

Nogal común (*Juglans regia*)

Una alternativa para producir madera de alto valor

Verónica Loewe M.¹
Marta González O.²

Santiago, Mayo 2001

1. Ing. Forestal, Universidad de Chile. Especialización Producción de Maderas Nobles (U. Bolonia, Italia), MP A (U. Harvard, E.E.U.U.)
2. Ing. Forestal, Universidad de Chile.

I.S.B.N.: 956-7727-70-8

Registro Propiedad: 119.111

Diseño y Diagramación: Unidad de Diseño FUCOA, Ministerio de
Agricultura

Impresión:

Mayo, 2001

La información que entrega el presente documento es resultado de los proyectos "Nuevas especies para una diversificación productiva del sector forestal", que INFOR desarrolló entre 1995 y 1998 y "Silvicultura de especies no tradicionales, una mayor diversidad productiva" en ejecución entre 1998 y 2003. Dichos proyectos, así como la publicación de este documento, fueron impulsados y contaron con el financiamiento de la Fundación para la Innovación Agraria (FIA).

Las autoras agradecen la participación de las Ing. Forestales Sras. Alejandra Mery y María Eugenia Camelio por su participación en la elaboración inicial de este documento.

INDICE

1.	ANTECEDENTES GENERALES	11
1.1	DESCRIPCIÓN DEL ÁRBOL	11
1.2	DISTRIBUCIÓN NATURAL	11
1.3	DISTRIBUCIÓN EN CHILE	12
1.3.1	Distribución actual	12
1.3.2	Distribución potencial	12
1.4	ASPECTOS REPRODUCTIVOS	18
1.5	ASPECTOS GENÉTICOS	18
1.6	VARIETADES FRUTALES	20
1.6.1	Varietas europeas y californianas	20
1.6.2	Varietas en Chile	27
1.7	VARIETADES FORESTALES	29
1.8	MICORRIZAS	30
2.	REQUERIMIENTOS ECOLÓGICOS	31
2.1	CLIMA	31
2.2	SUELO	32
2.3	TOPOGRAFÍA	36
3.	PLAGAS Y ENFERMEDADES	37
4.	SILVICULTURA Y MANEJO	47
4.1	PROPAGACIÓN	47
4.1.1	Reproducción sexual	48
4.1.1.1	Viverización a partir de semillas	48
4.1.1.2	Producción de plantas	50

4.1.2	Reproducción asexual	57
4.1.2.1	Cultivo in vitro	57
4.1.2.2	Producción de plantas vía injertos	60
4.2	ESTABLECIMIENTO	63
4.2.1	Preparación del terreno	63
4.2.2	Plantación	64
4.2.3	Densidad de plantación	65
4.2.4	Cuidados culturales	69
4.2.4.1	Trabajos posteriores a la plantación	69
4.2.4.2	Fertilización	70
4.2.4.3	Técnicas de diagnóstico nutricional	74
4.2.4.4	Control de malezas	75
4.2.4.5	Riegos	76
4.2.4.6	Otros	77
4.3	MANEJO	78
4.3.1	Crecimiento	78
4.3.2	Raleos	91
4.3.3	Podas	93
4.3.3.1	Podas con objetivo frutal	93
4.3.3.2	Podas con objetivo fruto forestal y forestal	95
4.3.4	Arquitectura del árbol en cultivos frutales	102
4.3.5	Cultivos asociados	103
4.3.6	Cosecha de frutos	111
4.4	RENTABILIDAD DE UNA PLANTACIÓN DE NOGAL	113
4.4.1	Con objetivo frutal	113

4.4.2	Con objetivo fruto - forestal	114
5.	PRODUCCIÓN	117
5.1	PRODUCCIÓN FRUTAL	117
5.1.1	Producción mundial	118
5.1.2	Producción nacional	121
5.1.3	Canales de comercialización nacional	127
5.1.4	Aprovechamiento y usos	130
5.2	PRODUCCIÓN DE MADERA	131
5.2.1	Características macroscópicas	134
5.2.2	Características microscópicas	135
5.2.3	Propiedades físicas	135
5.2.4	Propiedades mecánicas	135
5.2.5	Usos	137
5.2.6	Precios y mercados	137
5.2.7	Ciclo productivo del nogal	141
6.	POLÍTICAS DE FOMENTO	146
7.	POTENCIALIDAD ECONÓMICA DEL CULTIVO DEL NOGAL CON FINES MADEREROS	146

INDICE DE FIGURAS

Figura 1	:	Distribución potencial de nogal bajo riego, para las regiones V a X.	13
Figura 2	:	Plantación de nogal común con objetivo frutal en la VI región (Codegua), en caja de río, con manejo intensivo (fertirrigación con microaspersores).	33
Figura 3	:	Plantación de nogal común de 3 años en la VI región (Codegua), en caja de río, con manejo intensivo y objetivo frutal.	34
Figura 4	:	Hoja de nogal común con ataque de erinosis.	38
Figura 5	:	Ataque de peste negra en fruto de nogal común.	39
Figura 6	:	Disposición correcta de la nuez al momento de la siembra	49
Figura 7	:	Producción de plantas injertadas a raíz desnuda para establecer huertos frutales (INIA - Los Tilos).	51
Figura 8	:	Producción de plantas en maceta para establecer ensayos genéticos de nogal común (9 meses).	54
Figura 9	:	Disposición en terreno de la planta con tutor.	65
Figura 10	:	Diversas disposiciones de los árboles en una plantación pura (arriba) y mixta (abajo).	67
Figura 11	:	Incremento diamétrico según cuidados culturales (cm/año).	80
Figura 12	:	Incremento diamétrico según pendiente del terreno.	81
Figura 13	:	Incremento medio y corriente en DAP.	86
Figura 14	:	Incremento medio y corriente en altura.	86
Figura 15	:	Curvas de crecimiento ajustadas para el DAP y altura.	87
Figura 16	:	Curva de función de ahusamiento.	89
Figura 17	:	Curva de área basal.	90
Figura 18	:	Diagrama de extracción de árboles según esquemas de raleo	92
Figura 19	:	Diagrama de extracción de árboles para una plantación mixta de 2 especies (plantación no bloqueada)	93

Figura 20	: Diagrama de extracción de árboles para una plantación mixta de 4 especies (plantación no bloqueada)	93
Figura 21	: Poda de formación en nogal	97
Figura 22	: Relación entre altura libre de ramas y altura total del árbol según tipo de poda.	98
Figura 23	: Diámetro medio de la copa según tipo de poda.	99
Figura 24	: Poda de salvataje en nogal común de 2 años. Plegadura de ramas.	102
Figura 25	: Alternativas de cultivo del nogal	104
Figura 26	: Plantación fruto - forestal de nogal común en su segunda temporada, asociada a poroto. (Parral, VII región).	106
Figura 27	: Comparación del crecimiento de nogal con distintos tratamientos.	107
Figura 28	: Esquema de cultivo mixto de nogal y cerezo	109
Figura 29	: Plantaciones mixtas de nogal con especies arbóreas y arbustivas	110
Figura 30	: Plantación mixta de nogal común con olivo de bohemia a los 3 años de edad (Parral, VII región). Obsérvese la forma, estructura y vigor de los nogales.	111
Figura 31	: Canales de comercialización de la nuez. Mercado interno	128
Figura 32	: Utilización de las diversas partes del nogal	131
Figura 33	: Chapas elaboradas con madera «figurada» de nogal, de elevada demanda y valor.	134
Figura 34	: Muebles de oficina realizados con madera enchapada de nogal común (Italia).	141
Figura 35	: Trozas de excelente calidad de nogal común. Obsérvese los largos irregulares, dados por el manejo de cada árbol en forma individual y por la maximización del aprovechamiento de la madera.	143
Figura 36	: Chapas de nogal de calidad óptima. Las chapas de un árbol son clasificadas en lotes para su uso armónico en la elaboración de muebles que combinen el diseño de la veta en sus diferentes componentes.	144

