

**Q**uercus  
palustris

Diversificación de  
Plantaciones Forestales  
con Especies de  
Interés Económico

**MONOGRAFIA**

**ROBLE**  
americano  
rojo

**I N F O R**

**DIVERSIFICACIÓN DE PLANTACIONES FORESTALES  
CON ESPECIES DE INTERÉS ECONÓMICO.**

Monografía de  
**Roble Americano Rojo**  
*Quercus palustris*



Santiago, (Chile), Julio de 2000

## **Monografía de Quercus palustris**

Registro de propiedad intelectual N°114.662  
Santiago de Chile, 2000

I.S.B.N.:956-7727-38-4

*Autor:* **Instituto Forestal (INFOR)**

*Equipo de trabajo:*

Susana Benedetti R.  
Gabriel Pineda B.

*Financiamiento de la presente edición:*

Fondo de Fomento al Desarrollo Científico y Tecnológico FONDEF de  
CONICYT.

Primera edición: julio, 2000.

Impresión: LOM Ediciones Ltda. quien sólo ha actuado como impresor.  
Maturana 9, Santiago - Chile

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

*Diseño y Diagramación: Neuenschwander & Cruz. Santiago Chile.*

# ÍNDICE

<b>1</b>	<b>PRÓLOGO .....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>ANTECEDENTES GENERALES .....</b>	<b>7</b>
	2.1 Clasificación Taxonómica .....	7
	2.2 Descripción del Árbol .....	8
	2.3 Distribución .....	10
	2.4 Asociación Natural .....	12
	2.5 Aspectos Reproductivos .....	12
	2.6 Aspectos Genéticos .....	13
<b>3</b>	<b>REQUERIMIENTOS ECOLÓGICOS .....</b>	<b>15</b>
	3.1 Clima .....	15
	3.2 Suelos .....	15
	3.3 Altitud .....	17
	3.4 Tolerancia .....	17
	3.5 Topografía .....	17
	3.6 Análisis con Sistema de Información Geográfica .....	18
<b>4</b>	<b>PLAGAS Y ENFERMEDADES .....</b>	<b>23</b>
	4.1 Agentes Bióticos .....	23
	4.1.1 Plagas .....	23
	4.1.2 Enfermedades .....	23
	4.2 Agentes Abióticos .....	25
	4.2.1 Incendios Forestales .....	25
	4.2.2 Lluvia Ácida .....	26
	4.2.3 Inundaciones .....	26
	4.2.4 Clorosis .....	26

<b>5</b>	<b>SILVICULTURA Y MANEJO .....</b>	<b>27</b>
5.1	Propagación .....	27
5.1.1	Regeneración Natural .....	27
5.1.2	Propagación Artificial .....	28
5.2	Establecimiento .....	31
5.2.1	Plantación .....	31
5.2.2	Control de malezas .....	33
5.2.3	Fertilización .....	34
5.3	Cuidados Culturales .....	35
5.3.1	Poda de formación .....	35
5.3.2	Podas de levante .....	36
5.3.3	Raleos .....	37
5.3.4	Cuidados de emergencia .....	38
5.4	Antecedentes Dasométricos .....	38
5.5	Esquema de manejo propuesto .....	42
<b>6</b>	<b>PRODUCCIÓN .....</b>	<b>47</b>
6.1	Madera .....	47
6.1.1	Características Macroscópicas .....	47
6.1.2	Características Físico - Mecánicas .....	48
6.1.3	Procesos .....	49
6.1.4	Trabajabilidad de la madera .....	50
6.1.5	Propiedades químicas y aptitud pulpable .....	51
6.1.6	Usos .....	52
6.2	Frutos .....	54
<b>7</b>	<b>MERCADOS .....</b>	<b>55</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>57</b>

# 1 PRÓLOGO

La generación de opciones de producción forestal es actualmente un desafío para el sector forestal chileno, el que a pesar de presentar una dinámica de desarrollo exitosa, enfrenta serios problemas tecnológicos y sociales, asociados a la existencia de monocultivos y los riesgos que de ellos se derivan. Surge así la necesidad de diversificar esta actividad, más aún cuando Chile desea llevar adelante un proceso de desarrollo sostenible, el contar con un abanico de opciones productivas es también entonces un desafío para el país.

Un contenido básico y fundamental de la Diversificación es la ampliación de la base productiva, incorporando nuevas especies al desarrollo forestal. Sin embargo, siendo éste un contenido relevante, en la actualidad el concepto contiene otros tres importantes aspectos: económico, ambiental y social. Así Diversificación Forestal es un concepto que denota simultáneamente diversidad de especies, de productos y mercados, de zonas geográficas y de actores sociales que participan del esfuerzo y resultados de la forestación y los negocios que de ella se derivan.

La presente monografía está inserta en el esfuerzo del Instituto Forestal para contribuir al logro de la diversificación forestal en Chile y en el conjunto de investigaciones orientadas a proporcionar información objetiva y oportuna para quienes deseen invertir en alguno de los eslabones del ciclo productivo forestal. Su obtención es uno de los productos más importantes del proyecto “Diversificación de plantaciones forestales con especies de interés económico”, donde un aspecto clave fue el contar en el país con plantaciones o bosquetes de las especies a analizar, de forma tal de conjugar toda la información posible de recopilar vía revisiones bibliográficas e información sobre crecimiento, desarrollo, características tecnológicas y opciones productivas derivadas de la experimentación, análisis y evaluaciones del comportamiento de la especie en Chile.

El Instituto Forestal agradece al Fondo de Fomento al Desarrollo Científico y Tecnológico, FONDEF, de CONICYT, quien financió esta investigación, y a las empresas, propietarios, Fundación Chile y al Instituto de Tecnología de la Madera de la Universidad Austral quienes colaboraron y aportaron a esta iniciativa, permitiendo finalizar el proyecto y la obtención de productos como este.

## 2 ANTECEDENTES GENERALES

El Roble Americano Rojo de los Pantanos (*Quercus palustris* (Muench)) es un hermoso árbol de mediano tamaño, que presenta una alta tasa de crecimiento. Es apreciado y cultivado con fines ornamentales por la hermosa forma de su copa y por el color de su abundante follaje. Además, se le puede trasplantar bien y es tolerante a ambientes urbanos (Holland y Fenn, 1989).



Figura 1: *Quercus palustris* ornamental

Esta especie pertenece al grupo de los robles americanos rojos (red oaks) el cual conforma uno de los más importantes conjuntos de especies productoras de maderas duras (*Quercus rubra*, *Quercus velutina*, *Quercus shumardii*, *Quercus coccinea*, *Quercus phellos*). Su madera es dura y pesada, comparable a otras del grupo de los robles americanos rojos en términos de sus propiedades físico - mecánicas, pero presenta menor importancia comercial al ser comparada con la de los robles blancos (University of Toronto, 1981).

### 2.1 Clasificación Taxonómica

Su nombre científico deriva del céltico *quer* (fino) y *cuez* (árbol), y del

latín *palustris* (pantano). Entre su sinonimia se cuentan Pin Oak, Spanish Oak, Swamp Oak, Swamp Spanish Oak, Water Oak (Collingwood y Brush, 1964; Fowells, 1965; Little, 1979; Holland y Fenn, 1989).

Esta especie pertenece a la familia *Fagaceae*, género *Quercus*, subgénero *Lobatae* (ex – *Erythrobalanus*) (Fowells, 1965; Olson, 1974; Panshin y De Zeeuw, 1980).

## 2.2 Descripción del Árbol

*Quercus palustris* es una especie caduca, monoica. Su madurez fisiológica, edad a la cual se aprecia pérdida de vigor, la alcanza a los 80 ó 100 años; poco se sabe de su edad máxima, pero se conocen rodales de 138 años (Minckler, 1965; Bryant, 1978).

Es un árbol que usualmente alcanza entre 18 y 24 m de altura y sus diámetros fluctúan entre 30 y 90 cm, aunque en buenos sitios puede alcanzar 37 m de altura y 1,5 m de DAP (Olson, 1974; Thomson y Anderson, 1976; McQuilkin, 1990).

Su tronco es bastante recto y alto, y las ramas son cortas y delgadas, aunque numerosas (University of Toronto, 1981; Barrett, 1995).

Cuando crece aislado, presenta un fuste bien definido cubierto por una copa amplia y simétrica. Las ramas superiores son ascendentes, las centrales horizontales y las inferiores se inclinan hacia abajo, dando al árbol su forma piramidal característica, que proporciona bastante sombra.

En rodales densos, sin embargo, los ejemplares adultos poseen una copa relativamente pequeña, conformada por ramas inferiores, las que mueren pero quedan retenidas en el tronco del árbol (Collingwood y Brush, 1964; Fowells, 1965; Hosie, 1969; McQuilkin, 1990).



Figura 2: Plantación de *Quercus palustris* de 56 años. Santa Bárbara (VIII Región)  
Fuente: INFOR (1998).

Las hojas poseen 5 a 9 lóbulos angostos, irregularmente dentados en la punta y en el ápice, que miden entre 7 y 15 cm de largo. Son de color verde oscuro y aspecto lustroso por la cara superior y de un color más pálido por el envés. Además son perfectamente lisas, excepto por las vellosidades presentes en las axilas de las venas de mayor longitud. Sus peciolo miden de 4 a 5 cm (Collingwood y Brush, 1964).



Figura 3: Hojas de *Quercus palustris*.  
Izquierda: Follaje en primavera. Derecha: Follaje en otoño.  
Fuente. Ohio's Trees; Michigan State University Extension; *Quercus spp* of Illinois. Sitios Internet

Sus bellotas son las más pequeñas de los robles americanos, 1,3 cm o menos en largo, y 1,1 – 1,7 cm en diámetro (Hosie, 1969; Darley-Hill y Johnson, 1981).

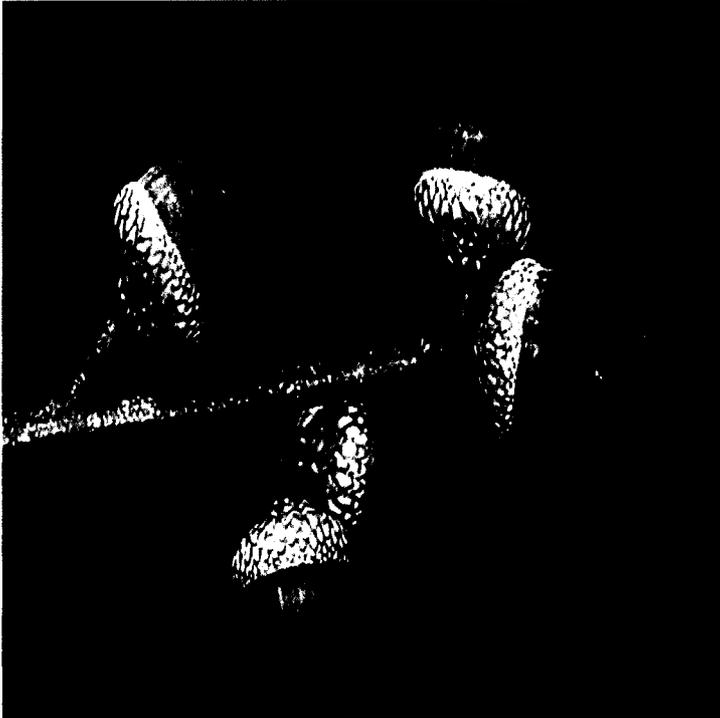


Figura 4: Frutos (bellotas) de *Quercus palustris*.  
Fuente: Ohio's Trees. Sitio Internet.

Las plántulas desarrollan un vigoroso sistema radicular en suelos bien aireados. Cuando el árbol envejece, el sistema radicular se hace muy fibroso (McQuilkin, 1990).

### 2.3 Distribución

La especie se distribuye en la parte central de la región de latifoliadas de Estados Unidos y Canadá, es decir, desde el sur de Nueva Inglaterra y Ontario hasta Kansas.

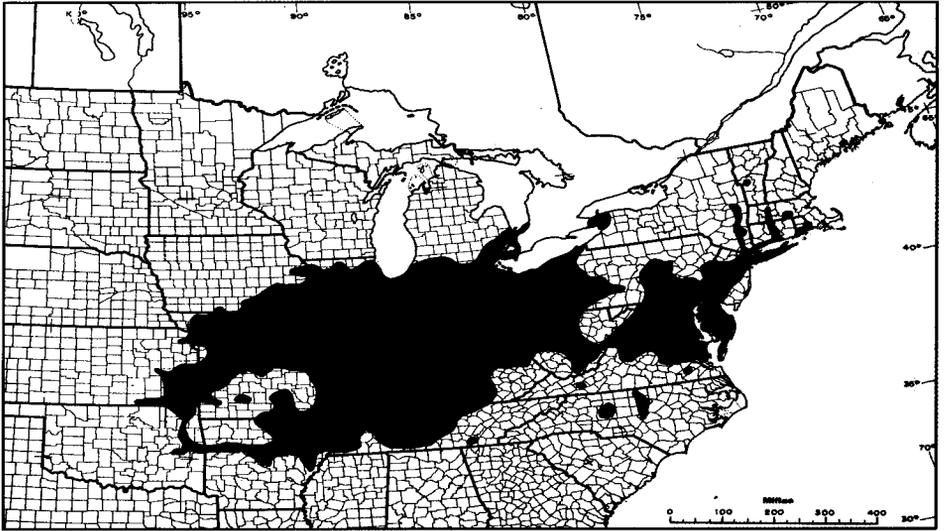


Figura 5: Distribución natural de *Quercus palustris*  
Fuente: Fowells (1965)

También se le encuentra en sitios húmedos de los Estados centrales cercanos al Atlántico, norte de Illinois, sur de Michigan. Por el este, se localiza en la parte oeste y mitad sur de Pennsylvania, en la mayor parte de New Jersey y en las afueras de New York.

