forma:

$$VES = \frac{V(R) + \sum_{t=1}^{\infty} \frac{IN_t}{(1+i)^t} - C}{(1+i)^R - 1} - C - \frac{A}{i}$$

donde:

- R = Edad de rotación
- i = Tasa de actualización
- V(R) = Valor de la madera en pie a edad R (\$/ha)
- IN_t = Ingresos al año t (\$/ha)
- C = Costos de establecimiento (\$/ha)
- A = Costo anual de administración (\$/ha año)

El VES se interpreta como el precio máximo a pagar por el suelo. Si el VES resulta mayor que el valor comercial del suelo, entonces conviene ejecutar el proyecto. Si, al contrario, el VES resulta menor que el valor comercial, conviene buscar otro proyecto para ese terreno.

Se consideraron tres tasas de actualización: 6, 8 y 10 %, las que se determinaron según el tipo de inversionista: grande, mediano y pequeño, respectivamente.

6.3 ANTECEDENTES BÁSICOS

6.3.1 Indicadores económicos

Los valores utilizados se expresan en pesos (\$) chilenos, actualizados al 15 de noviembre de 1995, fecha en que regían los siguientes valores de referencia:

Unidad de Fomento (UF) : \$ 12.394,70

Dólar observado (US\$) : \$ 405,76

6.3.2 Valor de la jornada de trabajo para los escenarios evaluados

- Escenario I: Costo equivalente al salario mínimo legal cuyo valor alcanza los \$58.900 mensuales y corresponde a 24 jornadas.

- Escenario II: Costo que corresponde al salario medio pagado por las empre

sas forestales en nuestro país.

- Escenario III: Costo equivalente al salario máximo pagado para las distintas faenas por las empresas forestales a nivel nacional.

CUADRO II
VALOR DE LA JORNADA BRUTA DE TRABAJO

Escenario I	Escenario II	Escenario III
\$4.908 /jor	\$3.681 /jor	\$2.454 /jor

6.4 ESQUEMAS DE MANEJO SEGÚN TIPO DE ESCENARIOS Y ZONAS EVALUADAS

Po1011 Ca/r	Rotación: 10 años	Zona: Cachapoal
	Sitio: 1	Situación: Con riego
	Modalidad: Costos bajos-Precios altos	

Edad (años)	Volumen a extraer (m ³ /ha)	Actividad	Observaciones
0		Roce	Sin roce
		Construcción de cercos	
		Cortafuegos	Sin cortafuegos
		Preparación del suelo	Rastraje, aradura y nivelación (abril a mayo)
		Plantación	Hoyadura, plantación y acuíñado de plantas (junio a agosto). Densidad: 278 p/ha (6x6). Varetas de 4 a 5 m de altura (segunda categoría)
		Riego	De octubre a diciembre, 1 riego por mes. Riego en regueros laterales
1-9		Riego	De octubre a marzo un riego por mes
1		Primera poda	Todos los árboles. De mayo a agosto. Altura de poda: 1,5 m. Con pértiga. Poda de formación
1-2		Control de malezas	De noviembre a enero. Dos desmalezados en primavera y dos en otoño. Se usan dos ranas entre hileras y en la hilera se pasa una desbrozadora de desplazamiento lateral

Esquema de manejo Po1011Ca/r (continuación)			
Edad (años)	Volumen a extraer (m ³ /ha)	Actividad	Observaciones
2		Segunda poda	Todos los árboles. De mayo a agosto. Altura de poda: 2m. Con serrucho cola de zorro. Se hace también repaso de poda, eliminación de epicormios y limpia de fuste
3-8		Control de malezas	De noviembre a enero. Dos pasadas de rana y uno de desbrozadora
3		Tercera poda	Todos los árboles: Levante de poda Altura de poda: 4 m
4		Cuarta poda	Todos los árboles: Levante de poda Altura de poda 6 m
5		Quinta poda	Todos los árboles: Levante de poda Altura de poda 7,5 m
9		Construcción de caminos	
10		Cosecha	Considera campamentos, volteo, madereo con bueyes
		Control de plagas	Eventualmente una vez durante la rotación Aplicación de Karetex por avión

Po1012 Ca/r	Rotación: 10 años	Zona: Cachapoal
	Sitio: 1	Situación: Con riego
	Modalidad: Costos y precios probables	

Edad (años)	Volumen a extraer (m ³ /ha)	Actividad	Observaciones
0		Roce	Sin roce
		Construcción de cercos	
		Cortafuegos	Sin cortafuegos
		Preparación del suelo	Rastraje, aradura y nivelación (abril a mayo)

Esquema de manejo Po1012Ca/r (continuación)