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1	: Superficie potencial para nogal común con riego en Chile (hectáreas)	12
Cuadro 2	: Características de las principales variedades europeas y californianas destinadas a la producción de nueces	21-26
Cuadro 3	: Distribución de variedades de nogal (por región y superficie)	28
Cuadro 4	: Tipología y disposición potencial de los sectores aptos para nogal en Italia	35-36
Cuadro 5	: Principales enfermedades de nogal	37
Cuadro 6	: Plagas que afectan al nogal en Chile en plantaciones nuevas y adultas	44
Cuadro 7	: Altura, diámetro e inclinación del fuste de plantas de Juglans regia	50
Cuadro 8	: Composición de distintos sustratos en contenedores	54
Cuadro 9	: Resultados de parámetros morfológicos según tipo de sustrato	55
Cuadro 10	: Resultados de altura total media (cm) según tipo de sustrato y edad	55
Cuadro 11	: Características morfológicas para diferentes sustratos	58
Cuadro 12	: Peso fresco de embriones en distintos medios de cultivo "in vitro"	58
Cuadro 13	: Resultados obtenidos después de 45 días de cultivo de embriones en sustratos MS con distintas dosis de BAP	59
Cuadro 14	: Efecto de diferentes medios de cultivo sobre la producción de brotes y elongación del tallo en híbridos entre nogal común y nogal negro	59
Cuadro 15	: Resumen de distanciamientos de plantación recomendados	69
Cuadro 16	: Recomendaciones de aplicación de nitrógeno y potasio en plantaciones de hasta cinco años en suelos agrícolas	71
Cuadro 17	: Recomendación de fertilización en nogales adultos con fines frutales	72
Cuadro 18	: Recomendaciones de fertilización según producto y ubicación geográfica en Chile (kg/ha)	73
Cuadro 19	: Niveles estándares de elementos nutritivos en materia seca de hojas de nogal	74
Cuadro 20	: Características dendrométricas de plantaciones analizadas en el norte de Italia	79
Cuadro 21	: Crecimiento en altura y diámetro en nogales de 5 años en Italia	82
Cuadro 22	: Desarrollo de nogal común plantado en Chile	83
Cuadro 23	: Funciones de volumen para plantaciones de nogal común en Italia Central	84
Cuadro 24	: Promedios de DAP y altura por edad en árboles frutales	85
Cuadro 25	: Ajuste de parámetros de crecimiento estudiados	88
Cuadro 26	: Valores obtenidos para el ajuste del ahusamiento	90
Cuadro 27	: Volúmenes según Smalian obtenidos para cada árbol	91

Cuadro 28	: Comparación entre tipos de poda	99
Cuadro 29	: Rentabilidad de producción de nueces	114
Cuadro 30	: Esquemas de manejo para diferentes tecnologías productivas	115
Cuadro 31	: Precios de los productos de nogal en el mercado nacional e internacional utilizados en la evaluación económica	116
Cuadro 32	: Resultado de la evaluación económica en el escenario internacional a una tasa de descuento del 10 % y un DAP de 40 cm a la edad de cosecha	116
Cuadro 33	: Rendimiento de producción de nueces	117
Cuadro 34	: Producción mundial de nueces en Miles de toneladas (periodo 1979 - 1999)	119
Cuadro 35	: Principales exportadores de nueces	120
Cuadro 36	: Producción mundial de nueces. Periodo 1998 - 2000 (toneladas esperadas)	121
Cuadro 37	: Rendimiento de nueces según densidad de plantación	122
Cuadro 38	: Producción de nueces de exportación por región	123
Cuadro 39	: Exportación de nueces	123
Cuadro 40	: Superficie de huertos industriales	124
Cuadro 41	: Superficie de Nogales en Chile por Región	124
Cuadro 42	: Producción en huertos	125
Cuadro 43	: Destino de la producción nacional de nueces (toneladas)	126
Cuadro 44	: Chile: precios nominales promedio de exportación de nueces (US\$ FOB /kg)	126
Cuadro 45	: Composición nutritiva de la nuez (%)	131
Cuadro 46	: Composición nutritiva de 100 g de nuez seca comestible	132
Cuadro 47	: Propiedades físico - mecánicas para nogal común en Chile	136
Cuadro 48	: Volumen y valor de las exportaciones de madera aserrada de nogal, desde los EE.UU., por país de destino (1996 - 2000)	138
Cuadro 49	: Análisis económico de los principales negocios posibles derivados del cultivo de nogal con fines madereros en Chile	148
Cuadro 50	: Impactos a nivel nacional que tendría el desarrollo de los principales negocios derivados del cultivo del nogal con fines madereros	149
Cuadro 51	: Evolución posible del negocio de venta de plantas certificadas de nogal para madera, considerando elementos estratégicos de mercado	150
Cuadro 52	: Evolución posible del negocio de venta de madera de nogal, o sus derivados, considerando elementos estratégicos de mercado	150
Cuadro 53	: Estimación de la magnitud del negocio de venta de plantas certificadas para producir madera de calidad	151
Cuadro 54	: Estimación de la magnitud del negocio de venta de madera de nogal	152

N O G A L C O M U N

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁRBOL

Es un árbol vigoroso, que puede alcanzar alturas entre 24 a 31 m y diámetros entre 60 a 90 cm y hasta de 1,5 m de tronco sólido, alto, recto, que se abre en una copa amplia y frondosa; su hábito es majestuoso. Las hojas son compuestas, alternas, de 20 a 40 cm de largo, formado por 5 a 9 folíolos de 6 a 15 cm, caducas, de forma ovalada o elíptica, de un color verde intenso, olor balsámico y sabor amargo astringente.

Cuando joven, el tronco posee una corteza lisa de color gris plateado; la madera es compacta y con un hermoso veteado. El nogal es una especie de rápido crecimiento aceptada por los agricultores desde hace varios siglos, pues produce frutos valiosos (US\$ 1,81/Kg en Francia) y madera de alta calidad (50.000 m³/año en Francia, Grecia, Italia y España, con un valor medio en pie de US\$ 544/m³) (Jay-Allemand, 1996).

Esta especie, comúnmente llamada "nogal inglés o común", pertenece a la familia botánica Juglandaceae y al género *Juglans*. Es una de las especies más conocidas y difundidas de la familia, de interés tanto agrícola como forestal, ya que produce frutos comestibles muy apreciados y madera de un alto valor requerida para la producción de muebles de estilo y objetos artesanales; actualmente es una de las maderas más cotizadas en el mercado europeo. En general, las Juglandaceae tienen gran importancia económica por la producción de maderas valiosas y de frutos apreciados en todo el mundo. El género *Juglans* está entre los más empleados por dichas características (Malvolti *et al.*, 1997).

1.2 DISTRIBUCIÓN NATURAL

Su origen estaría en la región oriental de Europa y en Turquía, Irak, Irán, Afganistán y parte del sur de Rusia, aunque existe la hipótesis de que sea originario de China, o del macizo del Himalaya, desde donde se habría difundido a los demás países europeos (Forte, 1982). En los Estados Unidos fue introducido hace un siglo, tanto en California como en el Medio Oeste³.

Actualmente su distribución abarca desde el paralelo 10° al 50° de latitud norte, donde juega un rol significativo en la economía agroforestal tanto por la producción de frutos como de madera (Fornari *et al.*, 1999).

3. www.hort.purdue.edu/newcrop/NewCropsNews/94-4-1/nuts.html

1.3 DISTRIBUCIÓN EN CHILE

1.3.1 Distribución actual

Las plantaciones frutales actualmente se distribuyen entre la III a IX región, concentrándose entre la IV a la VII Región. De Talca al sur y en las zonas costeras se encuentran individuos aislados (Barriga *et al.*, 1991). La mayor parte de las nueces se produce en la zona central del país, específicamente en las regiones Metropolitana, V y VI. Estas tres regiones aportan el 89% de la producción total de los huertos industriales, concentración que se debe principalmente a las condiciones favorables de clima y suelo.