Hacia el sur, crece en Virginia y por el centro de North Carolina (excluyendo las Montañas Apalaches), y en los sectores protegidos del sudoeste de Tennessee hacia el centro de Arkansas.

Por el oeste, esta especie se halla en el noreste de Oklahoma, sudeste de Kansas, Missouri y en el sudeste de Iowa (Record y Hess, 1949; Fowells, 1965; Little, 1971; University of Toronto, 1981; McQuilkin, 1990; USDA, 1991).

Con distintos objetivos (forestales y silvopastorales), se le ha cultivado en Argentina, Bélgica, Eslovenia, Holanda, Rusia, Ucrania (Sancho y Marfurt, 1972; Gegel, 1974; Boudru y Thill, 1975; Doesburg y Detz, 1981; Tugushi, 1989; Must, *et al.*, 1992; Elersek *et al.*, 1994; Lust *et al.*, 1995).

## 2.4 Asociación Natural

En llanos mal drenados es posible encontrar *Quercus palustris* creciendo en rodales puros. Sin embargo, en tierras bajas, tanto de texturas pesadas como livianas, profundas pero mejor drenadas, esta especie crece junto a Liquidambar (*Liquidambar styraciflua*) conformando el tipo forestal Pin Oak - Sweetgum.

Otras especies asociadas a él son Arce rojo (*Acer rubrum*), Robles americanos blancos (*Quercus lyrata* y *Quercus macrocarpa*), Olmo (*Ulmus spp.*), Fresno americano (*Fraxinus pennsylvanica*), Celtis (*Celtis occidentalis*), Gleditsia (*Gleditsia aquatica* y *Gleditsia triacanthos*).

También presentes en este tipo forestal, pero en menor frecuencia, se encuentran *Quercus falcata* var. *pagodaefolia*, *Quercus phellos*, *Quercus bicolor*, Abedul negro (*Betula nigra*), *Acer negundo* y Haya americana (*Fagus grandifolia*) (Fowells, 1965; Thomson y Anderson, 1976; Eyre, 1980; McQuilkin, 1990).

En términos de la sucesión ecológica, *Quercus palustris* forma parte de las primeras etapas de los bosques de tierras bajas, configurando comunidades de clímax edáfico en suelos húmedos y pesados debido a que producen abundante regeneración capaz de crecer más rápido que su competencia. Además, durante sequías o debido a drenajes superficiales de pantanos y ciénagas, la especie invade y reemplaza a los árboles pioneros de estos ecosistemas: sauces, álamos. Sin embargo, con drenajes sucesivos las comunidades de *Quercus palustris* son reemplazadas por Robles blancos, Arce rojo, Olmo americano, Liquidambar y *Carya spp* (Hickory) (Braun, 1936; Hosner y Minckler, 1963; Thomson y Anderson, 1976; Eyre, 1980; McQuilkin, 1990).

## 2.5 Aspectos Reproductivos

*Quercus palustris* es un árbol monoico, cuya floración coincide con la foliación o ésta ocurre justo después de que ellas aparecen, lo que acontece desde octubre a noviembre en el hemisferio sur, dependiendo de la latitud.

Las flores masculinas y femeninas nacen separadamente en el mismo árbol; las masculinas o estaminadas aparecen a principios de primavera en forma de colgante de color café, mientras que las flores femeninas o pistiladas son menos vistosas y se encuentran en el ángulo donde las hojas nuevas se juntan con la rama principal (Collingwood y Brush, 1964; Fowells, 1965; Olson, 1974).

Las bellotas, como se denomina a su fruto, comienzan a producirse a los 15 años en árboles de crecimiento libre y a los 20 años en condiciones de bosque; demoran 16 a 18 meses en madurar y caen durante el otoño (marzo, abril y mayo). La germinación en tanto ocurre en la primavera siguiente (Fowells, 1965; Minckler, 1965; Olson, 1974; McQuilkin, 1990).

La semillación de esta especie es cíclica, es decir, fructifica en escasa cantidad a intervalos de 3 a 4 años. Además, debido al ataque de insectos, en promedio se presentan pérdidas de 26% (McQuilkin y Musbach, 1977).

La diseminación natural de la semilla está a cargo de ardillas, aves y otros animales menores que la consumen. De igual forma, como medio de dispersión se cuenta al agua, ya que estas semillas pueden quedar sumergidas por períodos de 6 meses sin sufrir daño, debido a la existencia de una cubierta cerosa en el pericarpio que impide la absorción hídrica (Minckler y McDermott, 1960; Bonner, 1968).

## 2.6 Aspectos Genéticos

Como se indicó, esta especie pertenece al grupo de los robles rojos que, anteriormente, se consideraban dentro de los *Erythrobalanus*. Sin embargo, una clasificación más reciente del género *Quercus*, realizada mediante análisis filogenéticos, reconoce la existencia de los siguientes cuatro grupos: *Lobatae* (robles rojos), *Cyclobalanopsis*, *Protobalanus* (robles intermedios) y *Lepidobalanus* o *Euquercus* (robles blancos o *Leucobalanus*) (Nixon, 1993).

Respecto a esta especie, no se conocen razas ni poblaciones con características genéticas que las distinguan, pero existen evidencias que sugieren que la tolerancia a las inundaciones y la resistencia a la clorosis depende de la constitución genética de los individuos.

En Europa se han realizado estudios con marcadores genéticos, como son los microsátélites, a fin de determinar el nivel de variabilidad genética y la filogenia de diversas especies del género *Quercus*, entre las que se incluyó a *Quercus palustris*. Con ello se pudo concluir que dos loci (ssrQpZAG46 y ssrQpZAG110) son polimórficos en todas las especies estudiadas, es decir, existen patrones de variabilidad comunes a las especies evaluadas (Steinkellner *et al.*, 1997).

*Quercus palustris* hibridiza fácilmente, dando origen a los siguientes híbridos:

*Quercus x exacta* (Trel.) originado entre *Quercus palustris* y *Q. imbricaria*.

*Quercus x mutabilis* (Palmer & Steyerm) originado por *Q. palustris* y *Q. shumardii*.

*Quercus x schochiana* (Dieck.) originado entre *Quercus palustris* y *Q. phellos*.

*Quercus x vaga* (Palmer & Steyerm) originado por *Quercus palustris* y *Q. velutina*.

*Quercus x columnaris* (Laughlin) entre *Quercus palustris* y *Q. rubra*, y el híbrido formado entre *Quercus palustris* x *Q. coccinea* (Fowells, 1965; Gill, 1970; Little, 1979; Berrang y Steiner, 1980; McQuilkin, 1990).

En otro ámbito, en Estados Unidos se han realizado exitosos estudios para determinar la aptitud de la especie a ser propagada *in vitro* en diferentes medios de cultivo; obteniéndose además un protocolo para el enraizamiento de brotes propagados a partir de explantos nodales (Holland y Fenn, 1989).

### 3 REQUERIMIENTOS ECOLÓGICOS

#### 3.1 Clima

En su rango de dispersión natural, *Quercus palustris* crece en zonas climáticas bastante particulares, clasificadas como húmedas a subhúmedas. La temperatura media anual varía desde 10°C en Connecticut, hasta 16°C en Carolina del Norte y norte de Arkansas.

La precipitación media anual fluctúa entre 880 mm en el noroeste y 1.200 mm en la parte sur de su distribución.

El período libre de heladas en la estación de crecimiento es de 165 días en la zona norte y 210 días en la parte meridional, como, por ejemplo, norte de Arkansas.

En donde mejor crece es en la parte baja del valle de Ohio, donde la temperatura media anual es de 13°C, la precipitación es de 1.000 mm al año. Además caen 38 a 50 cm de nieve y el período libre de heladas es de 180 días (Fowells, 1965; Little, 1971).

#### 3.2 Suelos

Esta especie presenta buen crecimiento en sitios húmedos de suelos con texturas pesadas y pobre drenaje interno, pero siempre que éstos no permanezcan inundados por períodos prolongados, es decir, desde unos días hasta varias semanas, como ocurre a fines de invierno o primavera en sectores poco profundos, ya que las plántulas presentan una tolerancia intermedia a anegamientos superficiales durante la temporada de crecimiento, pudiendo morir a los 2 ó 3 años (Hall y Smith, 1955; Hosner, 1960; Hosner y Boyce, 1962; Dickson *et al.*, 1965; Fowells, 1965; Minckler, 1965; Bell y Johnson, 1974; Teskey y Hinckley, 1977; 1978; Black, 1980; Eyre, 1980; McQuilkin, 1990).

De esta manera, algunas investigaciones han demostrado que luego de 60 días de saturación, plantas de 20 cm no presentan mortalidad aérea, pero tienen escasa formación de raíces adventicias y alguna mortalidad de raíces secundarias;

incluso crecen significativamente más que el testigo. En otro estudio, plántulas sometidas a inundaciones por más de 80 días durante el período vegetativo sobrevivieron, aunque el crecimiento radicular fue nulo, el desarrollo en altura fue escaso y la recuperación lenta, concluyendo que no se perciben efectos adversos sólo si la inundación dura entre 10 y 20 días, y tampoco existen efectos adversos si el anegamiento ocurre durante el período de receso invernal (Hosner y Boyce, 1962; McQuilkin, 1990).

Crece igualmente en suelos drenados y de texturas livianas, siempre que la disponibilidad hídrica no sea una limitante para el desarrollo, ya que es una especie mesófila, es decir, levemente tolerante a la sequía (Neely, 1980; Timbal y Lefebvre, 1995).

No obstante lo anterior, en la parte baja del valle de Ohio, sur de Indiana, sur de Illinois y centro - norte de Missouri, *Quercus palustris* es la única especie arbórea que crece bien en las tierras altas planas caracterizadas por su excesiva humedad en invierno y primavera, y por la aridez durante algunos períodos de verano.

Los suelos de esta zona se conocen con el nombre de planosoles, es decir, son suelos intrazonales, con horizontes superficiales fluviales, sobre un horizonte B fuertemente aluvial, cementado por una capa arcillosa o compactado. Son suelos menos evolucionados que los de las áreas altas ubicados en zonas de climas húmedos o subhúmedos (Fowells, 1965; Peralta, 1976).

Por otra parte, *Quercus palustris* ha sido bastante difundido para la recuperación de terrenos agrícolas abandonados, a través de la repoblación por siembra directa. Además, la especie es recomendada para la rehabilitación de terrenos afectados por procesos de extracción minera. De esta manera, en suelos arcillosos cubiertos por una capa de 40 cm de suelo removido en Illinois, Missouri, Kansas y Oklahoma, Estados Unidos, plántulas de vivero y de siembra directa han mostrado la mejor sobrevivencia y crecimiento al comparársele con otros robles americanos, reflejando buena aptitud para la generación de madera de alta calidad (Vogel, 1977; Tackett *et al.*, 1983; Cunningham y Wittwer, 1984; Wade *et al.*, 1984; Ashby, 1990; 1995; Cleveland y Kjelgren, 1994).

Asimismo, crece en suelos ácidos y si la especie es plantada en suelos alcalinos, se desarrolla clorosis asociada a deficiencias nutricionales (McQuilkin, 1990).

### 3.3 Altitud

En su rango de distribución natural, la especie se encuentra en altitudes no superiores a los 250 metros sobre el nivel medio del mar (Fowells, 1965).

### 3.4 Tolerancia

Es un árbol intolerante a la sombra, que usualmente se encuentra en los estratos dominante o codominante de rodales coetáneos. Los árboles suprimidos, generalmente, mueren dentro de pocos años (McQuilkin, 1990).

Una abundante regeneración (8.000 plantas/ha), en condiciones naturales, puede establecerse en años de alta producción de semillas, aún con alta cobertura del dosel. Pero, si la cobertura se mantiene por 2 a 3 años, gran parte de las plantas mueren (Hosner y Minckler, 1960).

De igual forma, plantas de 2 años sometidas a diferentes grados de sombramientos, incrementan la relación tallo/raíz, como ocurre típicamente con las especies intolerantes (McCarthy y Dawson, 1991).

En términos comparativos es menos tolerante que los Olmos (*Ulmus spp.*), Arce de Manitoba (*Acer negundo*), Liquidambar (*Liquidambar styraciflua*) y Fresno (*Fraxinus spp.*); pero más tolerante que Álamos (*Populus spp.*) y Sauces (*Salix spp.*) (Fowells, 1965).

### 3.5 Topografía

*Quercus palustris* se caracteriza por crecer en suelos planos o relativamente planos y normalmente en media ladera, siendo raro encontrarlo en las partes altas y bajas de cerros (Fowells, 1965).

### 3.6 Análisis con Sistema de Información Geográfica

Sobre la base de las variables edáficas y climáticas enunciadas en los párrafos precedentes, y en el marco del proyecto FONDEF “Diversificación de plantaciones forestales con especies de interés económico”, se realizó un estudio tendiente a determinar las superficies potenciales de establecimiento para la especie entre la VII y X regiones de Chile.