Edad (años)	Volumen a extraer (m³/ha)	Actividad	Observaciones
0		Plantación	Hoyadura, plantación y acuíñado de plantas (junio a agosto). Densidad: 278 p/ha (6x6). Varetas de 4 a 5 m de altura (segunda categoría)
		Riego	De octubre a diciembre, 1 riego por mes. Riego en regueros laterales
1-9		Riego	De octubre a marzo un riego por mes
1		Primera poda	Todos los árboles. De mayo a agosto. Altura de poda: 1,5 m. Con pértiga. Poda de formación
1-2		Control de malezas	De noviembre a enero. Dos desmalezados en primavera y dos en otoño. Se usan dos ranas entre hileras y en la hilera se pasa una desbrozadora de desplazamiento lateral
2		Segunda poda	Todos los árboles. De mayo a agosto. Altura de poda: 2 m. Con serrucho cola de zorro. Se hace también repaso de poda, eliminación de epicormios y limpia de fuste
3-8		Control de malezas	De noviembre a enero. Dos pasadas de rana y uno de desbrozadora
3		Tercera poda	Todos los árboles: Levante de poda Altura de poda: 4 m
4		Cuarta poda	Todos los árboles: Levante de poda Altura de poda: 6 m
5		Quinta poda	Todos los árboles: Levante de poda Altura de poda: 7,5 m
9		Construcción de caminos	
10		Cosecha	Considera campamentos, volteo, madereo con bueyes
		Control de plagas	Eventualmente una vez durante la rotación Aplicación de Karetex por avión

Po1013 Ca/r	Rotación: 10 años	Zona: Cachapoal
	Sitio: I	Situación: Con riego
	Modalidad: Costos altos - precios bajos	

Edad (años)	Volumen a extraer (m³/ha)	Actividad	Observaciones
0		Roce	Roce liviano
		Reducción de desechos	Por trituración
		Construcción de cercos	
		Cortafuegos	210 m lineales / ha
		Preparación del suelo	Rastraje, aradura y nivelación (abril a mayo)
		Plantación	Hoyadura, plantación y acuíñado de plantas (junio a agosto)
		Riego	De octubre a diciembre, 1 riego por mes. Riego en regueros laterales
1-9		Riego	De octubre a marzo un riego por mes
1		Primera poda	Todos los árboles. De mayo a agosto. Altura de poda: 1,5 m con pértiga. Poda de formación
1-2		Control de malezas	De noviembre a enero. Dos desmalezados en primavera y dos en otoño. Se usan dos ranas entre hileras y en la hilera se pasa una desbrozadora de desplazamiento lateral
2		Segunda poda	Todos los árboles. De mayo a agosto. Altura de poda: 2m Con serrucho <i>cola de zorro</i> . Se hace también repaso de poda, eliminación de epicormios y limpieza de fuste
3-8		Control de malezas	De noviembre a enero. Dos pasadas de rana y uno de desbrozadora
3		Tercera poda	Todos los árboles: Levante de poda Altura de poda: 4 m
4		Cuarta poda	Todos los árboles: Levante de poda Altura de poda 6 m
5		Quinta poda	Todos los árboles: Levante de poda Altura de poda 7,5 m
9		Construcción de caminos	

Esquema de manejo Po1013Ca/r (continuación)			
Edad (años)	Volumen a extraer (m ³ /ha)	Actividad	Observaciones
10		Cosecha	Considera campamentos, volteo, madereo con bueyes
		Control de plagas	Eventualmente una vez durante la rotación Aplicación de Karetex por avión

Po1221 Pa/r	Rotación: 12 años	Zona: Parral
	Sitio: 2	Situación: Con riego
	Modalidad: Costos bajos - Precios altos	

Edad (años)	Volumen a extraer (m ³ /ha)	Actividad	Observaciones
0		Roce	Roce liviano
		Construcción de cercos	
		Cortafuegos	Sin cortafuegos
		Preparación del suelo	Rastraje, aradura y nivelación (abril a mayo)
		Plantación	Hoyadura, plantación y acuñado de plantas (junio a agosto). Densidad: 278 p/ha (6x6). Varetas de 4 a 5 m de altura (segunda categoría)
		Riego	De octubre a diciembre, 1 riego por mes. Riego en regueros laterales
1-11		Riego	De octubre a marzo un riego por mes
1		Primera poda	Todos los árboles. De mayo a agosto. Altura de poda: 1,5 m Con pértiga. Poda de formación
1-2		Control de malezas	De noviembre a enero. Dos desmalezados en primavera y dos en otoño. Se usan dos ranas entre hileras y en la hilera se pasa una desbrozadora de desplazamiento lateral
2		Segunda poda	Todos los árboles. De mayo a agosto. Altura de poda: 2 m Con serrucho cola de zorro. Se hace también repaso de poda, eliminación de epicormios y limpia de fuste

Esquema de manejo Po1221Pa/r (continuación)			
Edad (años)	Volumen a extraer (m ³ /ha)	Actividad	Observaciones
3-10		Control de malezas	De noviembre a enero. Dos pasadas de rana y uno de desbrozadora
3		Tercera poda	Todos los árboles: Levante de poda Altura de poda: 4 m
4		Cuarta poda	Todos los árboles: Levante de poda Altura de poda: 6 m
5		Quinta poda	Todos los árboles: Levante de poda Altura de poda: 7,5 m
11		Construcción de caminos	
12	342	Cosecha	Considera campamentos, volteo, madereo con bueyes
1-12		Control de plagas	Eventualmente una vez durante la rotación Aplicación de Karetex por avión