No existen plantaciones forestales de la especie en Chile.

1.3.2 Distribución potencial

Aplicando una metodología que utiliza Sistema de Información Geográfico (SIG), INFOR determinó la superficie potencial desde la V a X región del país donde nogal común podría crecer. Dicha metodología considera los requerimientos ecológicos de la especie (edáficos, climáticos y altitudinales) y las características de la zona de estudio; entre estos últimos, antecedentes climáticos (precipitación anual, humedad relativa, evapotranspiración potencial, temperaturas y meses secos entre otras), de suelo (drenaje, textura, profundidad, otras) y topográficos, los que son integrados y analizados con la asistencia de un Sistema de Información Geográfica y de Bases de Datos Relacionales (INFOR - FIA - FONSIP, 1998). En el Cuadro 1 se indican las superficies totales por región potencialmente aptas para el cultivo del nogal común en Chile.

CUADRO 1

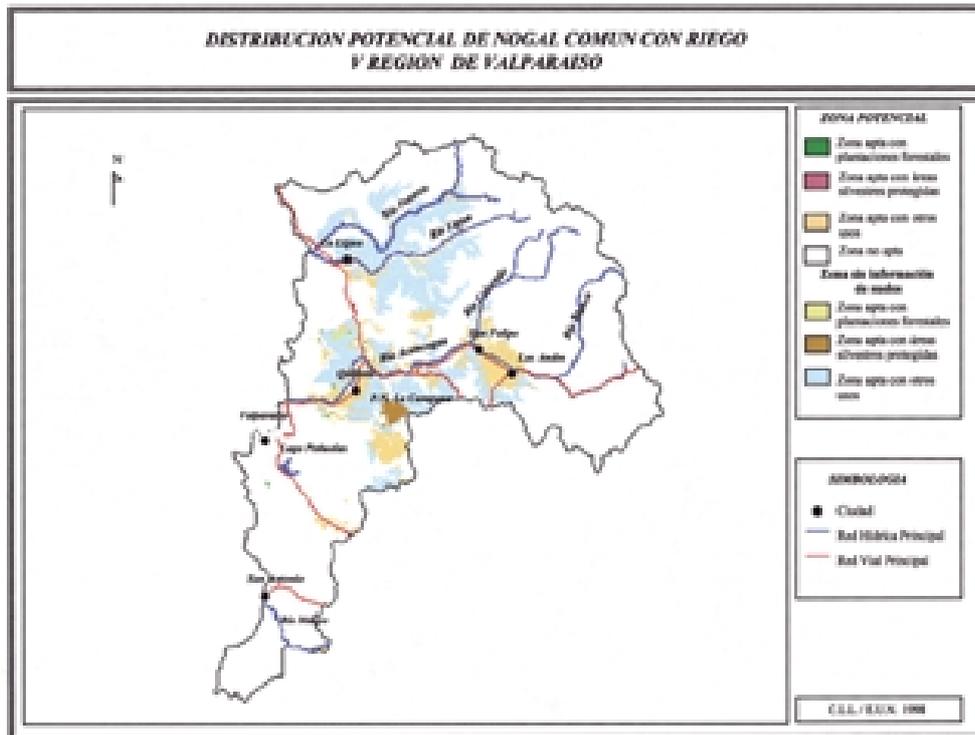
SUPERFICIE POTENCIAL PARA NOGAL COMÚN CON RIEGO EN CHILE (HECTÁREAS)

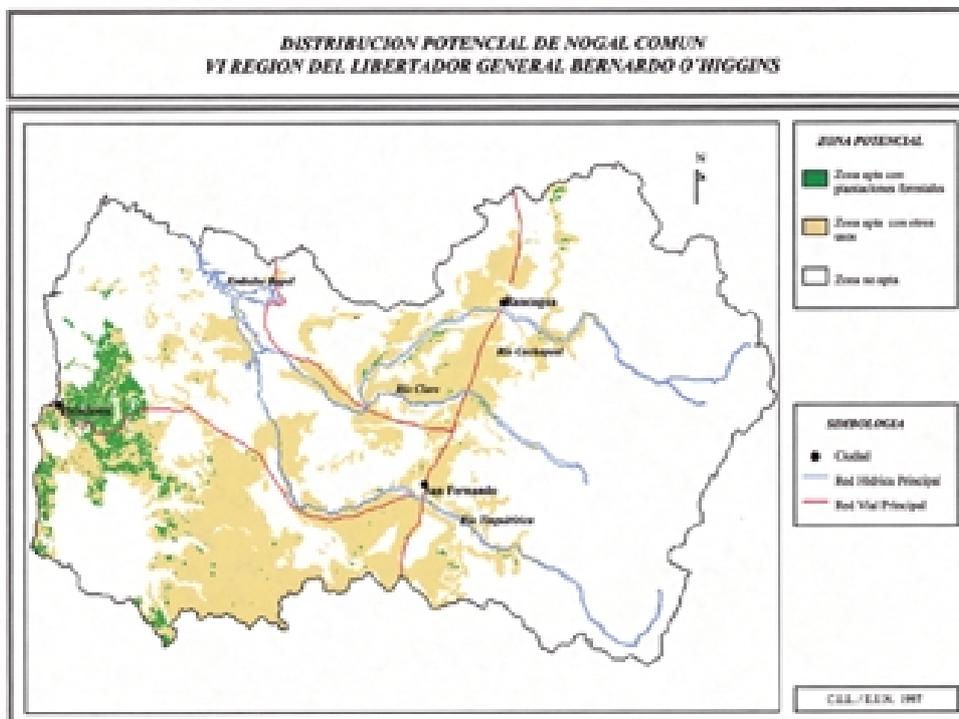
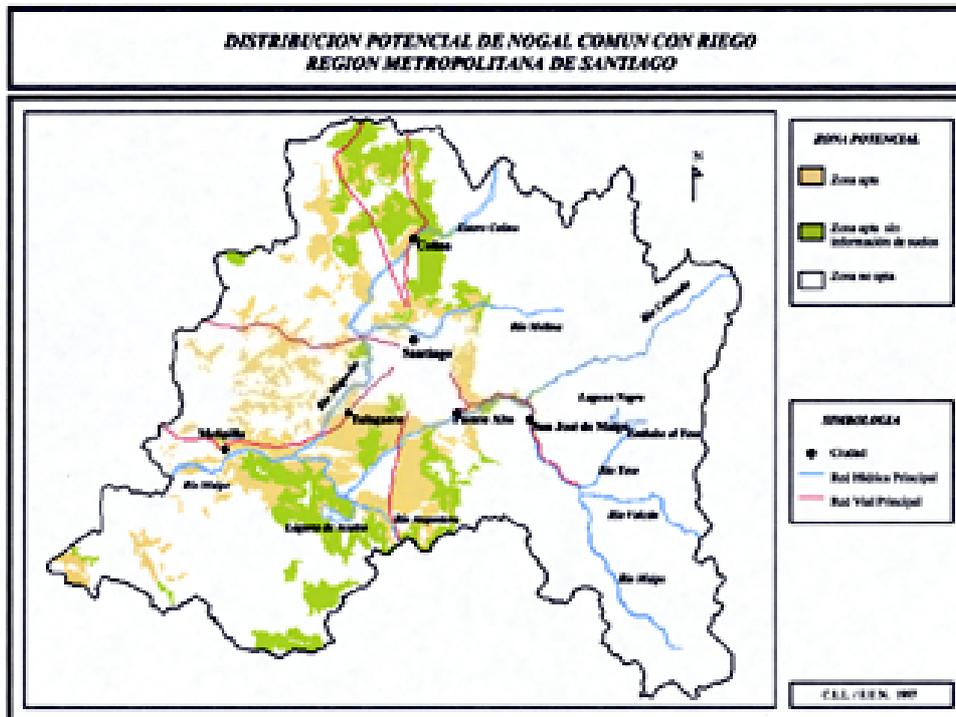
Región	Superficie potencial total	Superficie potencial sobre plantaciones forestales	Superficie potencial sobre bosque nativo	Superficie potencial sobre ASP ⁴	Superficie potencial sobre otros usos
V	97.232	766	0	6	96.460
Metropolitana	177.339	0	0	0	177.339
VI	460.343	36.675	0	24	423.644
VII	1.159.091	200.129	98.817	740	859.405
VIII	1.088.721	257.229	85.712	0	745.781
IX	957.151	90.508	80.107	86	786.450
X	342.477	17.370	116.041	11.133	197.932
TOTAL	4.282.354	602.677	380.677	11.989	3.109.672