Con este objetivo, además de considerar la información bibliográfica concerniente a la especie, se indagó acerca de las características de los sitios en que se ha plantado en Chile, es decir, Santa Bárbara (VIII Región) y Valdivia (X Región). Las variables consideradas en este estudio se presentan en el siguiente cuadro.

**Cuadro 1**  
**Limitantes de crecimiento consideradas para la determinación de las zonas potenciales**

Limitante	Valores
Precipitación media anual	Igual o superior a 810 mm
Temperatura media anual	Entre 10 y 16 °C
Temperatura mínima media del mes más frío	Igual o inferior a 29 °C bajo cero
Período libre de heladas	Igual o superior a 150 días
Drenaje del suelo	Sin limitación
Profundidad del suelo	Igual o superior a 60 cm
Reacción del suelo (pH)	Fuerte a ligeramente ácido
Textura del suelo	Moderadamente pesada a pesada
Altitud	Hasta los 610 msnm

Fuente: INFOR (1998a)

En función de tales limitantes, se determinó la superficie potencial entre la regiones VII a X, desagregada según la superficie cubierta por plantaciones, bosque nativo, áreas silvestres protegidas y otros usos.

**Cuadro 2**  
**Superficie potencial regional para *Quercus palustris***

Región	Superficie potencial sobre plantaciones forestales	Superficie potencial sobre bosque nativo	Superficie potencial sobre áreas silvestres protegidas	Superficie potencial sobre otros usos	Superficie potencial total
VII	77.114	19.607	95	305.316	402.132
VIII	379.982	57.881	0	980.870	1.418.733
IX	141.628	59.497	86	898.052	1.099.263
X	60.516	189.803	9.358	602.469	862.146
Total	659.240	326.788	9.539	2.786.707	3.782.274

Fuente: INFOR (1998a).

Concluyendo y considerando las cifras antes citadas a modo referencial, se constata que la especie podría llegar a ser plantada en una considerable cantidad de hectáreas. Las figuras siguientes señalan la superficie apta para plantar *Quercus palustris* en cada región.



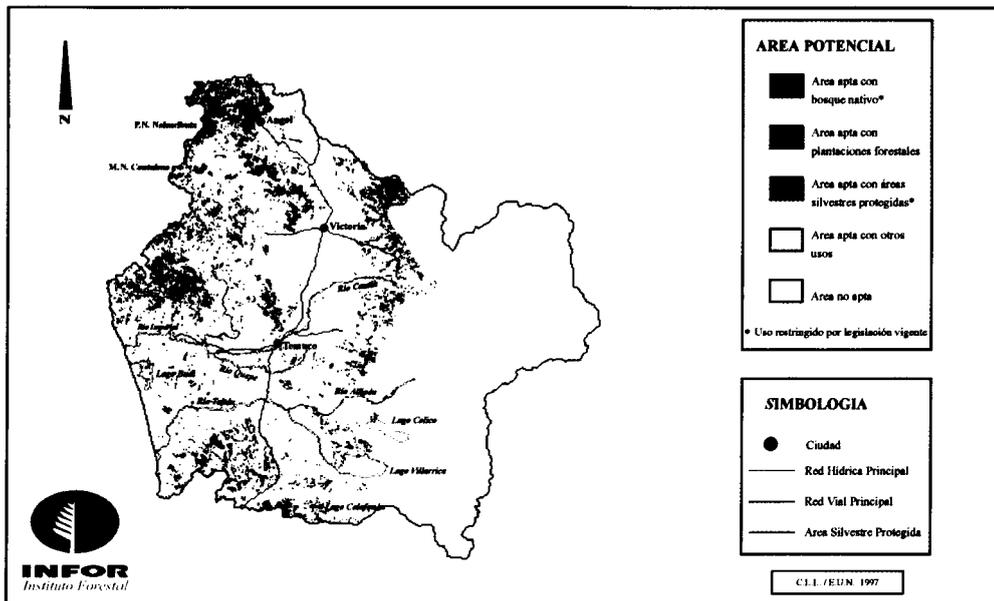


Figura 8: Área Potencial de *Quercus palustris* en IX Región  
 Fuente: INFOR (1998a)

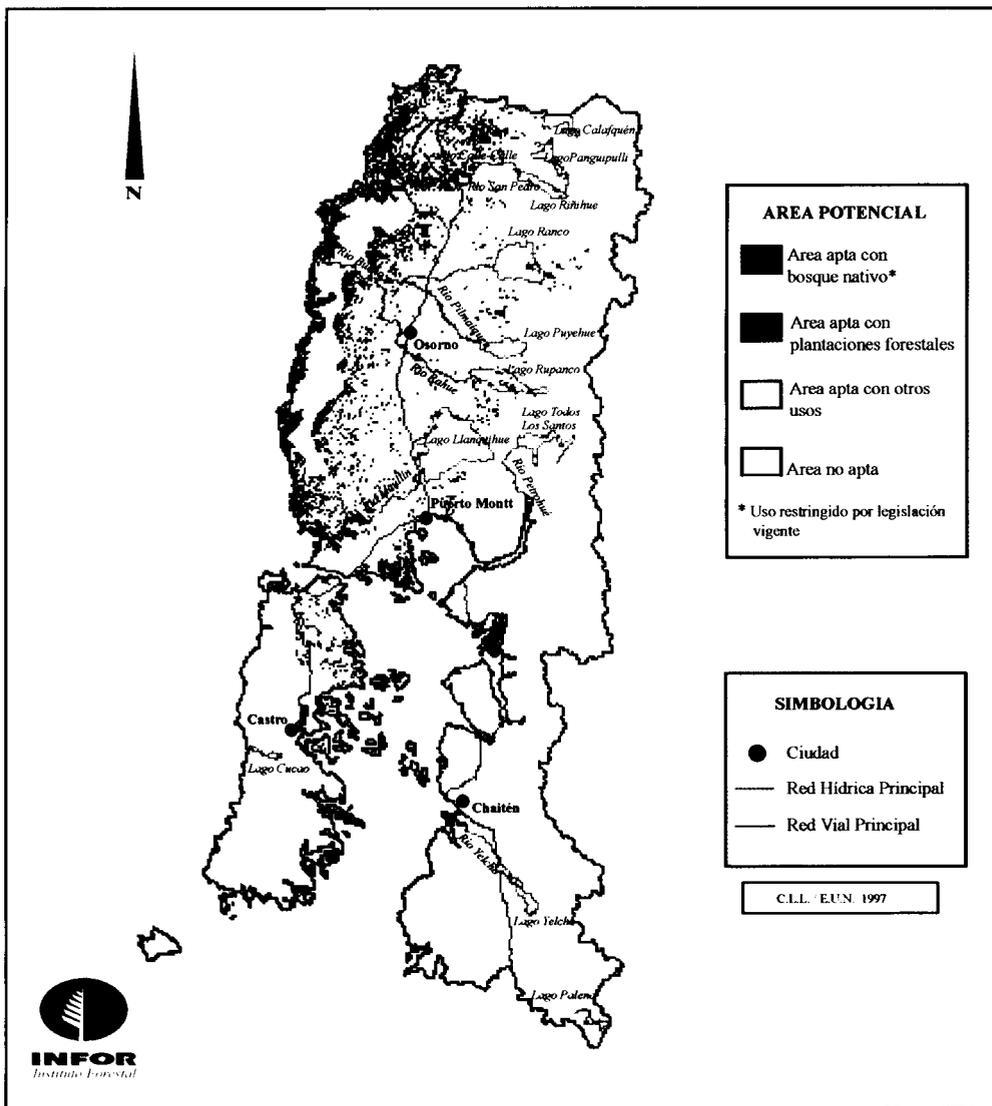


Figura 9: Área Potencial de *Quercus palustris* en X Región  
Fuente: INFOR (1998a)

Además de lo anterior, recientes estudios de INFOR señalan que *Quercus palustris* presenta ventajas comparativas significativas para ser plantada en suelos con problemas de drenaje, como son los ñadis. Por ello se recomienda su utilización en este tipo de suelos.

## 4 PLAGAS Y ENFERMEDADES

### 4.1 Agentes Bióticos

#### 4.1.1 Plagas

##### 4.1.1.1 Animales, Roedores y Lagomorfos

Las pequeñas bellotas de *Quercus palustris* son un importante recurso alimenticio para algunas aves acuáticas, ciervos y ardillas, lo que a su vez tiene un efecto adverso sobre su regeneración natural (Fowells, 1965).

##### 4.1.1.2 Insectos

La especie es atacada por algunos insectos desfoliadores, barrenadores y avispas que dañan la madera y, por ende, reducen el valor de las trozas. Entre estos, destaca la escama oscura, cuyo ataque es semejante al de la escama de San José. Esta plaga puede ser controlada asperjando cal y azufre o una solución acerosa a principios de primavera, antes de la aparición de las hojas y, nuevamente, a mediados del verano (Collingwood y Brush, 1964).

En su región de origen es también susceptible a la polilla gitana (*Lymantria dispar*), descortezador oscuro (*Melanaspis obscura*), desfoliador de los *Quercus* (*Croesia semipurpurana*), barrenador de *Quercus palustris* (*Caliroa lineata*), barrenador de *Quercus* escaralata (*Caliroa quercuscoccineae*), oruga forestal (*Malacosoma disstria*), enrollador de las hojas (*Argyrotaenia quercifoliana*), avispas de los robles (*Callirhytis cornigera*; *C. quercuspunctata*) (White, 1969; Baker, 1972; Whyte y Ford, 1980; USDA, 1985; Houston y Valentine, 1986; Fleischer *et al.*, 1990; McQuilkin, 1990).

#### 4.1.2 Enfermedades

##### 4.1.2.1 Hongos

Distintas especies de hongos se han reportado en rodales forestales de *Quercus palustris*. Afortunadamente varias de ellas sólo afectan en menor grado a

las hojas, por lo que no revisten importancia económica (Fowells, 1965).

Con respecto a *Phytophthora cinnamomi*, *Quercus palustris*, al igual que otras especies del mismo género, presenta algún grado de susceptibilidad según lo concluido por Marcais *et al.* (1996), quienes evaluaron la resistencia de Robles americanos (*Quercus rubra* y *Quercus palustris*), Encinos (*Quercus robur*) y Castaño (*Castanea sativa*) a ataques de este patógeno a nivel de raíces.

En los *Quercus*, los tejidos primarios de las raíces presentaron susceptibilidad, en tanto que los tejidos corticales secundarios mostraron alguna resistencia a este ataque. Por su parte, los tejidos secundarios de raíces de Castaño también fueron susceptibles a *Phytophthora*.

Con respecto a la susceptibilidad en función del diámetro de raíces y tallos, para *Quercus rubra* se constató una relación inversa, es decir, las raíces menores, cuyos diámetros fluctuaban entre 1 y 5 cm, fueron resistentes, en tanto que el cuello y el fuste fueron susceptibles, a diferencia de lo ocurrido con los Castaños, altamente vulnerables a tal agente, lo que podría explicar por qué el ataque de este hongo no induce a la mortalidad de los árboles afectados, aunque existan signos de cáncer en el fuste (*Op cit.*).

Contrariamente a lo expresado en el párrafo precedente, estudios anteriores confirmaron claramente la resistencia de la especie a dicho agente (Robin, 1992).

Ahora bien, cuando los árboles están afectados por estrés hídrico, la especie presenta susceptibilidad al cancro inducido por *Endothia gyrosa*, aunque mientras los árboles estén regularmente abastecidos de agua, ya sea por precipitaciones o por riego, éstos resistirán la infección formando callos alrededor de la herida inoculada. Si las condiciones son favorables para tal ataque, el cancro puede elongarse rápidamente durante los primeros 2 a 8 días (Hepting, 1971; Appel y Stipes, 1984).

Otros estudios señalan que la especie también es susceptible a hongos *Ascomycetes*, que lo atacan cuando el árbol aún está en pie. Entre estos agentes destacan *Graphostroma platystoma* y *Eutypa spinosa*, los que pueden ser con-

trolados con fungicidas a base de tiabendazole y carbendazim fosfato, respectivamente (Guevara *et al.*, 1993).



Figura 10: Ataque de hongos sobre la base del árbol.  
Fuente: INFOR (1998).

Asimismo, la especie es susceptible a *Ceratocystis fagacearum*, causante de marchitez, y a la ampolladura de las hojas provocada por *Taphrina caerulescens*. Esto se confirma por las disposiciones que el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) dispuso para la internación de semillas de *Quercus palustris* a nuestro país, exigiendo que en el certificado fitosanitario emitido por el país de origen se indique que dicho material provenga de zonas libres de este patógeno.

#### 4.1.2.2 Bacterias

En relación a estos patógenos, *Quercus palustris* puede verse afectado por diversos canchros, siendo importante el causado por *Dothiorella quercina* que provoca la muerte apical de las ramas, pero raramente la del árbol (Carter, citado por Fowells, 1965).

### 4.2 Agentes Abióticos

#### 4.2.1 Incendios Forestales

El fuego es un agente de daño potencial para *Quercus palustris*, incluso más que para otros *Quercus*, debido a su delgada corteza. Mayores perjuicios

se producen al ocurrir incendios en invierno o primavera, los que redundan en grandes pérdidas sobre la calidad de la madera afectada (Fowells, 1965; Hepting, 1971; McQuilkin, 1990).