Po1222Pa/r	Rotación: 12 años	Zona: Parral
	Sitio: 2	Situación: Con riego
	Modalidad: Costos y precios probables	

Edad (años)	Volumen a extraer (m ³ /ha)	Actividad	Observaciones
0		Roce	Sin roce
		Construcción de cercos	
		Cortafuegos	Sin cortafuegos
		Preparación del suelo	Rastraje, aradura y nivelación (abril a mayo)
		Plantación	Hoyadura, plantación y acunado de plantas (junio a agosto). Densidad: 278 p/ha (6x6). Varetas de 4 a 5 m de altura (segunda categoría)
		Riego	De octubre a diciembre, 1 riego por mes. Riego en regueros laterales

Esquema de manejo Po1222Pa/r (continuación)

Edad (años)	Volumen a extraer (m ³ /ha)	Actividad	Observaciones
1-11		Riego	De octubre a marzo un riego por mes
1		Primera poda	Todos los árboles. De mayo a agosto. Altura de poda: 1,5 m Con pértiga. Poda de formación
1-2		Control de malezas	De noviembre a enero. Dos desmalezados en primavera y dos en otoño. Se usan dos ranas entre hileras y en la hilera se pasa una desbrozadora de desplazamiento lateral
2		Segunda poda	Todos los árboles. De mayo a agosto. Altura de poda: 2 m. Con serrucho cola de zorro. Se hace también repaso de poda, eliminación de epicormios y limpia de fuste
3-10		Control de malezas	De noviembre a enero. Dos pasadas de rana y uno de desbrozadora
3		Tercera poda	Todos los árboles: Levante de poda Altura de poda: 4 m
4		Cuarta poda	Todos los árboles: Levante de poda Altura de poda: 6 m
5		Quinta poda	Todos los árboles: Levante de poda Altura de poda: 7,5 m
11		Construcción de caminos	
12	342	Cosecha	Considera campamentos, volteo, madereo con bueyes
1-12		Control de plagas	Eventualmente una vez durante la rotación Aplicación de Karetex por avión

Po1223Pa/r	Rotación: 12 años	Zona: Parral
	Sitio: 2	Situación: Con riego
	Modalidad: Costos altos - precios bajos	

Edad (años)	Volumen a extraer (m³/ha)	Actividad	Observaciones
0		Roce	Roce liviano
		Reducción de desechos	Por trituración
		Construcción de cercos	
		Cortafuegos	210 m lineales / ha
		Preparación del suelo	Rastraje, aradura y nivelación (abril a mayo)
		Plantación	Hoyadura, plantación y acunado de plantas (junio a agosto). Densidad: 278 pl/ha (6x6). Varetas de 4 a 5 m de altura (segunda categoría)
		Riego	De octubre a diciembre, 1 riego por mes. Riego en regueros laterales
1-11		Riego	De octubre a marzo un riego por mes
1		Primera poda	Todos los árboles. De mayo a agosto. Altura de poda: 1,5 m Con pértiga. Poda de formación
1-2		Control de malezas	De noviembre a enero. Dos desmalezados en primavera y dos en otoño. Se usan dos ranas entre hileras y en la hilera se pasa una desbrozadora de desplazamiento lateral
2		Segunda poda	Todos los árboles. De mayo a agosto. Altura de poda: 2 m Con serrucho cola de zorro. Se hace también repaso de poda, eliminación de epicormios y limpia de fuste
3-10		Control de malezas	De noviembre a enero. Dos pasadas de rana y uno de desbrozadora
3		Tercera poda	Todos los árboles: Levante de poda Altura de poda: 4 m
4		Cuarta poda	Todos los árboles: Levante de poda Altura de poda: 6 m
5		Quinta poda	Todos los árboles: Levante de poda Altura de poda: 7,5 m
11		Construcción de caminos	

Esquema de manejo Po1223Pa/r (continuación)			
Edad (años)	Volumen a extraer (m³/ha)	Actividad	Observaciones
12	342	Cosecha	Considera campamentos, volteo, madereo con skidder
		Control de plagas	Eventualmente una vez durante la rotación Aplicación de Karetex por avión

Po1221Pa/rcu	Rotación: 12 años	Zona: Parral
	Sitio: 2	Situación : Con riego, con cultivo asociado
	Modalidad: Costos bajos - Precios altos	

Edad (años)	Volumen a extraer (m³/ha)	Actividad	Observaciones
0		Roce	Sin roce
		Construcción de cercos	
		Cortafuegos	Sin cortafuegos
		Preparación del suelo	Rastraje, aradura y nivelación (abril a mayo)
		Plantación	Hoyadura, plantación y acunado de plantas (junio a agosto). Densidad: 278 p/ha (6x6). Varetas de 4 a 5 m de altura (segunda categoría)
		Riego	De octubre a diciembre, 1 riego por mes. Riego en regueros laterales
		Siembra de Remolacha	Siembra y fertilización de Remolacha
1		Control de malezas	Manual, ya que se cultiva paralelamente cultivo agrícola que impide el control mecánico de maleza
1-11		Riego	De octubre a marzo un riego por mes
1		Cosecha de Remolacha	
		Siembra de Maíz	Siembra y fertilización de Maíz
		Primera poda	Todos los árboles . De mayo a agosto. Altura de poda: 1,5 m. Con pértiga. Poda de formación