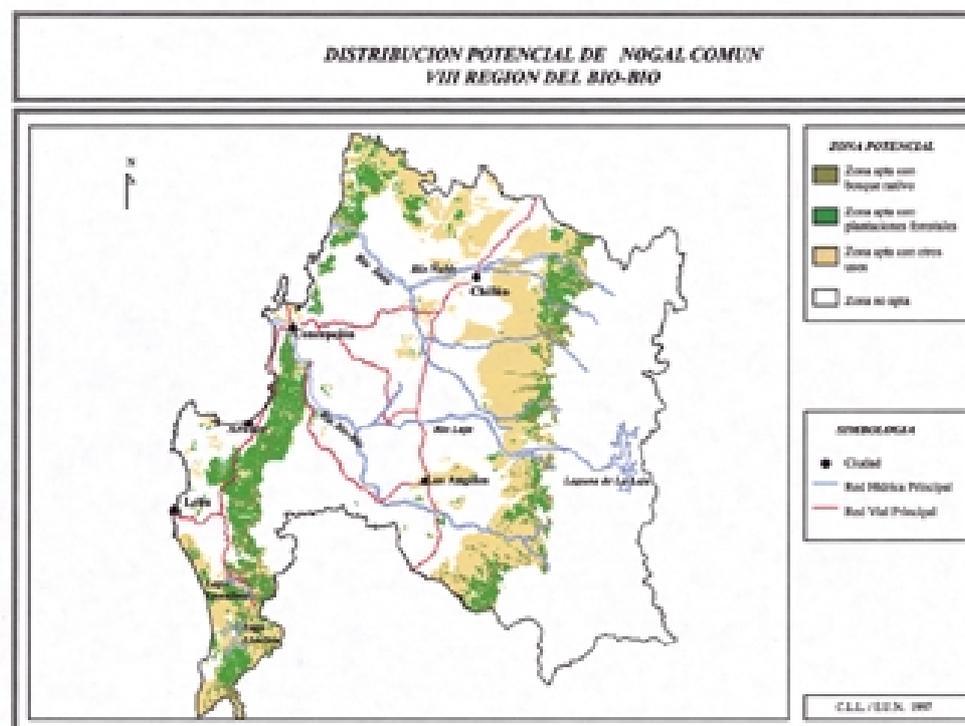
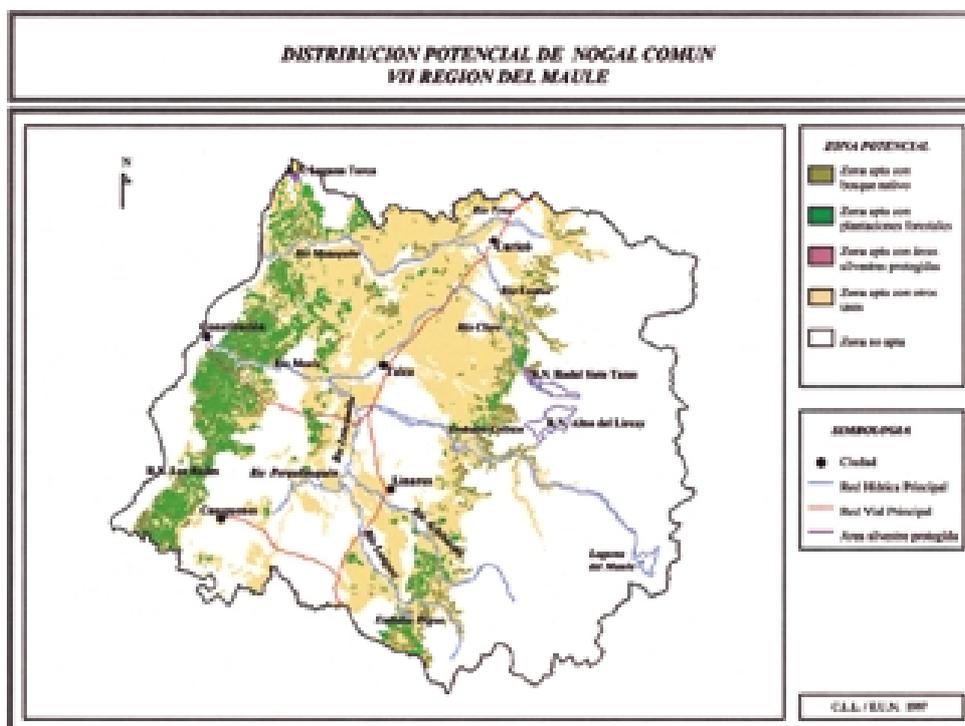
Fuente: Loewe *et al.*, 1999.