Si el ápice es dañado el árbol rebrota desde el cuello de la raíz, pero las heridas provocadas facilitan el ataque de hongos; además, como estrategia posterior a los incendios forestales, el árbol desarrolla brotes adventicios (Putnam, 1951; Thomson y Anderson, 1976; Carey, 1992a; 1992b).

#### 4.2.2 Lluvia Ácida

Las hojas de *Quercus palustris* son tolerantes a la lluvia ácida, según una investigación en que se expuso el follaje a una precipitación a pH 2,5 por 20 minutos durante 10 días, constatándose daños en sólo el 1% de la superficie foliar (Evans y Curry, 1979).

#### 4.2.3 Inundaciones

Las inundaciones durante la temporada de receso vegetativo no dañan a *Quercus palustris*, pero el incremento del área basal puede ser 10% menor (Rogers y Sander, 1989). Sin embargo, tales fluctuaciones de humedad pueden causar daños en la corteza provocando fisuras longitudinales de más de 10 cm de largo, exponiendo el xilema al ataque de diversos organismos (Smith, 1984).

#### 4.2.4 Clorosis

La clorosis o amarillamiento de las hojas es bastante común en suelos alcalinos, pudiendo matar a los árboles. Inicialmente se creía que correspondía a una deficiencia de hierro, pero recientes investigaciones han demostrado que es un fenómeno que involucra la reducción en la concentración de micronutrientes (Fe, Mn, Zn), y aumento de macronutrientes (P, K o Mg) a nivel foliar (Messenger, 1983; 1984).

## 5 SILVICULTURA Y MANEJO

### 5.1 Propagación

#### 5.1.1 Regeneración Natural

*Quercus palustris* comienza a producir semillas entre los 15 a 20 años, con ciclos de 3 a 4 años. La diseminación de las bellotas es por gravedad o la participación de animales, principalmente ardillas, aves y roedores, por lo que se pueden alcanzar distancias de hasta dos kilómetros desde el árbol madre; secundariamente las semillas pueden ser diseminadas por el viento o por agua durante las crecidas de caudal (Darley-Hill y Johnson, 1981; McQuilkin, 1990).

La especie presenta germinación hipógea (Minckler, 1965). En cuanto al número de semillas limpias por kilogramo, las de *Quercus palustris* en promedio son 900 unidades con un rango de 705 a 1.190. En general, árboles creciendo en forma aislada rinden 25.000 o más bellotas al año, en tanto que en rodales naturales de 30 a 35 años, se producen entre 9.800 y 490.000 semillas sanas por hectárea y año (Fowells, 1965; Olson, 1974).

La producción de semillas depende del tamaño del árbol. Rodales que están mayormente conformados por árboles de más de 30 cm de DAP producen más bellotas sanas. (Minckler y McDermott, 1960; Fowells, 1965).

Las condiciones de germinación responden a temperaturas primaverales diurnas de 23 a 32°C, y 13 a 21°C en la noche, y alta humedad en el suelo; la germinación es generalmente buena, con un promedio de 70 % de las semillas sanas (Fowells, 1965).

Sus frutos pueden mantener un 90% de viabilidad durante 2 años o más si son almacenados a baja temperatura (2 – 5°C) (Allen y Kennedy, 1989; Newling, 1990).

Como se puede apreciar, la cantidad de semillas producidas no es una limitante. Sí las condiciones son favorables para la germinación, es común que en primavera las plántulas creciendo bajo dosel constituyan el principal método de

regeneración natural en la especie. Sin embargo, tales plántulas requieren bastante luz, por lo que muchas de ellas mueren al primer año si la sombra proporcionada por los árboles es excesiva, o si sufren un largo período de inundación o el verano es muy seco.

Por ello, las mejores condiciones para establecer abundante regeneración natural serán los sectores protegidos, pero con hoyos de luz cuyo diámetro fluctúe entre 1,5 y 2 veces la altura de los árboles padres, y una cama de semillas de materia orgánica con una profundidad cercana a 5 cm (Minckler y McDermott, 1960; Fowells, 1965; Minckler, 1965).

Además de la regeneración por semillas, las plantas y árboles jóvenes de la especie rebrotan vigorosamente, debido a la existencia de yemas adventicias en el fuste o en el cuello de la raíz (Minckler, 1965; McQuilkin, 1990).

### 5.1.2 Propagación Artificial

#### 5.1.2.1 Requisitos para la Importación de Semillas

Para propagar la especie en viveros nacionales a partir de semillas importadas, se deben considerar los siguientes requisitos que para su internación exige el Servicio Agrícola y Ganadero de Chile (SAG):

- Que el organismo competente del país de origen emita el Certificado Fitosanitario Oficial para la exportación de propágulos forestales (semillas), en el cual deberán constar las declaraciones adicionales y/o tratamientos cuarentenarios exigidos.
- A su vez, las semillas deberán estar limpias, libres de restos de frutos, hojas, ramillas u otro material susceptible de transportar plagas.
- En el caso de semillas de *Quercus palustris* originarias de Estados Unidos y/o Canadá, Europa o Asia, éstas deben estar libres de *Ceratocystis fagacearum* y de *Endothia parasitica*, lo cual debe constar en la declaración adicional del Certificado Fitosanitario, ya que estos patógenos no están presentes en nuestro país.

- Para lograr dicha asepsia, las semillas deben ser fumigadas con Bromuro de Metilo en dosis de 32 gr/m<sup>3</sup> de cámara, durante dos horas y media, a una temperatura entre 27 y 36°C y a presión atmosférica, lo cual también debe estar señalado en el Certificado Fitosanitario.

A su arribo al país, las semillas serán revisadas por parte de los inspectores del SAG habilitados en el puerto de ingreso, quienes determinarán su internación.

#### 5.1.2.2 Tratamientos Pregerminativos

En general, las bellotas de los robles americanos rojos presentan dormancia, por lo que germinan a la primavera siguiente de realizada la siembra. Por ende, se recomienda una estratificación fría y húmeda, a una temperatura de 0 a 5°C, durante 30 a 90 días, ya sea en arena o en turba. Además, una gruesa capa cerosa cubre el pericarpio restringiendo la absorción de agua, por lo que resulta beneficioso sumergir los frutos en agua por largos períodos (6 meses) (USDA, 1948; Olson, 1974; McQuilkin, 1990).

#### 5.1.2.3 Viverización

Las plantas de *Quercus palustris* se producen a raíz desnuda en una o dos temporadas de viverización cuando se destinan a plantaciones forestales, pudiendo llegar a permanecer por tres o más años cuando se desea producir árboles ornamentales.



Figura 11: Plantas de *Quercus palustris* producidas en Valdivia.  
Fuente: INFOR (1998).

En el vivero se recomienda utilizar un sustrato con buena aireación. De esta forma las plántulas desarrollarán un sistema radicular pivotante, el que con el tiempo perderá tal configuración para conformar raíces más fibrosas. Al trasplantar tal material, la especie regenera y expande rápidamente su sistema radical fibroso (Dickson *et al.*, 1965; Moser, 1978).

Por otra parte, estudios realizados por Watson y Himelick (1982) permitieron concluir que el sistema radicular de la especie se distribuye mayoritariamente entre los 13 y 38 cm de profundidad, y que la densidad de las raíces fibrosas es mayor en los primeros 10 cm del suelo, por lo que esto se debe considerar en la extracción de las plantas, ya que una mala maniobra podría dañar más del 98% del sistema.

El riego de las plantas es un elemento importante a considerar en vivero, porque tiene efecto sobre el desarrollo radicular y sobre la tasa de crecimiento del árbol. Tales antecedentes son descritos en diversas publicaciones, las que concluyen que aplicando riego por goteo a tasas de 6 litros/hora/día hacen que *Quercus*

*palustris* desarrolle un aparato radicular más fibroso y largo, aunque este sistema se distribuye en el mismo volumen de suelo en relación a individuos no regados. Además, el incremento en diámetro se duplica en árboles regados respecto a los árboles no regados (Ponder, 1975; Ponder y Kenworthy, 1976a; 1976b).

Otro elemento a considerar para la producción de buenas plantas es la inoculación de las macetas con ectomicorrizas, tales como *Pisolithus tinctorius*, *Thelephora terrestres*. La presencia de estos hongos mejora considerablemente la sobrevivencia y el crecimiento en altura y diámetro de la especie (Maronek y Hendrix, 1978; Anderson *et al.*, 1983).

Para controlar las malezas, se recomienda realizar aplicaciones de pre-emergencia con productos a base de metolacloro (0,45 gr/m<sup>2</sup> de terreno) o sethoxydim (0,06 gr/m<sup>2</sup>) o aplicar glifosato (0,1 – 0,45 gr/m<sup>2</sup>) o simazina (0,2 gr/m<sup>2</sup>), alrededor de las plantas en primavera (Haramaki y Kuhns, 1979; M<sup>c</sup>Clenahen y M<sup>c</sup>Carthy, 1984; Warren y Skroch, 1991).

De igual forma, aplicaciones pre y pos-plantación de productos con sulfometuron metil como ingrediente activo (0,2 a 0,45 gr/m<sup>2</sup>) resultan efectivas para controlar malezas herbáceas en plantaciones nuevas de *Quercus palustris* (Rhodenbaugh *et al.*, 1994; Lifschitz, 1998).

Alternativamente, se puede recurrir a la aplicación de mulch, como el compost proveniente de los residuos sólidos municipales (MSW) evaluados por Maynard (1998). Luego de tres años de análisis, el investigador concluyó que esta alternativa permite controlar eficientemente las malezas que pudieran presentarse en las platabandas.

Para viveros de gran producción, se puede recurrir a siembras mecanizadas, adaptando maquinarias agrícolas (Adams y Borgelt, 1995).

## 5.2 Establecimiento

### 5.2.1 Plantación

Algunos antecedentes señalan que los primeros cultivos de *Quercus*

*palustris* se establecieron en el año 1770 (Olson, 1974).

Respecto de los espaciamientos utilizados, se puede indicar que en Bélgica se han empleado configuraciones de 4 x 4 m (625 árboles/ha) en plantaciones de *Quercus palustris*, cuyo sotobosque está constituido por avellanos europeos (*Corylus avellana*) (Lust *et al.*, 1995).

De igual forma, en Eslovenia se han logrado árboles de buena calidad con importantes incrementos volumétricos empleando distanciamientos de 2,5 x 2,5 m (1.600 árboles/ha) (Elersek *et al.*, 1994).

En Chile se han evaluado plantaciones adultas de *Quercus palustris* con distanciamiento de 6 x 6 m. Por ello, el Instituto Forestal, en 1997, estableció una unidad demostrativa de manejo forestal con la especie en las cercanías de Santa Bárbara, precordillera de la VIII Región, en la que *Quercus palustris* fue plantado a distanciamientos de 3 x 3, 3 x 6, 6 x 6 y 4 x 4 m.



Figura 12: Unidad Demostrativa de Manejo Forestal de *Quercus palustris*.  
Fuente: INFOR (1997).

### 5.2.2 Control de malezas

Para lograr una adecuada sobrevivencia y crecimiento de las plantaciones de *Quercus palustris*, es importante realizar los controles de malezas oportunamente. En este sentido, se ha demostrado que la aplicación de mulch, ya sea con cubiertas vegetales o corteza compostada, tiene efectos favorables sobre ambas variables (Wittwer *et al.*, 1979).

De igual forma, según los estudios realizados por Greenly y Rakow (1995), la aplicación de mulch a una profundidad superior a los 7 cm es beneficiosa para el crecimiento en diámetro de la especie.

Por otra parte, Werken (1978) señaló, luego de 8 años de estudios, que *Quercus palustris* plantado a altas densidades y cubriendo el suelo con mulch plástico, experimentó altas tasas de incremento volumétrico y en altura, además de obtener buena forma.

Para el control de malezas, INFOR ha realizado un control manual alrededor de la planta y mecánico y/o químico entre las hileras. A futuro, se establecerá una cubierta de plástico (mulch) para evitar la competencia.



Figura 13: Control de malezas manual. Santa Bárbara, VIII Región.  
Fuente: INFOR (1998).

### 5.2.3 Fertilización

Estudios realizados en Estados Unidos por Wittwer *et al.* (1981) reflejan la importancia de fertilizar las plantaciones de *Quercus palustris*, ya que evaluaciones de su crecimiento después de 3 temporadas la señalan como la especie de mayor desarrollo (50 cm en altura v/s 30 cm en el testigo) y con adecuada sobrevivencia.

Investigaciones realizadas por Watson (1994), concluyeron que la aplicación de nitrógeno tiene un efecto positivo sobre el crecimiento de la especie, porque este elemento implica aumentar la densidad de las raíces cuando es aplicado en las cercanías de la planta y a 60 cm de profundidad. Del mismo modo, este investigador concluyó que la aplicación de potasio y fósforo no tienen efectos a nivel radicular.

Por otra parte, Anderson *et al.* (1983) estudiaron el efecto que la inoculación con *Pisolithus tinctorius* y otros hongos ectomicorrícicos, tiene sobre el crecimiento de *Quercus palustris*, concluyendo que la especie responde favorablemente a dicha asociación aumentando la sobrevivencia y el crecimiento en altura, en condiciones tan extremas como las que se dan en plantaciones a orillas de carretera.