Esquema de manejo Po1221Pa/rcu (continuación)

Edad (años)	Volumen a extraer (m³/ha)	Actividad	Observaciones
2		Control de malezas	De noviembre a enero. Dos desmalezados en primavera y dos en otoño. Se usan dos ranas entre hileras y en la hilera se pasa una desbrozadora de desplazamiento lateral
		Cosecha de Maíz	
		Segunda poda	Todos los árboles. De mayo a agosto. Altura de poda: 2m. Con serrucho <i>cola de zorro</i> . Se hace también repaso de poda, eliminación de epicormios y limpia de fuste
3-10		Control de malezas	De noviembre a enero. Dos pasadas de <i>rana</i> y uno de desbrozadora
3		Tercera poda	Todos los árboles: Levante de poda Altura de poda: 4 m
4		Cuarta poda	Todos los árboles: Levante de poda Altura de poda: 6 m
5		Quinta poda	Todos los árboles: Levante de poda Altura de poda: 7,5 m
11		Construcción de caminos	
12	342	Cosecha	Considera campamentos, volteo, madereo con bueyes
1-12		Control de plagas	Eventualmente una vez durante la rotación Aplicación de Karetex por avión

Po1222Pa/rcu	Rotación: 12 años	Zona: Parral
	Sitio: 2	Situación : Con riego, con cultivo asociado
	Modalidad: Costos y precios probables	

Edad (años)	Volumen a extraer (m³/ha)	Actividad	Observaciones
0		Roce	Sin roce
		Construcción de cercos	

Esquema de manejo Po1222 Pa/rcu (continuación)

Edad (años)	Volumen a extraer (m ³ /ha)	Actividad	Observaciones
0		Construcción de cercos	
		Cortafuegos	Sin cortafuegos
		Preparación del suelo	Rastraje, aradura y nivelación (abril a mayo)
		Plantación	Hoyadura, plantación y acunado de plantas (junio a agosto). Densidad: 278 p/ha (6x6). Vareta de 4 a 5 m de altura (segunda categoría)
		Riego	De octubre a diciembre, 1 riego por mes. Riego en regueros laterales
		Siembra de Remolacha	Siembra y fertilización de Remolacha
1		Control de malezas	Manual, ya que se cultiva paralelamente cultivo agrícola que impide el control mecánico de maleza
1-11		Riego	De octubre a marzo un riego por mes
1		Cosecha de Remolacha	
		Siembra de Maíz	Siembra y fertilización de Maíz
		Primera poda	Todos los árboles. De mayo a agosto. Altura de poda: 1,5 m. Con pértiga. Poda de formación
2		Control de malezas	De noviembre a enero. Dos desmalezados en primavera y dos en otoño. Se usan dos ranas entre hileras y en la hilera se pasa una desbrozadora de desplazamiento lateral
		Cosecha de Maíz	
		Segunda poda	Todos los árboles. De mayo a agosto. Altura de poda: 2 m. Con serrucho <i>cola de zorro</i> . Se hace también repaso de poda, eliminación de epicormios y limpia de fuste
3-10		Control de malezas	De noviembre a enero. Dos pasadas de <i>rana</i> y uno de desbrozadora
3		Tercera poda	Todos los árboles: Levante de poda Altura de poda: 4 m
4		Cuarta poda	Todos los árboles, levante de poda Altura de poda: 6 m
5		Quinta poda	Todos los árboles. Levante de poda Altura de poda: 7,5 m

Esquema de manejo Po1222Pa/rcu (continuación)			
Edad (años)	Volumen a extraer (m ³ /ha)	Actividad	Observaciones
11		Construcción de caminos	
12	342	Cosecha	Considera campamentos, volteo, madereo con bueyes
1-12		Control de plagas	Eventualmente dos veces durante la rotación Aplicación de Karetex por avión

Po1223Pa/rcu	Rotación: 12 años	Zona: Parral
	Sitio: 2	Situación : Con riego, con cultivo asociado
	Modalidad: Costos altos - Precios bajos	

Edad (años)	Volumen a extraer (m ³ /ha)	Actividad	Observaciones
0		Roce	Roce liviano
		Reducción de desechos	Por trituración
		Construcción de cercos	
		Cortafuegos	Sin cortafuegos
		Preparación del suelo	Rastraje, aradura y nivelación (abril a mayo)
		Plantación	Hoyadura, plantación y acuífado de plantas (junio a agosto). Densidad: 278 p/ha (6x6). Varetas de 4 a 5 m de altura (segunda categoría)
		Riego	De octubre a diciembre, 1 riego por mes. Riego en regueros laterales
		Siembra de Remolacha	Siembra y fertilización de Remolacha
1		Control de malezas	Manual, ya que se cultiva paralelamente cultivo agrícola que impide el control mecánico de maleza
1-11		Riego	De octubre a marzo un riego por mes
1		Cosecha de Remolacha	