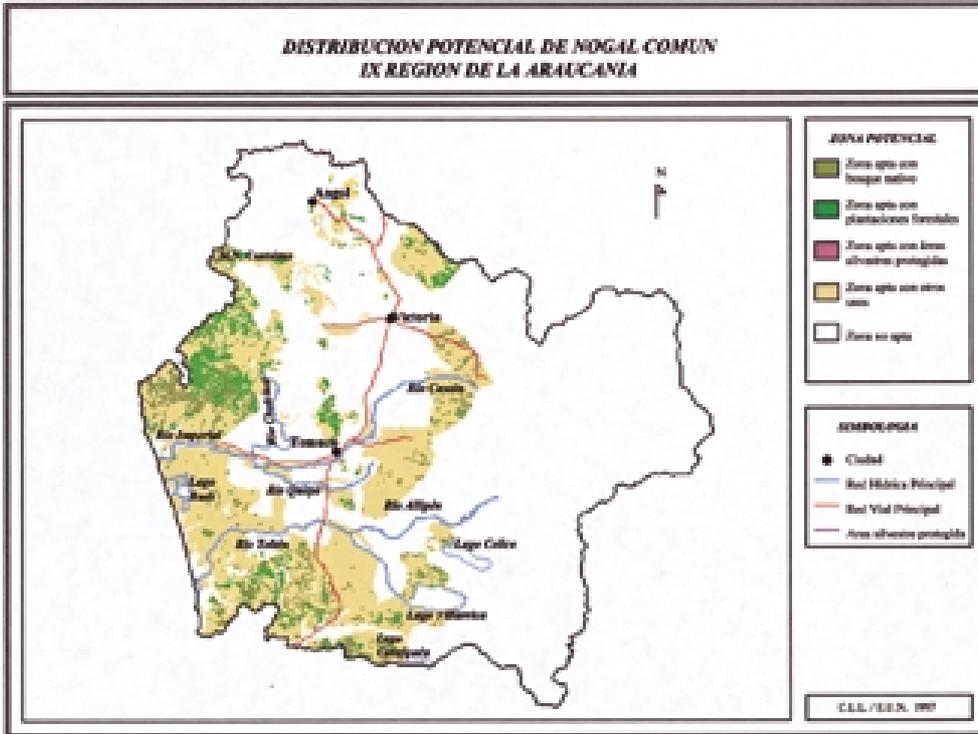
4. ASP: Areas Silvestres Protegidas

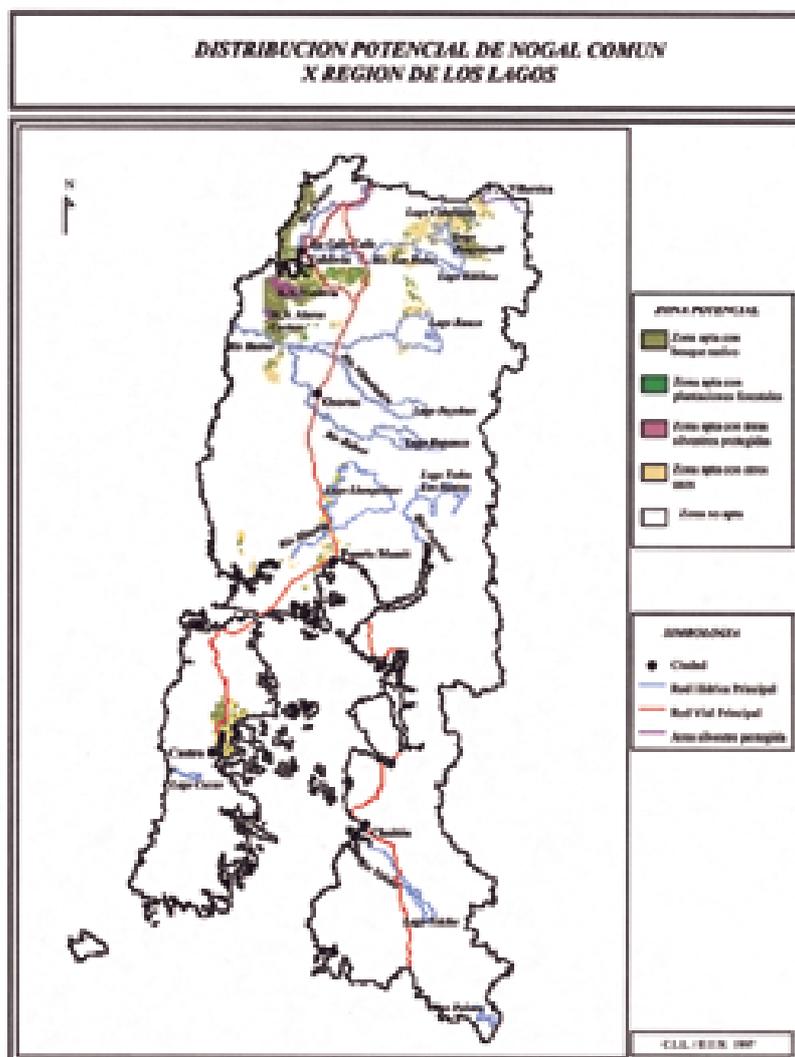
De acuerdo al Cuadro 1, la zona potencial para la especie comprende desde la V a la X regiones, debido a que aún en el extremo sur se han detectado buenos crecimientos, y se han identificado zonas favorables para el cultivo de la especie. En la Figura 1 se muestra la distribución potencial de la especie, bajo riego, para las regiones V a X.











Fuente: INFOR - FIA - FONSIP, 1998.

Figura 1: Distribución potencial de nogal bajo riego, para las regiones V a X.

Las superficies que se indican han sido corregidas considerando la presencia de plantaciones forestales, bosque nativo y áreas silvestres protegidas, incorporándose al Sistema de Información Geográfica. Sin embargo, se debe hacer la salvedad que estas zonas no incluyen restricciones como uso de la tierra, capacidad de uso del suelo e infraestructura, entre otras, lo que unido a la escala de trabajo sólo permite obtener superficies indicativas de la distribución potencial de la especie basándose en clima y suelo, por lo que los datos no se pueden traducir directamente en superficie útil para plantación. Debido a ello el usuario debe adoptar esta información sólo como una guía en la distribución potencial de la especie y validarla según su realidad local.

Es necesario señalar que este estudio se realizó sólo para condiciones de riego, por lo que no se evaluaron limitantes como precipitaciones anuales o mensuales; esto debido a la vital importancia de un abastecimiento hídrico regular durante la temporada de verano.

1.4 ASPECTOS REPRODUCTIVOS

El período vegetativo del nogal abarca en el hemisferio sur los meses de septiembre a abril, período en que completa todo el ciclo fenológico desde la emisión de flores, fructificación y crecimiento vegetativo. Específicamente la floración ocurre entre mediados de noviembre y principios de diciembre, mientras que la maduración de sus frutos es en el mes de marzo.

El nogal es una especie monoica, con pequeñas flores femeninas solitarias o reunidas de 2 a 4 en el extremo de los brotes del año; las masculinas se encuentran en amentos cilíndricos largos (5 a 15 cm), de color verde que se desarrollan en la madera del año anterior. Estos amentos se componen de numerosas flores dispuestas alrededor de un tallo central; cada una tiene un soporte central, dos pequeñas brácteas y aproximadamente cuatro sépalos verdes, dentro de los cuales se ubican entre 10 y 20 estambres que dispersan el polen con ayuda del viento.

La especie presenta dicogamia, fenómeno que consiste en una diferencia de los períodos de maduración de las flores de ambos sexos. El tipo de dicogamia que presenta nogal es proándrica, es decir, cuando las flores masculinas tienden a dispersar polen antes que las flores femeninas estén receptivas.

El fruto es una drupa de forma globosa, de color verde con algunas manchas oscuras; el exocarpio es carnoso y fibroso, que cuando madura libera el endocarpio leñoso, es decir, la nuez propiamente tal; ésta está constituida por dos valvas que encierran la semilla, formada por una delgada cutícula y dos cotiledones de consistencia oleo-carnosa, irregulares divididos en cuatro por un diafragma cartilaginoso, pero unidos en su parte central.

1.5 ASPECTOS GENÉTICOS

La historia del *Juglans regia* está estrechamente relacionada a la historia del hombre, tanto así como para ser considerada una de las especies arbóreas más difundidas pero a la vez más antropizadas. La antropización causa profundos cambios en los recursos genéticos de la especie, ya que altera la variabilidad genética; a su vez el potencial evolutivo y la plasticidad de la especie dependen de la cantidad y de la estructura de la variabilidad genética a nivel intraespecífico (Malvolti *et al.*, 1997).

La capacidad de un individuo de adaptarse a situaciones ambientales distintas y cambiantes depende de su grado de heterosis⁵, a mayor variabilidad entre individuos, mayor es la capacidad adaptativa de la especie. Por ello la conservación de la variabilidad genética significa la salvaguardia de la adaptabilidad a nivel de especie (*Op. cit.*).

5. Fenómeno por el cual los híbridos superan en vigor a sus progenitores.

Aunque la auto-polinización puede ocurrir en nogal, la heterodigamia⁶ pareciera promover una casi completa polinización abierta, por lo que el monto de autogamia⁷ es bajo (Malvolti *et al.*, 1995). Las elevadas tasas de inter cruzamiento parecen sugerir que el intercambio genético no está limitado por la distancia entre los árboles.

Estudios de genética de poblaciones muestran niveles de diversidad genética y diferenciación más bajos en nogal que en otras plantas difusamente cultivadas, lo que refleja un significativo monto de erosión genética que ha sufrido la especie, principalmente en Europa (Malvolti *et al.*, 1991; Malvolti *et al.*, 1997; Fornari *et al.*, 1999). Los antecedentes obtenidos en dicho estudio soportan la tesis de un origen Europeo en tiempos post-glaciales. Los alelos identificados en Europa y Asia proporcionan información de interés para el desarrollo de programas de recuperación y conservación de la diversidad genética de esta difundida y amenazada especie desde el punto de vista genético (*Op. cit*).

La manipulación humana permitió una rápida difusión del nogal, pero ello afectó su estructura genética, con una pérdida de diversidad y una diferenciación decreciente. En una especie multipropósito como el nogal, más allá de la erosión causada por la propagación de los mejores árboles productores de fruto, el sesgo en contra de la buena producción de madera debe ser considerado, pues se ha procedido a extraer los árboles más valiosos por su madera, con el consiguiente remanente de árboles de calidad inferior que se han ido reproduciendo (floreo).