En este mismo ámbito, Hauer y Dawson (1996) evaluaron el crecimiento y la retención de hierro en plántulas de *Quercus palustris* inoculadas con hongos ectomicorrícicos, a través de la evaluación de la biomasa y la acumulación de dicho mineral en diferentes componentes. Para ello, sometieron plantas de 2 años cultivadas en sustratos ácidos (pH 5,5) y alcalinos (pH 7,5) colectados tanto en su rango de distribución natural (Área de Iroquois County Wildlife), como de dos zonas urbanas: la primera con árboles evidentemente cloróticos y otra cuyos árboles presentaban pigmentación normal.

En términos generales, la formación de ectomicorrizas en las raíces de la especie fue similar en los tres suelos inoculados, al igual que en ambos niveles de pH e inexistente en suelos esterilizados. Con respecto a la biomasa de las plántulas, ésta fue mayor en el medio ácido en relación a las del medio alcalino, aunque tales plantas tuvieron mayor biomasa que el testigo.

Por su parte, la concentración media de fierro en plántulas cultivadas en medio ácido (54,3 ppm) fue significativamente mayor que aquellas de suelos alcalinos (48,7 ppm). Sin embargo, la concentración de fierro en las hojas de tales plántulas fue similar (49,3 ppm bajo condiciones ácidas y 52,7 ppm bajo condiciones alcalinas). La concentración media de fierro en las hojas fue menor en plántulas no inoculadas (44,8 ppm), lo que sugeriría que dichas ectomicorrizas contribuyen a la acumulación de hierro en *Quercus palustris* creciendo en suelos alcalinos.

En síntesis, los resultados señalados reflejan que tanto la aplicación de nitrógeno como la inoculación con hongos ectomicorrícicos influyen positivamente sobre el crecimiento de la especie (Maronek *et al.*, 1981; Hauer y Dawson, 1996).

En la unidad demostrativa del Instituto Forestal, plantada en un suelo trumao (pH 5,3), se fertilizó con nitrógeno, fósforo, boro y zinc. Ahora bien, los elementos y sus dosis a aplicar en otras situaciones deberán basarse en los análisis de suelos que se practiquen previo al establecimiento de los árboles. Sin embargo, a modo general se puede indicar que es recomendable aplicar fertilizantes nitrogenados neutros cuando el pH sea inferior a 5,6; evitar que el nitrógeno y el boro queden en contacto con las raíces, por lo que es adecuado que previo al establecimiento se apliquen los productos al hoyo de plantación, y que al segundo año se refertilice con aquellos elementos indicados por análisis foliares, aplicando el nitrógeno en cobertera y los otros fertilizantes en hoyos de 20 cm, alrededor de la planta.

## 5.3 Cuidados Culturales

### 5.3.1 Poda de formación

La poda de formación es una labor necesaria de realizar a fin de privilegiar el desarrollo en altura, eliminando las ramas que compitan con el ápice, pero cuidando de no afectar en demasía la capacidad fotosintetizadora del árbol.

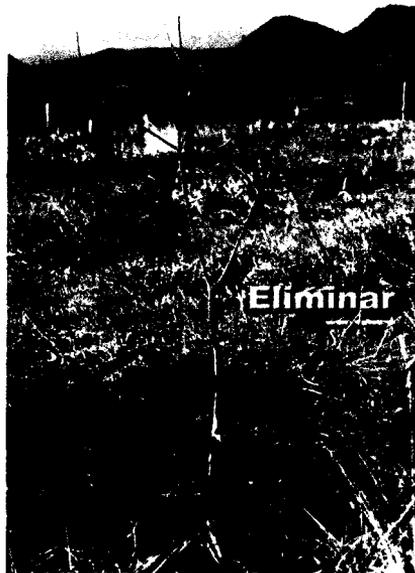


Figura 14: Poda de formación de *Quercus palustris*.  
Fuente: INFOR (1998).

### 5.3.2 Podas de levante

Este árbol posee muchas ramas, las que mueren en rodales densos y cerrados. Sin embargo, las ramas son muy duras y firmes, y permanecen en el fuste generando madera con bastante nudosidad, por lo que la poda es imprescindible en el cultivo intensivo para la obtención de trozas foliables libres de nudos (McQuilkin, 1975; Barrett, 1995).

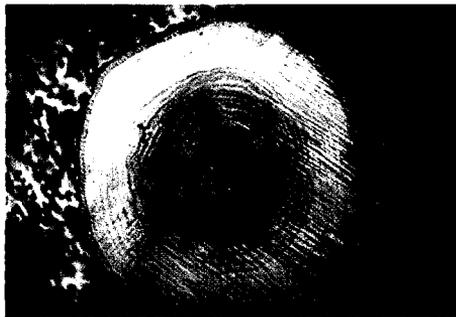


Figura 15: Troza de *Quercus palustris* podada.  
Fuente: Ohio's Trees. Sitio Internet.

Esta labor debe realizarse con mucha precaución y cautela, para no afectar más del 15% de la altura total del árbol, ya que se podría alterar la tasa de crecimiento (Shoup *et al.*, 1978; 1980; 1981).

Además, en el hemisferio norte, se ha observado que los árboles que crecen en laderas de exposición sur y sudoeste, y que han sido podados, tienden a formar nuevas ramas, por lo que en nuestro país se debe prestar atención al comportamiento de árboles plantados en exposiciones asoleadas, es decir, norte y noroeste (Harrar, 1963; Fowells, 1965; McQuilkin, 1975).

### 5.3.3 Raleos

*Quercus palustris* es una especie que responde en forma inmediata al raleo, ya que después de su aplicación la copa se expande rápidamente, ocupando el espacio de crecimiento adicional, lo que también afecta positivamente su tasa de incremento diamétrico (Minckler, 1965).



Figura 16: Raleo efectuado en bosque adulto. Santa Bárbara, VIII Región.  
Fuente: INFOR (1998).

### 5.3.4 Cuidados de emergencia

Cuando se cultiva la especie con fines ornamentales y el árbol se encuentra estresado por insuficiencias en el desarrollo del aparato radicular, conviene tener en consideración los estudios que señalan que si se aplica Paclobutrazol (PBZ), inyectándolo al suelo en la base del tronco, puede mejorarse significativamente la estabilidad de tales individuos, debido al incremento de las raíces finas.

Dicho tratamiento fue aplicado por Watson (1996) en árboles cuyo DAP fluctuaba entre 21 y 27 cm.

## 5.4 Antecedentes Dasométricos

Diversos autores consideran que *Quercus palustris* es una especie de rápido crecimiento, ya que presenta buenas a excelentes tasas de incremento en altura y diámetro, aunque no es un árbol muy longevo.

De esta manera, se han encontrado árboles con alturas medias de 20 a 22 m a los 30 y 37 años de edad, respectivamente. En suelos pesados y húmedos, rodales de mayor edad pueden alcanzar alturas de 22 a 28 m, y en los mejores sitios, árboles individuales pueden llegar hasta los 37 m (Fowells, 1965; Minckler, 1965; Rogers y Sander, 1989).

Respecto del incremento diamétrico, en suelos de texturas arcillosas y sin deficiencia hídrica, individuos maduros logran 60 cm de DAP, y en sitios óptimos alcanzan los 90 a 150 cm. Los árboles dominantes y codominantes, a los 30 años de edad, presentan un diámetro medio de 28 cm y de más de 40 cm a los 50 años (Fowells, 1965; Minckler, 1965; Thomson y Anderson, 1976; Rogers y Sander, 1989).

El estudio tecnológico realizado por la Universidad Austral permite concluir que en Chile la especie tiene un crecimiento inicial promedio en los diez primeros anillos, mayor a 6 mm, reduciéndose luego de los veinte primeros anillos a menos de 3 mm/año.

En términos volumétricos, rodales naturales de 60 a 70 años, creciendo en buenos sitios, presentan volúmenes aserrables de 112 a 168 m<sup>3</sup>/ha (Minckler, 1965).

Ahora bien, como se indicó, la especie responde favorablemente a los raleos, de manera que el crecimiento anual en parcelas raleadas a los 37 años fue de 8,8 m<sup>3</sup>/ha/año. A los 40 años, árboles de 27 cm presentaban crecimientos de 4,2 a 7,0 m<sup>3</sup>/ha/año, lo que implica producciones comerciales de 42 m<sup>3</sup>/ha.

En Argentina, plantaciones de *Quercus palustris* de 4 años de edad presentan 2 m de altura y 2 cm de DAP, lo que indica crecimientos anuales medios de 0,5 m/año y 0,5 cm/año, respectivamente. Además, la prospección de esta especie realizada en la zona de Posadas, Provincia de Misiones, refleja crecimientos en árboles aislados de 0,3 a 1,1 m/año en altura y 0,9 a 6,5 cm/año en diámetro, según edades que varían desde los 4 a 56 años<sup>1</sup>.

Para evaluar el desarrollo de la especie en Chile, el Instituto Forestal construyó modelos de crecimiento en DAP, altura y volumen para árbol individual a partir de rodela obtenidas al tocón, a 4,5 y 11 m de altura, y posteriormente cada 1 m hasta el comienzo de copa, considerando un diámetro límite de utilización de 10 cm. Este material se obtuvo de 10 árboles adultos cosechados desde el predio Los Junquillos, comuna de Santa Bárbara, VIII Región.

**Cuadro 3**  
**Características de los árboles utilizados para evaluación de crecimiento**

Arbol	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
DAP (cm)	35,5	46,8	38,5	37,0	47,5	47,4	42,9	50,0	38,8	42,9
Altura (m)	30,9	26,2	30,5	34,1	31,1	30,8	30,0	31,2	31,6	26,7
Espesor de corteza (mm)	5,5	5,0	5,6	6,5	6,8	6,6	5,4	5,4	6,4	6,5
Edad (años)	55	51	53	56	56	56	54	56	55	53
Dominancia	D	C	D	C	C	D	C	C	C	C
Altura de tocón (m)	0,18	0,35	0,3	0,26	0,3	0,35	1,61	1,46	0,15	0,16
Cantidad de rodelas	19	12	17	18	19	17	18	18	19	17

Fuente: INFOR (1998b)

Dominancia: D - dominante; C - codominante.

<sup>1</sup> Danzer Forestación S.A. 1998. Comunicación personal. Datos preliminares Ensayo San Ignacio y observaciones de crecimiento de robles en la zona de Posadas, Argentina.

De esta información se desprende que *Quercus palustris* alcanza alturas similares a las de otras áreas geográficas antes citadas, pero el incremento diamétrico del rodal muestreado es inferior al constatado por diversos autores, lo que podría ser explicado por la ausencia de un programa de raleos.

El análisis de tallo efectuado a cada árbol permitió construir las curvas de edad a la cual se alcanzan determinadas dimensiones de altura (m) y radio (mm).

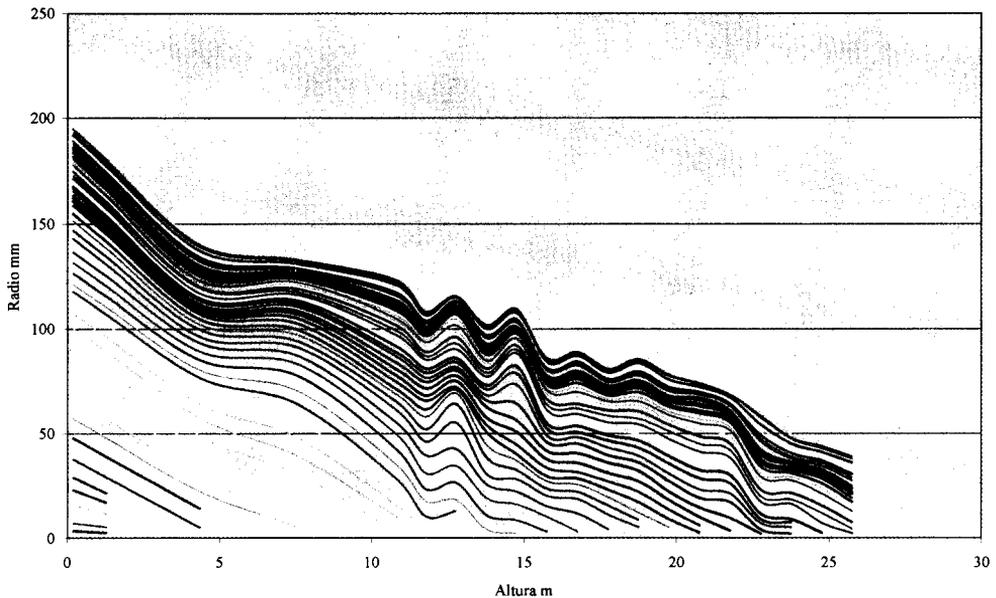


Figura 17: Análisis de tallo efectuado *Quercus palustris* de 55 años.  
Fuente: INFOR (1998b).

Con esta base de datos, se determinaron las siguientes funciones de crecimiento.

- En diámetro a la altura del pecho (DAP) según el modelo de Richards:

$$DAP_{sc} = a * (1 - E^b)^c$$

En que:

DAP<sub>sc</sub>: diámetro a 1,3 m sin corteza (cm) y  
E: Edad (años).