Esquema de manejo Po1223Pa/rcu (continuación)

Edad (años)	Volumen a extraer (m³/ha)	Actividad	Observaciones
1		Siembra de Maíz	Siembra y fertilización de Maíz
		Primera poda	Todos los árboles. De mayo a agosto. Altura de poda: 1,5 m. Con pértiga. Poda de formación
2		Control de malezas	De noviembre a enero. Dos desmalezados en primavera y dos en otoño. Se usan dos ranas entre hileras y en la hilera se pasa una desbrozadora de desplazamiento lateral
		Cosecha de Maíz	
		Segunda poda	Todos los árboles. De mayo a agosto. Altura de poda: 2 m. Con serrucho <i>cola de zorro</i> . Se hace también repaso de poda, eliminación de epicormios y limpia de fuste
3-10		Control de malezas	De noviembre a enero. Dos pasadas de rana y uno de desbrozadora.
3		Tercera poda	Todos los árboles: Levante de poda Altura de poda: 4 m
4		Cuarta poda	Todos los árboles: Levante de poda Altura de poda: 6 m
5		Quinta poda	Todos los árboles: Levante de poda Altura de poda: 7,5 m
11		Construcción de caminos	
12	342	Cosecha	Considera campamentos, volteo, madereo con bueyes
1-12		Control de plagas	Eventualmente una vez durante la rotación Aplicación de Karetex por avión

Po1221Pa/rga	Rotación: 12 años	Zona: Parral
	Sitio: 2	Situación : Con riego, con ganadería asociada
	Modalidad: Costos bajos - Precios altos	

Edad (años)	Volumen a extraer (m³/ha)	Actividad	Observaciones
0		Roce	Sin roce
		Construcción de cercos	
		Cortafuegos	Sin cortafuegos
		Preparación del suelo	Rastraje, aradura y nivelación (abril a mayo)
		Plantación	Hoyadura, plantación y acunado de plantas (junio a agosto). Densidad: 278 p/ha (6x6). Varetas de 4 a 5 m de altura (segunda categoría)
		Riego	De octubre a diciembre, 1 riego por mes. Riego en regueros laterales
		Compra de animales	1,2 vacas por hectárea
		Instalación de animales	Instalación de cerco eléctrico y construcción de manga sin techo
		Instalación de pradera	
0-10		Manejo del ganado	Vacunaciones, manejo con antiparasitarios, asistencia veterinaria
1-11		Riego	De octubre a marzo un riego por mes
1		Primera poda	Todos los árboles. De mayo a agosto. Altura de poda: 1,5 m. Con pértiga. Poda de formación
1-2		Control de malezas	De noviembre a enero. Dos desmalezados en primavera y dos en otoño. Se usan dos ranas entre hileras y en la hilera se pasa una desbrozadora de desplazamiento lateral
1-10		Venta de terneros y vacas viejas	
		Inseminación artificial ganado	
2		Segunda poda	Todos los árboles. De mayo a agosto. Altura de poda: 2 m. Con serrucho <i>cola de zorro</i> . Se hace también repaso de poda, eliminación de epicormios y limpia de fuste

Esquema de manejo Po1221Pa/rga (continuación)			
Edad (años)	Volumen a extraer (m³/ha)	Actividad	Observaciones
2-5		Fertilización de la pradera	
3-10		Control de malezas	De noviembre a enero. Dos pasadas de rana y uno de desbrozadora
3		Tercera poda	Todos los árboles: Levante de poda Altura de poda: 4 m
3-5		Venta forraje	Venta de los excedentes de la pradera
4		Cuarta poda	Todos los árboles: Levante de poda Altura de poda: 6 m.
5		Quinta poda	Todos los árboles: Levante de poda Altura de poda: 7,5 m
5		Mantenimiento de cerco eléctrico	
10		Venta de toda la masa ganadera	
11		Construcción de caminos	
12	342	Cosecha	Considera campamentos, volteo, madereo con bueyes
1-12		Control de plagas	Eventualmente dos veces durante la rotación. Aplicación de Karetex por avión

Po1222Pa/rga	Rotación: 12 años	Zona: Parral
	Sitio: 2	Situación: Con riego, con ganadería asociada
	Modalidad: Costos y precios probables	

Edad (años)	Volumen a extraer (m³/ha)	Actividad	Observaciones
0		Roce	Sin roce
		Construcción de cercos	
		Cortafuegos	Sin cortafuegos