Actualmente no existen poblaciones naturales de nogal común, salvo probablemente en la provincia Xinjiang, China. A pesar de ello, plantas silvestres, nacidas de semilla local están distribuidas en todas las zonas agrícolas de Europa. En ausencia de poblaciones naturales, para fines de estudios genéticos, Fornari *et al.* (1999) consideraron que una población está constituida por plantas separadas por una distancia máxima de 10 km.

Los últimos 30 años han sido marcados por una neta intensificación del cultivo del nogal para fruto en Europa, particularmente en Francia, y en Norteamérica, específicamente en California. Esta evolución se ha traducido en un aumento de las densidades de plantación, la formación de las copas a baja altura, protección fitosanitaria y al desarrollo de una serie de investigaciones sobre mejoramiento genético para fruto, tanto a nivel de variedades como de porta injertos.

Colecta, plantaciones experimentales y estudios genéticos con fines forestales fueron desarrollados en el ámbito del primer proyecto europeo (1993 - 1995) considerando 500 árboles (*Juglans regia*, *J. nigra* y su híbrido) en varios países de Europa, donde fueron cosechadas nueces y púas. Dicho programa de mejoramiento genético desarrollado en Francia, Alemania, Grecia, Italia y España usó alrededor de 20.000 genotipos reproducidos en viveros, con los que se instalaron 40 ensayos (Jay-Allemand, 1996). Información de interés será obtenida de futuras evaluaciones de dicho material.

6. Polinización de una flor por medio de polen de distintas flores.

7. Polinización de una flor por medio de su propio polen.

Programas de mejoramiento genético han empezado a obtener plantas de rápido crecimiento, resistentes a enfermedades y con buena calidad de madera, siendo la forma y la arquitectura de los árboles una característica valiosa para la producción de ésta (Malvolti y Spada, 1997).

La manipulación genética de la especie ha logrado producir nogales a los cuales se les ha introducido el gen Bt (*Bacillus thuringiensis*), el que permite a los árboles producir una potente proteína que mata muchos insectos destructivos cuando están en su estado de larva. Su uso podría traducirse en una reducción de aspersiones con productos químicos en los huertos frutales, y en una disminución de la cantidad de productos químicos a utilizar para proteger las nueces almacenadas en bodegas, supermercados y otros (Wood, 1991).

1.6 VARIEDADES FRUTALES

1.6.1 Variedades europeas y californianas

A continuación se señalan algunas características de las principales variedades europeas y californianas destinadas a la producción de frutos.

CUADRO 2

CARACTERÍSTICAS DE LAS PRINCIPALES VARIEDADES EUROPEAS Y CALIFORNIANAS DESTINADAS A LA PRODUCCIÓN DE NUECES

Variedad	Origen	Vigor	Brotación	Floración	Maduración	Polinizadores	Sensibilidad al ataque de bacterias	Nuez	Rendimiento (%)	Observaciones
Corne	Corrèze, Francia	Vigorosa a muy vigorosa	2 días antes que Franquette	Femenina y masculina tardías	Tardía	Ronde de Montignac, Meylannaise	Mediana	Oblonga a elíptica, calibre mediano, color claro, sabor muy fino	35 - 40, extracción difícil	Rústica. Apta para suelos poco profundos
Franquette	Notre Dame, Francia	Elevado	30 días después de Payne	Tardía	Tardía	Meylannaise	Sensible en Europa. En Chile muy baja*	De calibre extra (Pepa (9,96 gr.), buena calidad, pequeña, de color extra claro	45 - 50	Buena productividad. Resiste heladas
Grandjean	Dordogne, Francia	Elevado	6 días antes de Franquette	Ambas precoces	Precoz	Franquette, Grosvert	Sensible	Oblonga a elíptica, bajo calibre, excelente calidad, color claro y sabrosa	44 - 50, extracción muy fácil	Producción generalmente buena
Grosvert	Saint-Laurent La-Vallée, Francia	Elevado	2 días después de Franquette	Ambas tardías	Tardía	Medianamente sensible	Baja	Globosa, oblonga, calibre pequeño, clara, buena calidad (ligeramente inferior a Grandjean)	43 - 50, fácil extracción	Muy productiva. Puede servir como nuez de guarda en periodos de heladas primaverales
Lara	Semillero natural de Payne	Medio a bajo	8 días antes de Franquette	Ambas precoces	Precoz	Franquette	Sensible	Gruesa y globosa, clara, buena calidad, un poco desabrida	52 - 55, fácil extracción	Productividad buena a muy buena, superior a Franquette. Se destina a zonas libres de heladas y suelos ricos
Marbot	Francia	Medio a débil	10 días antes de Franquette	Ambas precoces	Precoz	Franquette	Elevada	Globosa, desabrida	41 - 47, fácil de extraer	Productividad buena

* Astorga E. 2001. Com. pers.

Variedad	Origen	Vigor	Brotación	Floración	Maduración	Polinizadores	Sensibilidad al ataque de bacterias	Nuez	Rendimiento (%)	Observaciones
Mayette	Isère, Francia	Elevado	4 días antes de Franquette	Ambas tardías	Precoz	Franquette, Meylannaise y Ronde de Montignac	Elevada, al igual que a Antracnosis	Ovoide, clara, buen sabor	40 - 47, fácil extracción	Productividad buena; variedad en retroceso
Maylannaise	Meylan, Francia	Elevado	Tardía, 3 días después de Franquette	Tardía	Tardía		Sensible	Clara, buena calidad	42 - 49	Productividad buena y constante
Parisienne	Francia	Elevado	Media	Masculina media, Femenina tardía	Tardía	Meylannaise, Ronde de Montignac	Poco sensible	Color ámbar claro (pepa 5,6 g.)	45 - 47	
Ronde de Montignac	Montignac, Francia	Elevado	Tardía, 7 días después de Franquette	Tardía	Tardía a muy tardía		Poco sensible	Clara, buena calidad, calibre medio	42 - 47	Productividad buena
Soleze	Marbot, Francia	Ligeramente más vigorosa que Franquette; interesante para lomajes	10 días antes de Franquette	Ambas muy precoces	Precoz	Franquette	Sensible	Oblonga a elíptica, blanca, buena calidad, calibre elevado	42 - 48, extracción fácil	Productividad buena
Geisenheim 139	Alemania, Europa del Este	Elevado	Precoz a muy precoz, 15 días antes de Franquette	Femenina precoz, masculina tardía	Muy precoz	Adams 10, y en menor medida Chase D-9	Muy sensible	Calibre medio, globosa, oblonga, color claro y buena calidad	42 - 48	Productividad equivalente a la media de las francesas
Lieb Mayette 103	Europa del Este				Precoz					Productividad equivalente a la media de las francesas
Sorrento	Napoles, Italia	Elevado	Precoz a muy precoz	Media	Tardía a medianamente tardía	Hartley y Franquette	Poco sensible	Mediana (fruto 11,2 gr. y pepa 5,5 gr.), muy clara, tierna, sabor agradable, delicado y crocante	49,7	Resiste fríos invernales, apta para climas continentales