Con:

$$a = 60,339;$$

$$b = -0,903;$$

$$c = 11,626;$$

$$r^2 = 0,985;$$

$$r^2 \text{ corregido por los grados de libertad} = 0,923.$$

- En altura según el modelo de Richards:

$$\textit{Altura} = a * (1 - E^b)^c$$

En que:

Altura: altura total (m) y

E : Edad (años).

Con:

$$a = 61,803;$$

$$b = -0,647;$$

$$c = 8,723;$$

$$r^2 = 0,987;$$

$$r^2 \text{ corregido por los grados de libertad} = 0,956.$$

- En volumen según el modelo potencial:

La estimación de volumen se realizó calculando el volumen sin corteza, según la fórmula de Smalian, por sección de fuste, agregándose para el total del árbol. El modelo ajustado muestra un grado de error aceptable para el rango de validez, sobre 10 años de edad y entrega volumen hasta un índice de utilización de 10 cm.

$$\textit{Volumen ssc} = a * \textit{DAP}^c * E^b$$

En que:

Volumen ssc: volumen sólido sin corteza (m<sup>3</sup>/arb);

DAP cc: DAP con corteza (cm), y

E: Edad (años).

Con:

$$a = 0,000124775;$$

$$b = 1,016037574;$$

$$c = 1,395682922;$$

$$r^2 = 0,973;$$

$$r^2 \text{ corregido por los grados de libertad} = 0,903$$

Los modelos ajustados muestran un grado de error aceptable para el rango de validez, ya que; específicamente la estimación de volumen es certera sobre los 10 años y hasta un límite de utilización de 10 cm.

Con respecto a este modelo, es necesario destacar que no representa completamente el comportamiento de todos los árboles, debido a que se detectaron dos grupos diferentes (árboles 1, 2, 3, 4 y 7; y árboles 5, 6, 8, 9 y 10), el primero de los cuales presenta volúmenes comparativamente inferiores.

## 5.5 Esquema de manejo propuesto

Considerando el crecimiento de la especie en Chile y los productos madereros que se desea obtener, se ha propuesto un esquema de manejo para la producción de madera de alta calidad, en forma intensiva. El objetivo es producir un fuste de 8 m de altura, del cual se obtendrán una troza podada y otra nudosa de 4 m cada una, destinadas a la industria del debobinado o foliado y del aserrío, respectivamente, en una rotación de 33 años.

El esquema de este proceso de producción se entrega en la siguiente secuencia general de actividades e intervenciones silvícolas:

**Cuadro 4**  
**Esquema de manejo para *Quercus palustris***

Etapa	Edad (años)	Actividades
<b>Establecimiento</b>		
	0	Aradura y plantación con gel, riego, fertilización y control químico de malezas.
	1	Control de malezas, riego.
	2	Instalación del mulch, riego.
<b>Silvicultura</b>		
	2 - 4	Poda de formación
		Levante poda a 4 m y desyeme
	15	1° Raleo comercial
	20	2° Raleo comercial
<b>Cosecha</b>		
	33	Diámetro de cosecha = 40 cm

Fuente: Elaboración propia.

Realizando estas actividades, es factible producir trozas debobinables o aserrables según su diámetro menor y en la parte superior del árbol, generar madera pulpable y leña (Universidad Austral de Chile, 1998). De esta manera, los productos son los siguientes:

- Trozas podadas con diámetro en la sección menor, superior a 35 cm: Es el producto de mayor calidad, con alta potencialidad para generar madera aserrada libre de nudos o madera debobinada.
- Trozas no podadas con diámetro en la sección menor superior a 30 cm: Es un producto de menor calidad y su potencialidad es para producir madera aserrada nudosa.
- Trozas no podada con diámetro menor entre 20 y 30 cm: Se trata de trozas para producir madera nudosa.

- Madera pulpable: Se consideró como madera pulpable al 30% del volumen que puede recuperarse de la sección del fuste que está sobre los 8 m de altura. En esta categoría se incluyen productos alternativos, como estacas y postes.
- Leña: Corresponde al 70% del volumen obtenido desde la misma sección del árbol que se logra la madera pulpable.

Los productos anteriormente definidos pueden cuantificarse de acuerdo al diámetro medio del rodal. Basado en información proveniente de rodales de pino radiata, se estructuró la tabla de productos que se muestra en el cuadro siguiente, construido para rodales con diámetro medio de 40 cm.

**Cuadro 5**  
**Distribución relativa (%) de productos del rodal**

Trozas Ø menor (cm)	Distribución de productos (%)
> 40	30
30 - 40	60
20 - 30	10
10 -20	0
Total	100

Fuente: Universidad Austral de Chile (1998).

En consecuencia, en cada intervención es factible obtener los siguientes productos (Cuadro 6), considerando que esto corresponde al 90% del volumen bruto del rodal, ya que el 10% restante se estima como pérdida por manipulación en las operaciones de cosecha.

**Cuadro 6**  
**Distribución de productos (m<sup>3</sup>) a nivel de rodal según intervención silvícola**

Intervención	Edad (años)	DAP (cm)	Prod. Aserrables			Otros prod.		Total
			> 40	30 - 40	20 - 30	Pulp.	Leña	
Raleo a desecho	11	15					17	17
Raleo Com. 1	15	23				15	15	30
Raleo Com. 2	20	30			16	16	8	40
Cosecha	33	40	53	105	17	20	15	210

Fuente: Universidad Austral de Chile (1998).

## 6 PRODUCCIÓN

### 6.1 Madera

#### 6.1.1 Características Macroscópicas

La albura de *Quercus palustris* es blanquecina, en tanto que su duramen a menudo adquiere una tonalidad café rojiza más oscura y de textura menos fina que la de los robles americanos blancos, y los amplios rayos son menos prominentes en las superficies aserradas tangencialmente. Sus anillos anuales son bastante notorios, por lo que se dice que es una madera de anillos porosos.



Figura 18: Trozas de *Quercus palustris* mostrando sus características macroscópicas.  
Fuente: INFOR (1998)

No tiene olor ni sabor que la caracterice y generalmente tiene el grano recto (Panshin y De Zeeuw, 1980; University of Toronto, 1981).

### 6.1.2 Características Físico - Mecánicas

Los resultados obtenidos por la Universidad Austral (1999) en los ensayos tecnológicos realizados en el marco del proyecto FONDEF “Diversificación de plantaciones con especies de interés económico”, indican que la madera de *Quercus palustris* tiene una densidad básica promedio de 581 kg/m<sup>3</sup>. Otros estudios señalan que es una madera de alta a muy alta densidad. Anhidra pesa 690 kg/m<sup>3</sup> (University of Toronto, 1981).

El roble americano rojo tiene duramen obligatorio y su albura es medianamente ancha y algo más clara.

Su flexión estática es en promedio de 62,94 Mpa en el límite de proporcionalidad y de 129,71 Mpa en rotura. La media para el módulo de elasticidad fue 13.205,73 Mpa. En compresión paralela, la resistencia promedio fue de 62,96 Mpa (Universidad Austral de Chile, 1999). Otros estudios señalan que su módulo de ruptura es en promedio de 8.300 psi y el módulo de elasticidad medio es de 1.320.000 psi (Walters y Reiss, 1977)

En dureza Janka los valores obtenidos fueron de 6,823 N en sentido paralelo y de 8,629 N en sentido perpendicular a las fibras.

La resistencia media a la compresión paralela a las fibras y la dureza Janka son semejantes a los valores conocidos para *Eucalyptus globulus*, esto es, su dureza promedio normal a las fibras la hace una madera semidura (*Op cit.*). En Canadá se ha concluido que su resistencia y dureza son también altas a muy altas, aunque algo menores que la de los robles blancos. En particular, presenta alta resistencia a los impactos (Panshin y De Zeeuw, 1980; University of Toronto, 1981).

De la relación entre la resistencia promedio a la rotura en flexión estática y la densidad al 12%, se obtiene un valor para cota de flexión = 17,11, que corresponde a una calidad grande, esto es madera buena para uso en carpintería.

De la relación entre la resistencia promedio en compresión paralela y la densidad al 12%, se obtiene un valor para cota de calidad estática = 8,17, que corresponde a una clase mediana a muy pesada.

De la relación entre las resistencias promedio en flexión estática y compresión paralela a las fibras, se obtiene un valor para cota de tenacidad = 3,0, lo que la califica como muy tenaz.

De la relación entre la dureza promedio en sentido normal a las fibras y la densidad al 12%, se obtiene un valor para cota de dureza = 1.287,91, que corresponde a una clase fuerte, esto es madera para usos especiales como muebles con elementos delgados y curvos.

En resumen, de acuerdo con el procedimiento establecido en la Norma Chilena 1989, esta madera pertenece al Grupo ES 2 (Universidad Austral de Chile, 1999).

### 6.1.3 Procesos

#### 6.1.3.1 Aserrió

El rendimiento en el aserrío de esta especie, obtenido para la totalidad de las trozas, fue de 54% respecto de los volúmenes sólidos calculados según Smalian y JAS. Las trozas basales entregaron un rendimiento entre 44,2% y 56,1% (Universidad Austral de Chile, 1999).

La totalidad de la madera aserrada se presentó en clase B, ya que el rodal estudiado no fue manejado.

#### 6.1.3.2 Secado de la madera.

*Quercus palustris* se deja secar bien, especialmente si previo al secado artificial se lo somete a secado natural hasta un contenido de humedad cercano al 35%. Para un programa que considere temperaturas entre 40°C y 68°C para madera de 1" de espesor y contenido de humedad final del 10%, se obtiene un buen secado en 8 a 9 días.

Los defectos que se presentan durante el proceso son deformaciones y grietas. Dentro de las deformaciones, se producen la encorvadura, la acanaladura, y grietas, las que se localizan en superficies y extremos de las tablas.

Las grietas y deformaciones se produjeron fundamentalmente en zonas de nudos, los que fueron muy frecuentes por no haber tenido poda en el rodal de procedencia (Universidad Austral de Chile, 1999).

#### 6.1.3.3 Biodeterioro.

La madera de *Quercus palustris* crecido en Chile tiene pérdida de masa en ensayos acelerados contra hongos de 38% en albura y 30% en duramen. Esto significa que el duramen y la albura pueden ser clasificados como moderadamente resistentes. El duramen cercano a la albura presenta mayor resistencia que el duramen cercano a la médula (Universidad Austral de Chile, 1999).

#### 6.1.3.4 Impregnabilidad.

La albura de *Quercus palustris* es permeable, teniendo una capacidad de absorción de 95 a 170 l/m<sup>3</sup>. Hay diferencia en los sentidos radial y tangencial con promedios de 120 l/m<sup>3</sup> y 175 l/m<sup>3</sup>, respectivamente.

El duramen puede ser clasificado como refractario con capacidad de absorción de 25 a 109 l/m<sup>3</sup>, y no presenta grandes variaciones de permeabilidad en sentido tangencial y radial.

En relación a las variables físicas del proceso de impregnación, las mejores absorciones se obtienen con presiones de hasta 10 kg/cm<sup>2</sup> y tiempos de aplicación mayores a 4 horas (Universidad Austral de Chile, 1999).

### 6.1.4 Trabajabilidad de la madera

#### 6.1.4.1 Ensayo de paneles

La madera de *Quercus palustris* presenta muy buenas características para ser usada en paneles encolados. Al comparar los valores promedio de los

diferentes tratamientos, se comprueba que estos paneles cumplen con las normas internacionales. Las observaciones de las uniones indican que no existen problemas con el encolado, detectándose adhesiones normales.

#### 6.1.4.2 Ensayo de cilindrado

Su madera se deja cilindrar sin problemas. Los resultados revelan que se puede trabajar con velocidades altas.

#### 6.1.4.3 Ensayo de torneado

Se deja tornear sin problemas. Por su dureza, el proceso de torneado podría realizarse con velocidades mayores a las capaces de desarrollar por el equipo empleado. En general el torneado resulta fácil, mejor que al trabajar con pino radiata, con menos astillado. Cabe mencionar que la velocidad de avance normal para pino radiata es de 40 m/min.

#### 6.1.4.4 Ensayo de taladrado

La madera se deja taladrar sin fallas.

#### 6.1.4.5 Ensayo de cepillado

De acuerdo con los resultados, esta madera se deja preparar en forma óptima para la fabricación de piezas y partes de muebles.

#### 6.1.4.6 Ensayo de lijado.

No existen problemas durante el lijado (*Op cit.*).

#### 6.1.5 Propiedades químicas y aptitud pulpable.

La madera de *Quercus palustris* está constituida por un 74,9% de holocelulosa. El contenido de lignina es de 23,7%. Los solubles en NaOH al 1% son de 19,3%, los solubles en agua fría son de 23%, en agua caliente son el 4,9%, y los solubles en etanol-tolueno son el 4,4%.

Con las condiciones aplicadas para producir pulpa, las respuestas al proceso fueron:

- Rendimiento clasificado entre 42,8 y 48,8%.
- Rendimiento total entre 50,4 y 54,5%.
- Índice kappa entre 17,8 y 23,9.

Las propiedades de resistencia de las pulpas crudas sometidas a refinación (45°SR) fueron:

- Índice de tracción 99,5 Nm/kg.
- Índice de explosión 7,5%.
- Índice de rasgado 97 Nm<sup>2</sup>/kg.
- Se destaca además el alto volumen específico de las pulpas, que alcanzó a 1,27 (cm<sup>3</sup>/g).