Esquema de manejo Po1222Pa/rga (continuación)			
Edad (años)	Volumen a extraer (m³/ha)	Actividad	Observaciones
0		Preparación del suelo	Rastraje, aradura y nivelación (abril a mayo)
		Plantación	Hoyadura, plantación y acunado de plantas (junio a agosto). Densidad: 278 p/ha (6x6). Vareta de 4 a 5 m de altura (segunda categoría)
		Riego	De octubre a diciembre, 1 riego por mes. Riego en regueros laterales
		Compra de animales	1,2 vacas por hectárea
		Instalación de animales	Instalación de cerco eléctrico y construcción de manga sin techo
		Instalación de pradera	
0-10		Manejo del ganado	Vacunaciones, manejo con antiparasitarios, asistencia veterinaria
1-11		Riego	De octubre a marzo un riego por mes
1		Primera poda	Todos los árboles. De mayo a agosto. Altura de poda: 1,5 m. Con pértiga. Poda de formación
1-2		Control de malezas	De noviembre a enero. Dos desmalezados en primavera y dos en otoño. Se usan dos ranas entre hileras y en la hilera se pasa una desbrozadora de desplazamiento lateral
1-10		Venta de terneros y vacas viejas	
		Inseminación artificial ganado	
2		Segunda poda	Todos los árboles. De mayo a agosto. Altura de poda: 2m. Con serrucho <i>cola de zorro</i> . Se hace también repaso de poda, eliminación de epicormios y limpia de fuste
2-5		Fertilización de la pradera	
3-10		Control de malezas	De noviembre a enero. Dos pasadas de rana y uno de desbrozadora
3		Tercera poda	Todos los árboles: Levante de poda Altura de poda: 4 m
3-5		Venta forraje	Venta de los excedentes de la pradera
4		Cuarta poda	Todos los árboles: Levante de poda Altura de poda: 6 m

Esquema de manejo Po1222Pa/rga (continuación)

Edad (años)	Volumen a extraer (m³/ha)	Actividad	Observaciones
5		Quinta poda	Todos los árboles. Levante de poda Altura de poda 7,5 m
		Mantenimiento de cerco eléctrico	
10		Venta de toda la masa ganadera	
11		Construcción de caminos	
12	342	Cosecha	Considera campamentos, volteo, madereo con bueyes
1-12		Control de plagas	Eventualmente dos veces durante la rotación Aplicación de Karetex por avión

Po1223Pa/rga	Rotación: 12 años	Zona: Parral
	Sitio: 2	Situación : Con riego, con ganadería asociada
	Modalidad: Costos altos- precios bajos	

Edad (años)	Volumen a extraer (m³/ha)	Actividad	Observaciones
0		Roce	Roce liviano
		Reducción de desechos	Por trituración
		Construcción de cercos	
		Cortafuegos	Sin cortafuegos
		Preparación del suelo	Rastraje, aradura y nivelación (abril a mayo)
		Plantación	Hoyadura, plantación y acufado de plantas (junio a agosto). Densidad: 278 p/ha (6x6). Varetas de 4 a 5 m de altura (segunda categoría)
		Riego	De octubre a diciembre, 1 riego por mes. Riego en regueros laterales

Esquema de manejo Po1223Pa/rga (continuación)

Edad (años)	Volumen a extraer (m³/ha)	Actividad	Observaciones
0		Compra de animales	1,2 vacas por hectárea
		Instalación de animales	Instalación de cerco eléctrico y construcción de manga sin techo
		Instalación de pradera	
0-10		Manejo del ganado	Vacunaciones, manejo con antiparasitarios, asistencia veterinaria
1-11		Riego	De octubre a marzo un riego por mes
1		Primera poda	Todos los árboles. De mayo a agosto. Altura de poda: 1,5 m. Con pértiga. Poda de formación
1-2		Control de malezas	De noviembre a enero. Dos desmalezados en primavera y dos en otoño. Se usan dos ranas entre hileras y en la hilera se pasa una desbrozadora de desplazamiento lateral
1-10		Venta de terneros y vacas viejas	
		Inseminación artificial ganado	
2		Segunda poda	Todos los árboles. De mayo a agosto. Altura de poda: 2 m. Con serrucho <i>cola de zorro</i> . Se hace también repaso de poda, eliminación de epicormios y limpia de fuste
2-5		Fertilización de la pradera	
3-10		Control de malezas	De noviembre a enero. Dos pasadas de <i>rana</i> y uno de desbrozadora
3		Tercera poda	Todos los árboles: Levante de poda Altura de poda 4 m
3-5		Venta forraje	Venta de los excedentes de la pradera
4		Cuarta poda	Todos los árboles: Levante de poda Altura de poda 6 m
5		Quinta poda	Todos los árboles: Levante de poda Altura de poda 7,5 m
		Mantenimiento de cerco eléctrico	
10		Venta de toda la masa ganadera	

Esquema de manejo Po1223Pa/rga (continuación)			
Edad (años)	Volumen a extraer (m ³ /ha)	Actividad	Observaciones
11		Construcción de caminos	
12	342	Cosecha	Considera campamentos, volteo, madereo con bueyes
1-12		Control de plagas	Eventualmente dos veces durante la rotación Aplicación de Karetex por avión

Po1221Pa/rcuga	Rotación: 12 años	Zona: Parral
	Sitio: 2	Situación : Con riego, con cultivo agrícola y ganadería asociada
	Modalidad: Costos bajos - Precios altos	