Variedad	Origen	Vigor	Brotación	Floración	Maduración	Polinizadores	Sensibilidad al ataque de bacterias	Nuez	Rendimiento (%)	Observaciones
Sisibel 39	Transilvania, Europa del Este	Elevado	13 días antes de Franquette	Ambas precoces	Tardía	Geisenheim 139, Spurgeon y Franquette		Gruesa, globosa, buena calidad	48 - 54, fácil extracción	Productividad equivalente a la media de las francesas. Apta para climas invernales rigurosos
Adams 10	Oregón, EE.UU.	Elevado, estructura semirígida	10 días antes de Franquette	Ambas muy precoces	Tardía	Spurgeon, Geisenheim 139 y Franquette	Baja	Ovoide, color oscuro, muy sabrosa, calibre grueso	45 - 52	Apta para climas continentales; resiste fríos invernales, rústica, productiva
Amigo	Sharkey x Marchetti Davis California, E.E.U.U.	Bajo medio	13 días después de Payne	Ambas media	Precoz, a comienzo de marzo	Producción de polen tardía, por lo que es favorecida por la polinización de variedades más tempranas	Sensible	Casi esférica, forma irregular, tamaño medio, calibre extra (fruto 10,7 gr. pepa 8,04 gr.), calidad buena, clara	53	Usada principalmente como polinizador de otras variedades
Ashley	California, EE.UU.	Bajo medio	Precoz, 2 días después de Payne	Precoz	Precoz	Variedades más tardías	Sensible	Media (6 gr.). Calidad de semilla y rendimiento mejor que Payne, pero requiere más horas de frío	51	Yemas laterales muy fructíferas
Chandler	California, EE.UU.	Medio	Tardía, 16 días después de Payne	Media	Media Tardía	Variedades más tardías Franquette	Media	Ovalada, mediana (pepa 7 gr.), muy buena calidad, color más claro de todas las variedades californianas	48-52	Abundante brotación de yemas laterales. Rendimiento muy abundante en árboles de vigor mediano

Variedad	Origen	Vigor	Brotación	Floración	Maduración	Polinizadores	Sensibilidad al ataque de bacterias	Nuez	Rendimiento (%)	Observaciones
Chase D-9	Oregón, EE.UU.	Elevado, estructura semirígida	3 semanas antes de Franquette	Ambas precoces	Precoz	Adams 10, Sisibel 39	Baja	Oblonga a ovoidal, oscura y sabrosa, color claro, calibre extra (pepa 11,8 gr.)	49 - 52	Apta para climas continentales, productividad notable
Chico	Sharkey x Marchetti Davis California, E.E.U.U.	Medio, los árboles son pequeños y rectos	3 a 4 días después de Payne	Masculina precoz Femenina media	Precoz a media	Variedades más tardías	Sensible	Casi esférica, extra clara, mediana (pepa 7,5 gr), calidad buena	50	Si se deja de podar produce nuez pequeña debido a la sobre producción
Eureka	California, EE.UU.	Elevado	7 días después de Payne	Masculina muy precoz Femenina media	Intermedia	Variedades más tardías	Media	Grande (hasta 9 gr.), alargada, buena calidad	47 - 50	Arboles muy grandes
Gustine	Waterloo x Payne Davis California, E.E.U.U.	Medio	Precoz, 3 días después de Payne	Precoz	Intermedia	Variedades más tardías (Hartley)	Sensible	Gruesa (5,8 gr.), ovalada, clara y de buen sabor	49,8	Muy productiva
Hartley	California, EE.UU.	Medio	16 días después de Payne	Masculina media Femenina tardía	En Chile a mediados de marzo	Variedades más tardías (Amigo, Franquette)	Muy sensible	Forma de corazón, extra clara, de calibre extra (6,0 - 6,3 gr.)	43 - 46	Fácil de cultivar, requiere poca poda. Produce hasta 5.000 kg/ha
Howard	California, EE.UU.	Medio	15 días después de Payne	Precoz	Intermedia	Variedades más tardías Franquette	Sensible	Casi esférica, pepa grande (7,5 a 8 gr.), buena calidad	49-54	Arboles de menor tamaño que el nogal promedio
Lompoc	Waterloo x Payne Davis California, E.E.U.U.	Vigorosa, árboles alcanzan gran tamaño	Igual a Payne	Intermedia	Media tardía	Variedades más tardías		Grandes, de buena calidad si producidas en climas fríos. Peso fruto 12 gr., y de la pepa 7,5 gr. Color claro, sabor agradable, delicado y crocante	54	No tolera altas temperaturas, por lo que se adapta a zonas costeras

Variedad	Origen	Vigor	Brotación	Floración	Maduración	Polinizadores	Sensibilidad al ataque de bacterias	Nuez	Rendimiento (%)	Observaciones
Marchetti	Payne x Eureka		Media, 6 a 7 días después de Payne	Media	Media	Variedades más tardías		Mediana (6,4 gr.)	52	Se adapta bien a ambientes con temperaturas altas y zonas áridas
Midland	Franquette x Payne	Elevado	Media, 12 días después de Payne	Media	Media	Variedades más tardías	Sensible a las bacterias y a las quemaduras estivales en zonas cálidas	Subovalada, grande (fruto 11,8 gr. y pepa 6,7 gr.), clara, buen sabor	50	Copa amplia, fructifica parcialmente en yemas laterales
Payne	California, EE.UU.	Elevado	Precoz	Precoz	Precoz	Variedades más tardías (Hartley y Franquette)	Muy sensible a las bacterias y susceptible a heladas, peste negra y quemaduras por sol	Mediana de calibre extra (pepa 10,15 gr.), extra clara, excelente sabor, crocante y delicado	50	Muy productiva (5.000 kg/ha), primera variedad con fructificación en yemas laterales
Pedro	Mayette x Payne Davis California, E.E.U.U.	En la juventud mediano, luego bajo	13 días después de Payne	Masculina precoz a media Femenina media a tardía	Media a tardía	Variedades más tardías (Amigo, Franquette)	Baja	Color claro, mediana (pepa 11,22 gr.), calidad buena en climas fríos pero se oscurecen y deshidratan en zonas calurosas	49	Baja tolerancia al calor. Alta productividad
Serr	Payne x PI 159568 Davis California, E.E.U.U.	Muy vigorosa	Precoz, un día después de Payne	Precoz	En Chile es la primera en madurar, desde fines de febrero	Variedades más tardías (Pedro, Hartley)	Es sensible a las heladas y a la peste negra. Resiste a la quemadura de sol	Grande, de calibre extra (pepa 9,88 gr.), extra clara	55 - 60	Variedad de muy rápido crecimiento. Producción baja a moderadamente alta, según la fertilidad del suelo

Variedad	Origen	Vigor	Brotación	Floración	Maduración	Polinizadores	Sensibilidad al ataque de bacterias	Nuez	Rendimiento (%)	Observaciones
Spurgeon	Washington, EE.UU.	Elevado	Tardía	Tardía	Tardía	Variedades más tardías (Meylannaise, Ronde de Montignac)	Baja	Gruesa, ovoide oblonga	42 - 48	Productividad media. Resistente al frío por lo que se adapta en altitud y en áreas continentales
Sundland	California, EE.UU	Elevado en la juventud, luego decrece	Precoz 2 días después de Payne		Media a tardía	Variedades más tardías	Baja	Grande (pepa 9 - 11 gr.), muy buena calidad color light, light ambar. Nuez muy larga y con buen sello	56-60	Por sus características está generando gran interés en el sector productivo
Tehama	Franquette x Payne Davis California, E.E.U.U.	Elevado, árboles alcanzan gran tamaño	10 días después que Payne	Masculina media Femenina media tardía	En Chile madura junto a Hartley, media estación	Variedades más tardías (Hartley y Franquette)	Poco sensible	Calidad buena, mediana (pepa 7 gr.)	51	Muy productiva, requiere poda para evitar sobreproducción. Apta para zonas con peligro de heladas
Vina	Franquette x Payne Davis California, E.E.U.U.	Elevado, requiere poda anual para prevenir sobre producción	8 días después de Payne	Masculina precoz Femenina media	En Chile a principios de Marzo	No requiere, excepcionalmente Pedro	Sensible	Forma de corazón, de calibre extra (pepa 8,37 gr.), de color claro	51	Tolera altas temperaturas estivales, muy productiva
Nugget		Medio	Precoz	Ambas medias	Media			Color ámbar medio, calibre extra (pepa 14,6 gr)	42	
Trinta	Gustine California, E.E.U.U.	Medio elevado	Medianamente precoz	Ambas medias	Media	Chico	Medianamente precoz	Color ámbar claro, calibre extra (pepa 14,6 gr)	45	Alta productividad

Las variedades francesas se adaptan principalmente a climas continentales (Germain *et al.*, 1975 cit. por Radicati *et al.*, 1983) mientras que las variedades americanas se adaptan preferentemente a climas templados y cálidos (Serr, 1969; Tamponi y Manzo, 1980; Bellini y Ponchia, 1980).