La pulpa cruda sometida a una secuencia de blanqueo CEH alcanzó una blancura de 75% (Medida en Photovolt).

Los rendimientos clasificados y propiedades de resistencia de las pulpas crudas y blanqueadas, en general, son inferiores a las obtenidas con otras pulpas comerciales de latifoliadas, como por ejemplo las de *Eucalyptus spp* (Universidad Austral de Chile, 1999).

#### 6.1.6 Usos

La madera de *Quercus palustris*, para algunos autores, no tiene especial importancia económica ni muy buena reputación, ya que no posee poda natural y las numerosas y pequeñas ramas adheridas al tronco generan nudosidades excesivas que reducen la calidad y utilidad de la madera, por lo que sólo los mejores árboles son usados en aserraderos.

No obstante, los usos de esta especie son similares a los de los robles blancos, es decir, construcción de muebles, escritorios, parquets, puertas, terminaciones interiores y tableros decorativos.

Ahora bien, si es que no se trata la madera con parafina, silicato de sodio u otra substancia similar, ésta no es apropiada para tonelería, ya que los vasos no ocluidos de la madera temprana son bastante comunes, tanto en *Quercus palustris* como en otros robles rojos (Panshin y De Zeeuw, 1980).

De igual forma, podría utilizarse a la intemperie como durmientes, postes para cercos y madera estructural en la minería, pero aplicando tratamientos preservativos a presión para aumentar la durabilidad natural (Putnam, 1951; Panshin y De Zeeuw, 1980; University of Toronto, 1981; McQuilkin, 1990).

Además, como subproductos de la especie se puede citar la obtención de leña y carbón, y como madera para la destilación. En el primer caso, se ha recurrido al desmoche o descope del árbol en rotaciones de 11 años, lo que origina producciones de 110 kg de biomasa verde por árbol (Burnett y Gilluly, 1988).



Figura 19: Obtención de leña después de raleo. Santa Bárbara, VIII Región.  
Fuente: INFOR (1998)

Debido a su forma piramidal, con ramas fuertes adosadas al tronco y gran parte del tronco limpio y rico en hojas, este árbol el más deseado de los *Quercus* para plantaciones ornamentales. Además, soporta el trasplante y tolera la acción de diversos agentes presentes en las ciudades, tales como la salinidad, la lluvia ácida y el humo, aunque en tales casos la especie puede manifestar necrosis en sus brotes (Hosie, 1969; Evans y Curry, 1979; Allen y Kennedy, 1989; Townsend, 1989; McQuilkin, 1990).

## 6.2 Frutos

Sus frutos o bellotas son un importante alimento para aves y mamíferos, como pájaros carpinteros, patos y pavos silvestres, ardillas y ciervos, entre otros (Thomson y Anderson, 1976; Landin, 1979; McQuilkin, 1990). Se consideran como los de mayor valor nutricional ya que contienen en promedio un 15,4% de grasa, 45,4% de carbohidratos totales, 3,8% de proteínas totales, y 0,08% de fósforo, 0,04% de calcio y 0,06% de magnesio (Makhmet y Emets, 1981; Bonner y Vozzo, 1987).

## 7 MERCADOS

Debido a la inexistencia de información específica para el comercio de la madera de *Quercus palustris* y considerando que esta especie pertenece al grupo de los robles americanos rojos, a continuación se indican algunos aspectos relevantes del mercado de tales especies (Fundación Chile, 1998):

- Primeramente, este grupo concentra los mayores volúmenes de producción anual de latifoliadas comerciales en Norteamérica.
- La demanda de estas maderas se concentra en las industrias de puertas, de muebles y de tableros.
- Este grupo de especies participa en mercados de segmentos medios a medio altos, ubicándose después de las maderas de nogal, cerezo, arce y robles blancos.
- Los precios de la madera aserrada puesta en aserradero, varían de 400 a 700 US\$/m<sup>3</sup>, según la calidad.

## BIBLIOGRAFÍA

- ADAMS, B.; BORGELT, S. 1995. Modification of a no till planter for tree seeds. *Applied Engineering in Agriculture* 11 (2): 225 – 227.
- ALLEN, J.; KENNEDY, H., Jr. 1989. *Bottomland hardwood reforestation in the lower Mississippi Valley*. Slidell, LA: U.S. Department of the Interior, Fish and Wildlife Service, National Wetlands Research Center; USDA Forest Service, Southern Forest Experimental Station. 28 p.
- ANDERSON, L.; CLARK, A.; MARX, D. 1983. Growth of oak seedlings with specific ectomycorrhizae in urban stress environments. *Journal of Arboriculture* 9 (6): 156-159.
- APPEL, D.; STIPES, J. 1984. Canker expansion on water-stressed pin oaks colonized by *Endothia gyrosa*. *Plant Disease* 68 (10): 851 - 853.
- ASHBY, W. 1990. Growth of oaks on topsoiled mined lands. In Van Sambeek, J.; Larson, M., eds. *Proceedings, Workshop on seedling physiology and growth problems in oak plantings; (4<sup>th</sup>, 1989, Columbus, OH.) Abstracts*. St. Paul, MN: USDA, Forest Service, North Central Forest Experiment Station. Gen. Tech. Rep. NC-139: 20.
- ASHBY, W. 1995. Oak seedling root and shoot growth on restored topsoil. *Tree Planters' Notes* 46 (2): 54 – 57.
- BAKER, L. 1972. *Eastern forest insects*. USDA, Forest Service Miscellaneous Publication n° 1175. 642 p.
- BARRETT, J. 1995. *Regional silviculture of the United States*. John Wiley & Sons, Inc. 643 p.
- BELL, D.; JOHNSON, F. 1974. Flood-caused tree mortality around Illinois reservoirs. *Transactions of the Illinois Academy of Science* 67: 28 - 37.

- BERRANG, P.; STEINER, K. 1980. Resistance of pin oak progenies to iron chlorosis. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 105: 519 - 522.
- BLACK, R. 1980. The effects of flooding on pin oaks in southeastern Missouri. (Sin publicar).
- BONNER, F. 1968. Water uptake and germination of red oak acorns. *Botanical Gazette* 129: 83 - 85.
- \_\_\_\_\_. ; VOZZO, J. 1987. Seed biology and technology of *Quercus*. USDA, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. Gen. Tech. Rep. SO - 66: 21 p.
- BOUDRU, M.; THILL, A. 1975. *Quercus rubra* in Central Belgium. *Bulletin de la Societe Royale Forestiere de Belgique* 82 (5): 248 - 273.
- BRAUN, L. 1936. Forests of the Illinoian till plain of southwestern Ohio. *Ecological Monographs*. 6 (1): 91 - 149.
- BRYANT, W. 1978. An unusual forest type, hydromesophytic, for the Inner Blue Grass Region of Kentucky. *Castanea* 43: 129 - 137.
- BURNETT, C.; GILLULY, D. 1988. Pollarding for multiple benefits. *Northern Journal of Applied Forestry* 5 (2): 148 - 152.
- CAREY, J. 1992. *Quercus palustris*. The Fire Effects Information System WWW site; USDA, Forest Service, Intermountain Research Station, Intermountain Fire Sciences Laboratory; Missoula, MT; Fischer, W. Compiler link.
- CAREY, J. 1992. *Quercus palustris*. In: Fischer, W., compiler. The Fire Effects Information System [Database]. Missoula, MT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Research Station, Intermountain Fire Sciences Laboratory. Magnetic tape reels; 9 track; 1600 bpi, ASCII with Common LISP present.

- CLEVELAND, B.; KJELGREN, R. 1994. Establishment of six species on deep-tilled minesoil during reclamation. *Forest Ecology and Management* 68 (2-3): 273 – 280.
- COLLINGWOOD, G.; BRUSH, W. 1964. *Knowing your trees*. Washington, D.C. The American Forestry Association, pp 202 - 203.
- CUNNINGHAM, T.; WITTWER, R. 1984. Direct seeding oaks and black walnut on minesoils in eastern Kentucky. *Reclamation and Revegetation Research* 3 (3): 173 – 184.
- DARLEY-HILL, S.; JOHNSON, C. 1981. Acorn dispersal by the blue jay (*Cyanocitta cristata*). *Oecologia*. 50: 231 - 232.
- DICKSON, R.; HOSNER, J; HOSLEY, N. 1965. The effects of four water regimes upon the growth of four bottomland tree species. *Forest Science* 11: 299 - 305.
- DOESBURG, H.; DETZ, H. 1981. Pruning of street trees on the nursery. *Groen* (3): 144 – 146.
- ELERSEK, L.; URBANCIC, M.; GRZIN, J. 1994. Growth of *Quercus rubra* and *Quercus palustris* in the Doburska gmajna and Korita plantations. *Gozdarski Vestnik* 52 (3): 136 – 144.
- EVANS, L.; CURRY, T. 1979. Differential responses of plant foliage to simulated acid rain. *American Journal of Botany* 66 (8): 953 - 962.
- EYRE, F., ed. 1980. *Forest cover types of the United States and Canada*. Washington, DC: Society of American Foresters. 148 p.
- FLEISCHER, S.; RAVLIN, F.; DELORME, D.; STIPES, R.; M<sup>c</sup>MANUS, M. 1990. Marking gypsy moth (Lepidoptera: *Lymantriidae*) life stages and products with low doses of rubidium injected or implanted into pin oak. *Journal of Economic Entomology* 83 (6): 2343 – 2348.

- FOWELLS, H. 1965. Silvics of Forest Trees of the United States. USDA. Agriculture Handbook n° 271. pp 603 - 606.
- FUNDACIÓN CHILE. 1998. Identificación de mercados para productos de madera de *Castanea sativa*, *Quercus palustris* y *Cupressus torulosa*. Informe final. Proyecto Diversificación de plantaciones forestales con especies de interés económico. Santiago, Chile. 51 pp.
- GEGEL, I. 1974. Trial in growing seedlings of exotic Oaks. Nauch. Tr. Ukr. S. Kh. Akad. 93: 38 – 42.
- GILL, C. 1970. The flooding tolerance of woody species - a review. Forestry Abstracts 31: 671 - 688.
- GREENLY, K.; RAKOW, D. 1995. The effect of wood mulch type and depth on weed tree growth and certain soil parameters. Journal of Arboriculture 1 (5): 225 – 232.
- GUEVARA, G.; STIPES, R.; PALMER, J. 1993. Control potential of fungicides against contaminating fungi in shiitake (*Lentinus edodes*) logs. Contribuciones micológicas en homenaje al biólogo José Castillo Tovar por su labor en pro de la micología mexicana. Reporte científico. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Nueva León. Número Especial 13: 147 – 154.
- HALL, T.; SMITH, E. 1955. Effects of flooding on woody plants, West Sandy dewatering project, Kentucky Reservoir. Journal of Forestry 53: 281 - 285.
- HARAMAKI, C.; KUHNS, L. 1979. An evaluation of glyphosate used on shade trees and evergreen lines. Proceedings Northeastern Weed Science Society. 33: 251 – 254.
- HARRAR, E. 1963. Pin oak (*Quercus palustris* Muenchh). In Encyclopedia of American woods, v. 3, pp: 129 - 136.
- HAUER, R.; DAWSON, J. 1996. Growth and iron sequestering of pin oak (*Quercus palustris*) seedlings inoculated with soil containing ectomycorrhizal fungi. Journal of Arboriculture 22 (3): 122 - 130.

- HEPTING, G. 1971. Diseases of forest and shade trees of the United States. USDA, Agriculture Handbook n° 386: 658 p.
- HOLLAND, R.; FENN, P. 1989. Tissue culture propagation of pin oak. Proceedings of the Annual Meeting. Arkansas State Horticultural Society, n° 109: 154 - 157.
- HOSIE, C. 1969. Native trees of Canada. 7<sup>th</sup> ed. Ottawa, Canada. Canadian Forestry Service, Department of Fisheries and Forestry. 380 p.
- HOSNER, J.; MINCKLER, L. 1960. Hardwood reproduction in the river bottoms of southern Illinois. Forest Science 6 (1): 67 - 77.
- \_\_\_\_\_. 1960. Relative tolerance to complete inundation of fourteen bottomland tree species. Forest Science 6: 246 - 251.
- \_\_\_\_\_ ; BOYCE, S. 1962. Tolerance to water saturated soil of various bottomland hardwoods. Forest Science 8 (2): 180 - 186.
- \_\_\_\_\_ ; MINCKLER, L. 1963. Bottomland hardwood forests of southern Illinois -regeneration and succession. Ecology. 44(1): 29-41.
- HOUSTON, D.; VALENTINE, T. 1986. Classifying forest susceptibility to gypsy moth defoliation. USDA, Agriculture Handbook n° 542, 18 p.
- INSTITUTO FORESTAL. 1998a. Identificación de zonas potenciales para el establecimiento de *Quercus palustris*. Informe final. Proyecto Diversificación de plantaciones forestales con especies de interés económico. Santiago, INFOR. 24 p + anexos.
- \_\_\_\_\_. 1998b. Modelos de crecimiento. Informe final. Proyecto Diversificación de plantaciones forestales con especies de interés económico. Santiago, INFOR. 13 p + anexos.