Edad (años)	Volumen a extraer (m ³ /ha)	Actividad	Observaciones
0		Roce	Sin roce
		Construcción de cercos	
		Cortafuegos	Sin cortafuegos
		Preparación del suelo	Rastraje, aradura y nivelación (abril a mayo)
		Plantación	Hoyadura, plantación y acuífado de plantas (junio a agosto). Densidad: 278 p/ha (6x6). Varetas de 4 a 5 m de altura (segunda categoría)
		Riego	De octubre a diciembre, 1 riego por mes. Riego en regueros laterales
		Siembra de Remolacha	Siembra y fertilización de Remolacha
		Compra de animales	1,2 vacas por hectárea
		Instalación de animales	Instalación de cerco eléctrico y construcción de manga sin techo
0-10		Instalación de pradera	
		Manejo del ganado	Vacunaciones, manejo con antiparasitarios, asistencia veterinaria

Esquema de manejo Pol221Pa/rcuga (continuación)

Edad (años)	Volumen a extraer (m ³ /ha)	Actividad	Observaciones
1		Control de malezas	Manual, ya que se cultiva paralelamente cultivo agrícola que impide el control mecánico de maleza
1-11		Riego	De octubre a marzo un riego por mes
1		Cosecha de Remolacha	
		Siembra de Maíz	Siembra y fertilización de Maíz
		Primera poda	Todos los árboles. De mayo a agosto. Altura de poda: 1,5 m. Con pértiga. Poda de formación
1-10		Venta de terneros y vacas viejas	
		Inseminación artificial ganado	
2		Control de malezas	De noviembre a enero. Dos desmalezados en primavera y dos en otoño. Se usan dos ranas entre hileras y en la hilera se pasa una desbrozadora de desplazamiento lateral
		Cosecha de Maíz	
		Segunda poda	Todos los árboles. De mayo a agosto. Altura de poda: 2 m. Con serrucho <i>cola de zorro</i> . Se hace también repaso de poda, eliminación de epicormios y limpia de fuste
3-10		Control de malezas	De noviembre a enero. Dos pasadas de <i>rana</i> y uno de desbrozadora
3		Tercera poda	Todos los árboles: Levante de poda Altura de poda: 4 m
3-5		Venta forraje	Venta de los excedentes de la pradera
4		Cuarta poda	Todos los árboles: Levante de poda Altura de poda: 6 m
5		Quinta poda	Todos los árboles: Levante de poda Altura de poda: 7,5 m
		Mantenimiento de cerco eléctrico	
10		Venta de toda la masa ganadera	
11		Construcción de caminos	

Esquema de manejo Po1221Pa/rcuga (continuación)			
Edad (años)	Volumen a extraer (m ³ /ha)	Actividad	Observaciones
12	342	Cosecha	Considera campamentos, volteo, madereo con bueyes
1-12		Control de plagas	Eventualmente dos veces durante la rotación Aplicación de Karetex por avión

Po1222Pa/rcuga	Rotación: 12 años	Zona: Parral
	Sitio: 2	Situación : Con riego, con cultivo agrícola y ganadería asociada
	Modalidad: Costos y precios probables	

Edad (años)	Volumen a extraer (m ³ /ha)	Actividad	Observaciones
0		Roce	Sin roce
		Construcción de cercos	
		Cortafuegos	Sin cortafuegos
		Preparación del suelo	Rastraje, aradura y nivelación (abril a mayo)
		Plantación	Hoyadura, plantación y acunado de plantas (junio a agosto). Densidad: 278 p/ha (6x6). Varetas de 4 a 5 m de altura (segunda categoría)
		Riego	De octubre a diciembre, 1 riego por mes. Riego en regueros laterales
		Siembra de Remolacha	Siembra y fertilización de Remolacha
		Compra de animales	1,2 vacas por hectárea
		Instalación de animales	Instalación de cerco eléctrico y construcción de manga sin techo
		Instalación de pradera	
0-10		Manejo del ganado	Vacunaciones, manejo con antiparasitarios, asistencia veterinaria

Esquema de manejo Po1221Pa/rcuga (continuación)

Edad (años)	Volumen a extraer (m ³ /ha)	Actividad	Observaciones
1		Control de malezas	Manual, ya que se cultiva paralelamente cultivo agrícola que impide el control mecánico de maleza
1-11		Riego	De octubre a marzo un riego por mes
1		Cosecha de Remolacha	
		Siembra de Maíz	Siembra y fertilización de Maíz
		Primera poda	Todos los árboles. De mayo a agosto. Altura de poda: 1,5 m. Con pértiga. Poda de formación
1-10		Venta de terneros y vacas viejas	
		Inseminación artificial ganado	
2		Control de malezas	De noviembre a enero. Dos desmalezados en primavera y dos en otoño. Se usan dos ranas entre hileras y en la hilera se pasa una desbrozadora de desplazamiento lateral
		Cosecha de Maíz	
		Segunda poda	Todos los árboles. De mayo a agosto. Altura de poda: 2 m. Con serrucho <i>cola de zorro</i> . Se hace también repaso de poda, eliminación de epicormios y limpia de fuste
3-10		Control de malezas	De noviembre a enero. Dos pasadas de <i>rana</i> y uno de desbrozadora
3		Tercera poda	Todos los árboles: Levante de poda Altura de poda: 4 m
3-5		Venta forraje	Venta de los excedentes de la pradera
4		Cuarta poda	Todos los árboles: Levante de poda Altura de poda: 6 m
5		Quinta poda	Todos los árboles: Levante de poda Altura de poda: 7,5 m
		Mantenimiento de cerco eléctrico	
10		Venta de toda la masa ganadera	
11		Construcción de caminos	

Esquema de manejo Po1222Pa/rcuga (continuación)

Edad (años)	Volumen a extraer (m³/ha)	Actividad	Observaciones
12	342	Cosecha	Considera campamentos, volteo, madereo con bueyes
1-12		Control de plagas	Eventualmente dos veces durante la rotación Aplicación de Karetex por avión

Po1223Pa/rcuga	Rotación: 12 años	Zona: Parral
	Sitio: 2	Situación : Con riego, con cultivo agrícola y ganadería asociada
	Modalidad: Costos y precios probables	

Edad (años)	Volumen a extraer (m³/ha)	Actividad	Observaciones
0		Roce	Roce liviano
		Reducción de desechos	Por trituración
		Construcción de cercos	
		Cortafuegos	Sin cortafuegos
		Preparación del suelo	Rastraje, aradura y nivelación (abril a mayo)
		Plantación	Hoyadura, plantación y acúñado de plantas (junio a agosto). Densidad: 278 p/ha (6x6). Varetas de 4 a 5 m de altura (segunda categoría)
		Riego	De octubre a diciembre, 1 riego por mes. Riego en regueros laterales
		Siembra de Remolacha	Siembra y fertilización de Remolacha
		Compra de animales	1,2 vacas por hectárea
		Instalación de animales	Instalación de cerco eléctrico y construcción de manga sin techo
		Instalación de pradera	
0-10		Manejo del ganado	Vacunaciones, manejo con antiparasitarios, asistencia veterinaria

Esquema de manejo Po1223Pa/rcuga (continuación)

Edad (años)	Volumen a extraer (m ³ /ha)	Actividad	Observaciones
1		Control de malezas	Manual, ya que se cultiva paralelamente cultivo agrícola que impide el control mecánico de maleza
1-11		Riego	De octubre a marzo un riego por mes
1		Cosecha de Remolacha	
		Siembra de Maíz	Siembra y fertilización de Maíz
		Primera poda	Todos los árboles. De mayo a agosto. Altura de poda: 1,5 m. Con pértiga. Poda de formación
1-10		Venta de terneros y vacas viejas	
		Inseminación artificial ganado	
2		Control de malezas	De noviembre a enero. Dos desmalezados en primavera y dos en otoño. Se usan dos ranas entre hileras y en la hilera se pasa una desbrozadora de desplazamiento lateral
		Cosecha de Maíz	
		Segunda poda	Todos los árboles. De mayo a agosto. Altura de poda: 2 m. Con serrucho <i>cola de zorro</i> . Se hace también repaso de poda, eliminación de epicornios y limpia de fuste
3-10		Control de malezas	De noviembre a enero. Dos pasadas de <i>rana</i> y uno de desbrozadora
3		Tercera poda	Todos los árboles: Levante de poda Altura de poda: 4 m
3-5		Venta forraje	Venta de los excedentes de la pradera
4		Cuarta poda	Todos los árboles: Levante de poda Altura de poda: 6 m
5		Quinta poda	Todos los árboles: Levante de poda Altura de poda: 7,5 m
		Mantenimiento de cerco eléctrico	
10		Venta de toda la masa ganadera	
11		Construcción de caminos	

Esquema de manejo Po1221Pa/rcuga (continuación)			
Edad (años)	Volumen a extraer (m³/ha)	Actividad	Observaciones
12	342	Cosecha	Considera campamentos, volteo, madereo con bueyes
1-12		Control de plagas	Eventualmente dos veces durante la rotación Aplicación de Karetex por avión

Po1421Ar/r	Rotación: 14 años	Zona: Arenales
	Sitio: 2	Situación: Con riego
	Modalidad: Costos bajos - Precios altos	

Edad (años)	Volumen a extraer (m³/ha)	Actividad	Observaciones
0		Roce	Sin roce
		Construcción de cercos	
		Cortafuegos	Sin cortafuegos
		Preparación del suelo	Rastraje, aradura y nivelación (abril a mayo)
		Plantación	Hoyadura, plantación y acañado de plantas (junio a agosto). Densidad: 278 p/ha (6x6). Varetas de 4 a 5 m de altura (segunda categoría)
		Riego	De octubre a diciembre, 1 riego por mes. Riego en regueros laterales
1-13		Riego	De octubre a marzo un riego por mes
1		Primera poda	Todos los árboles. De mayo a agosto. Altura de poda: 1,5 m. Con pértiga. Poda de formación
1-2		Control de malezas	De noviembre a enero. Dos desmalezados en primavera y dos en otoño. Se usan dos ranas entre hileras y en la hilera se pasa una desbrozadora de desplazamiento lateral
2		Segunda poda	Todos los árboles. De mayo a agosto. Altura de poda: 2 m. Con serrucho <i>cola de zorro</i> . Se hace también repaso de poda, eliminación de epicormios y limpia de fuste