- LANDIN, M. 1979. The importance of wetlands in the north central and northeast United States to non-game birds. In DeGraaf, R.; Evans, K., comps. Management of north central and northeastern forests for nongame birds: Proceedings of the workshop (1979; Minneapolis, MN). USDA, Forest Service, North Central Forest Experiment Station. Gen. Tech. Rep. NC-51: 179 - 188.
- LIFSCHITZ, M. 1998. Manual fitosanitario 1998 – 1999. Santiago, Chile. Asociación nacional de fabricantes e importadores de productos fitosanitarios agrícolas A.G. 731 p.
- LITTLE, E., Jr. 1971. Atlas of United States trees, Conifers and important hardwoods. USDA, Miscellaneous Publication n° 1146 v(1): 9.
- \_\_\_\_\_. 1979. Checklist of United States trees (native and naturalized). USDA, Forest Service. Agriculture Handbook n° 541. 375 p.
- LUST, N.; VAN CAMP, N.; MUYS, B.; NACHTERGALE, L. 1995. Comparative study of C sequestration by new forests on former pasture lands. *Silva Gandavensis* 60: 81 - 94.
- MAKHMET, B.; EMETS, G. 1981. Nutritional quality of seeds of species from the family *Fagaceae*. *Byulleten' Glavnogo Botanicheskogo Sada* (119): 22–25.
- MARCAIS, B.; DUPUIS, F.; DESPRE, Z.; LOUSTAU, M. 1996. Susceptibility of the *Quercus rubra* root system to *Phytophthora cinnamomi*; comparison with chestnut and other oak species. *European Journal of Forest Pathology* 26 (3): 133 - 143.
- MARONEK, D.; HENDRIX, J. 1978. Mycorrhizal fungi in relation to some aspects of plant propagation. *International Plant Propagators' Society: Combined proceedings, International Plant Propagators' Society* 28: 506 – 514.

- \_\_\_\_\_ ; HENDRIX, J.; STEVENS, C. 1981. Fertility – mycorrhizal – isolate interactions in production of containerized pin oak seedlings. *Scientia Horticulturae* 15 (3): 283 – 289.
- MAYNARD, A. 1998. Using MSW compost in nursery stock production. *BioCycle* 39 (5): 63 – 65.
- M<sup>c</sup>CARTHY, J.; DAWSON, J. 1991. Effects of drought and shade on growth and water use of *Quercus alba*, *Q. bicolor*, *Q. imbricaria* and *Q. palustris* seedlings. In McCormick, Larry H.; Gottschalk, Kurt W., eds. Proceedings, Central Hardwood Forest Conference (8<sup>th</sup>, 1991; University Park, PA). USDA, Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station. Gen. Tech. Rep. NE-148. pp. 157 - 178.
- M<sup>c</sup>CLENAHEN, J.; M<sup>c</sup>CARTHY, N. 1984. Containerized establishment of pin oak on wet sites. *Ohio Report* 69 (5): 74 – 76.
- M<sup>c</sup>QUILKIN, R. 1975. Pruning Pin Oak. In USDA Forest Service Research Paper. North Central Forest Experiment Station. NC 121. 5 p.
- \_\_\_\_\_. ; MUSBACH, R. 1977. Pin oak acorn production on green tree reservoirs in southeastern Missouri. *Journal of Wildlife Management* 41: 218 - 225.
- \_\_\_\_\_. 1990. *Quercus palustris* Muenchh. pin oak. In Burns, Russell M.; Honkala, Barbara H., tech. coords. *Silvics of North America. Hardwoods*. Agriculture Handbook n° 654; v 2, pp. 709 – 714
- MESSENGER, S. 1983. Soil pH and the foliar macronutrient/micronutrient balance of green and interveinally chlorotic pin oaks. *Journal of Environmental Horticulture* 1: 99 - 104.
- \_\_\_\_\_. 1984. Treatment of chlorotic oaks and red maples by soil acidification. *Journal of Arboriculture* 10 (4): 122 - 128.

- MINCKLER, L.; M<sup>c</sup>DERMOTT, R. 1960. Pin oak acorn production and regeneration as affected by stand density, structure, and flooding. University of Missouri Agricultural Experiment Station, Research Bulletin n° 750. 24 p.
- \_\_\_\_\_. 1965. Pin oak (*Quercus palustris* Muenchh.). In Fowells, H. A comp Silvics of forest trees of the United States,. USDA Forest Service, Agriculture Handbook n° 271. pp. 603 - 606.
- MOSER, B. 1978. Progress report-research on root regeneration. New Horizons Horticultural Research Institute. pp. 18 - 24.
- NEELY, D. 1980. Tree fertilization trials in Illinois. Journal of Arboriculture 6 (10): 271 – 273.
- NEWLING, C. 1990. Restoration of bottomland hardwood forests in the lower Mississippi Valley. Restoration & Management Notes 8 (1): 23 - 28
- NIXON, K. 1993. Infrageneric classification of *Quercus* (*Fagaceae*) and typification of sectional names. Annales des Sciences Forestières, 50 (Suppl 1): 25 - 34.
- OLSON, D. 1974. *Quercus* L. oak. In Schopmeyer, C., ed. Seeds of woody plants in the United States. USDA Forest Service. Agriculture Handbook n° 450. pp. 692 - 703.
- PANSHIN, A.; DE ZEEUW, C. 1980. Textbook of wood technology. Structure, identification and uses of the commercial woods of the United States and Canada. 722 p.
- PERALTA, M. 1976. Uso, clasificación y conservación de suelos. Santiago, Chile. Servicio Agrícola y Ganadero. 340 p.
- PONDER, H. 1975. The relationship of trickle irrigation to growth and root distribution of shade trees and to fertilizer injection. Dissertation Abstracts International 36 (6): 2553 – 2554.

- \_\_\_\_\_.; KENWORTHY, A. 1976a. Trickle irrigation of shade trees growing in the nursery: I. Influence on growth. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 101 (2): 100 – 103.
- \_\_\_\_\_. 1976b. Trickle irrigation of shade trees growing in the nursery: II. Influence on root distribution. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 101 (2): 104 – 107.
- PUTNAM, J. 1951. Management of bottomland hardwoods. USDA. Forest Service. Southern Forest Experiment Station. Occasional Paper n° 116. 60 p.
- RECORD, S.; HESS, R. 1949. *Timbers of the New World*. Yale University Press. 640 p.
- RHODENBAUGH, E.; YEISER, J.; STREET, J. 1994. Hardwood seedling tolerance to selected Oust treatments. Weed science education: the cost of ignorance. Proceedings of the annual meeting of the Southern Weed Science Society (47<sup>th</sup>, Dallas, Texas). pp. 98 – 103.
- ROBIN, C. 1992. Trunk inoculations of *Phytophthora cinnamomi* in red oaks. *European Journal of Forest Pathology* 22 (2-3): 157 - 165.
- ROGERS, R.; SANDER, I. 1989. Flooding, stand structure, and stand density and their effect on pin oak growth in southeastern Missouri. In Proceedings of The Biennial Southern Silviculture Research Conference (5<sup>th</sup>. 1989, New Orleans). USDA. Forest Service. Southern Forest Experiment Station. General Technical Report n° SO – 74. pp. 299 – 320.
- SANCHO, R.; MARFURT, T. 1972. The growth of *Quercus palustris* in the Paraná Delta. IDIA, Suplemento Forestal 7: 77 – 84.
- SHOUP, S.; REAVIS, R.; WITHCOMB, C. 1978. Effects of pruning and fertilizers on establishment of bareroot deciduous trees. USA. Agricultural Experiment Station, Oklahoma State University Research Report n° P-777. pp. 18 – 19.

---

\_\_\_\_\_. 1980. Effects of pruning and fertilizers on establishment of bareroot deciduous trees. *Seed and Nursery Trader* 78: 5, 37, 39.

---

\_\_\_\_\_. 1981. Effects of pruning and fertilizers on establishment of bareroot deciduous trees. *Journal of Arboriculture* 7 (6): 155 – 157.

SMITH, D. 1984. The effects of greentree reservoir management on the development of basal swelling damage and on the forest dynamics of Missouri's bottomland hardwoods. Dissertation Ph.D.. University of Missouri-Columbia. 126 p.

STEINKELLNER, H.; LEXER, C.; TURETSCHKE, E.; GLOSSL, J. 1997. Conservation of (GA)n microsatellite loci between *Quercus* species. *Molecular Ecology* 6 (12): 1189 – 1194.

TACKETT, E.; GRAVES, D.; GRAVES, D. 1983. Evaluation of direct seeding of tree species on surface mine spoil after five years. *Proceedings Symposium on Surface Mining, Hydrology, Sedimentology and Reclamation 1983*. pp. 437 – 441.

TESKEY, R.; HINCKLEY, T. 1977. Impact of water level changes on woody riparian and wetland communities. The central forest region. U.S. Department of the Interior, Fish and Wildlife Services, FWSOBS - 7760. V. 3. pp. 36.

---

\_\_\_\_\_. 1978. Impact of water level changes on woody riparian and wetland communities. Eastern deciduous forest region. U.S. Department of the Interior, Fish and Wildlife Service, FWSOBS - 7887. V. 4. pp. 54.

TIMBAL, J.; LEFEBVRE, C. 1995. Seasonal changes in water potential and the growth of young *Quercus rubra* and *Quercus palustris* plants during soil drought. *Annales des Sciences Forestieres* 52 (1): 67 – 79.

- THOMSON, P.; ANDERSON, R. 1976. An ecological investigation of the Oakwood Bottoms Greentree Reservoir in Illinois. In Fralish, J.; Weaver, G.; Schlesinger, R., eds. Central hardwood forest conference: Proceedings of a meeting (1976; Carbondale, Illinois). Southern Illinois University. pp. 45 – 64.
- TOWNSEND, A. 1989. The search for salt tolerant trees. *Arboricultural Journal*. 13 (1): 67 -73.
- TUGUSHI, K. 1989. Prospects of using short – rotation plantation forestry. *Lesnoe Khozyaistvo* 3: 14 – 17.
- UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE. 1998. Diversificación forestal: costos, usos y productos forestales. Informe de avance. Proyecto Diversificación de plantaciones forestales con especies de interés económico. 20 p. + anexos.
- UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE. 1999. Estudio Tecnológico de *Quercus palustris*. Proyecto Diversificación de Plantaciones Forestales con Especies de Interés Económico. 25 p.
- UNIVERSITY OF TORONTO. 1981. Canadian woods: their properties and uses. Mullins, E.; McNight, T. (eds). 389 p.
- USDA. Forest Service. 1948. Woody-plant seed manual. Miscellaneous Publication n° 654. 303 p.
- \_\_\_\_\_. 1985. Insects of Eastern forests. Miscellaneous Publication n° 1426. 608 p.
- \_\_\_\_\_. 1991. Important forest trees of the Eastern United States. FS - 466. 111 p.
- VOGEL, W. 1977. Revegetation of surface-mined lands in the East. In Forests for people: A challenge in world affairs: Proceedings of the Society of American Foresters 1977 National Convention (1977; Albuquerque, NM.). Washington, DC. Society of American Foresters. pp. 167 – 172.

- WADE, G.; THOMPSON, R.; VOGEL, W. 1984. Success of trees and shrub in an 18 year old planting on mine spoil. USDA. Forest Service. Northeastern Forest Experiment Station. Research Paper n° NE – 567. 10 p.
- WALTERS, C.; REISS, W. 1977. Predicting modulus of rupture from modulus of elasticity for small. Clear specimens of oak and cottonwood. Forest Products Journal 27 (6): 51 – 53.
- WARREN, S.; SKORCH, W. 1991. Evaluation of six herbicides for potential use in tree seed beds. Journal of Environmental Horticulture 9 (3): 160 – 163.
- WATSON, G.; HIMELICK, E. 1982. Root distribution of nursery trees and its relationship to transplanting success. Journal of Arboriculture 8 (9): 225 – 229.
- \_\_\_\_\_. 1994. Root growth response to fertilizers. Journal of Arboriculture 20 (1): 4 – 8.
- \_\_\_\_\_. 1996. Tree root system enhancement with paclobutrazol. Journal of Arboriculture 22 (5): 211 - 217.
- WERKEN, H. 1978. Response of shade tree species planted in groves to spacing, gravel on plastic mulch, and turf. Tennessee Farm and Home Science 107: 2 - 5.
- WHITE, W. 1969. Forest tent caterpillar defoliation survey on the Oakwood Bottoms, Shawnee National Forest. USDA Forest Service, Northeastern Area State and Private Forestry, D-8-69. 2 p.
- WHYTE, L.; FORD, R. 1980. Damage appraisal of horned oak gall on pin oak in Oakwood Bottoms greentree reservoir, Shawnee National Forest. USDA Forest Service, Northeastern Area State and Private Forestry. Damage Appraisal NA-FB/P-9. 4 p.

WITTWER, R.; GRAVES, D.; CARPENTER, S. 1979. Establishing oaks and Virginia pine on Appalachian surface mine spoils by direct seeding. *Reclamation Review* 2 (2): 63 – 66.

WITTWER, R.; CARPENTER, S.; GRAVES, D.; GRAVES, D. 1981. Survival and growth of oaks and Virginia pine three years after direct seeding on mine spoils. *Proceedings 1981 symposium on surface mining hydrology, sedimentology and reclamation*. pp. 1 – 4.



**INFOR**  
Instituto Forestal



**FONDEF**