1.6.2 Variedades en Chile

- Variedades europeas y americanas:

El nogal ha sido propagado y cultivado en Chile por siglos. Las primeras semillas las trajeron los españoles, y posteriormente inmigrantes europeos. Mucho más tarde, en 1928, se introdujeron colecciones varietales con las variedades más destacadas de la época (*Payne, Eureka, Placencia, Erhart* desde California; *Franquette, Mayette y Lorne* desde Francia). Prácticamente todos los huertos que hay en Chile se obtuvieron de semillas de estas variedades importadas, lo que ha hecho difícil el manejo de los huertos por su falta de estandarización, lo que ha llevado a tener problemas en el control de plagas y enfermedades, poda y cosecha. Sin embargo, esto ha hecho que el país cuente con un banco de germoplasma único en el mundo, con una amplia variabilidad genética, aspecto de gran valor a la hora de iniciar un programa de mejoramiento genético.

Lo anterior ha permitido la selección de variedades apropiadas para diferentes condiciones de sitio, destacándose en el ámbito frutícola algunas compactas, las que se caracterizan por una alta carga lateral, lo que se traduce en una mayor productividad (Astorga, 1991).

Astorga y Astorga (1983) señalan que el problema más serio de los nocedales chilenos tradicionales es su bajo rendimiento. Esto se observa aún en huertos bien ubicados y con excelente manejo. Por ello se ha sugerido la rehabilitación de plantaciones, seleccionando aquellos nogales del mismo lugar que reúnan las condiciones más favorables en producción, calibre, resistencia a *peste negra*, tamaño, etc. Recientemente se han comenzado a establecer huertos frutales a alta densidad (5 x 5m), que se manejan en forma mecanizada⁸.

El detalle de las principales variedades existentes en el país y su superficie se presenta en el Cuadro 3, pudiendo apreciarse que *Eureka, California* y *Payne's Seedling* son las principales en términos de superficie.

8. Lira, J. (2000) Ingeniero Agrónomo. Gerente de producción Exportadora Anakena (Comunicación personal)

CUADRO 3

DISTRIBUCIÓN DE VARIEDADES DE NOGAL (POR REGIÓN Y SUPERFICIE)

Variedad	Región Metropolitana	V Región	VI Región	VII Región	Total (sup. há)
Sin información	584,99	113,65	185,37	32,67	916,68
Payne's Seedling	528,63	98,91	131,87	-	759,41
Eureka	849,21	306,20	517,51	5,04	1.677,96
Aconcagua	32,32	72,97	-	-	105,29
California	617,07	722,75	438,74	6,25	1.784,81
Chilenos	121,19	5,45	7,34	4,32	138,30
Franquette	17,24	13,48	21,44	-	52,16
Mayette	0,78	2,40	3,14	-	6,32
Payne	64,95	118,84	54,50	-	238,29
Serr	223,92	100,56	56,36	-	380,84
Tehama	42,22	15,04	6,01	-	63,27
Hartley	55,54	6,97	59,73	-	122,14
Vina	36,93	-	18,23	-	55,16
Ajo-19	1,09	-	-	-	1,09
Amigo	0,31	-	0,59	-	0,90
Chico	2,84	-	-	-	2,84
San Juan 12	5,44	-	-	-	5,44
President	25,11	-	-	-	25,11
Pascal 1	1,54	-	-	-	1,54
Pascal 2	1,54	-	-	-	1,54
Rosales 1	1,54	-	-	-	1,54
Rosales 2	1,54	-	-	-	1,54
Everhard	-	0,60	-	-	0,60
Pedro	-	0,26	5,06	-	5,32
T-Astorga 75-5	1,91	-	-	-	1,91
T-Astorga 19-3	1,46	-	-	-	1,46
R-Astorga-3	2,43	-	-	-	2,43
Total	3.221,74	1.578,08	1.505,89	48,28	48,28

Fuente: Catastro Frutícola Nacional CIREN-CORFO. Actualización 1989-90 cit. por Astorga, 1991

Datos actualizados por variedad no se encuentran disponibles actualmente.

- Variedades compactas y enanas

Los nocedales en Chile han sido campos experimentales de formación de nuevas variedades, seleccionándose e injertándose en nogales adultos y en vivero gran número de cultivares traídos de diversas partes del país.

Así se han identificado variedades *Compactas*, que en estado adulto alcanzan aproximadamente entre 6 y 10 m de altura, con una superficie variable de cobertura de copa de acuerdo con su morfología genética. Es así como aquellos que tienen la tendencia a abrirse toman la forma de copa

o *sauce*. Otras variedades tienen tendencia a desarrollar en forma definida un eje central dominante, sinuoso o a veces bastante recto. A lo largo de este eje nacen las diferentes ramas primarias, lo que les da una forma piramidal que permite a la planta tener mayor luminosidad y aumentar la densidad de plantas por hectárea.

Las variedades *Enanas* son de pequeño desarrollo; su altura no alcanza más de 6 m en adultos, y generalmente tienden a presentar la forma piramidal.

Dentro de las variedades *compactas* destacan:

- S. Astorga 538: Alcanza una altura de 9 a 10 m en su estado adulto. Ocupa una superficie en estado adulto de aproximadamente 75 m² y su rendimiento es de 1,0 a 1,5 kg/m². No presenta dicogamia y tiene cierta resistencia a heladas y alta resistencia a la bacteriosis. Se puede plantar a 12 x 12 m como mínimo en los suelos más fértiles y su densidad puede disminuir en suelos de calidad inferior.
- S. Astorga 3: Cultivar compacto mediano cuya altura adulta es de 7 a 8 m. Tiene una producción desde los 7 años de más o menos 20 kg/árbol. Esta variedad se puede plantar a 8 x 8 m. Parece tener una alta resistencia a heladas y bacteriosis.

Dentro de las *enanas* destacan:

- S. Astorga 62: El árbol adulto tiene una altura de 5 m y ocupa una superficie de 12 m². Tiene una producción media a los 6 años de 2,5 kg/m². Es un tanto susceptible a peste negra y más susceptible a erinosis que otras variedades (Barriga *et al.*, 1991).

Entre los tipos de nogales que se están seleccionando en el país, están los *piramidales*, que varían en tamaño desde enanos, que ocupan a los 15 a 20 años una superficie entre 6 a 18 m², a unos de gran tamaño que a la misma edad ocupan una superficie de 30 m². A los 46 años este tipo de nogal ocupa una superficie de 60 a 80 m², en circunstancias que los tradicionales ocupan entre 140 a 240 m², lo que permitiría una plantación mucho más densa. Debido a su forma y a su ramificación corta tienen muy buena exposición al sol y una carga generalizada en todo el árbol, lo que los hace altamente productivos.

1.7 VARIEDADES FORESTALES

Existen cinco patentes de variedades forestales de nogal reconocidas en el ámbito internacional a través de la International Union for the Protection of New Varieties (UPOV), organización a la cual Chile se suscribió en el año 1996.

Estas patentes fueron desarrolladas en Francia. Al respecto se sabe que el INRA desarrolló la tecnología para micropropagar nogal, la que ha podido ser aplicada solamente a algunos de los clones

seleccionados por su aptitud forestal, los que se están comercializando en forma masiva por un vivero de alta tecnología que tiene hasta la fecha la exclusividad del material certificado.

Las patentes existentes en nogal común corresponden a las variedades:

- Fernette, 4/6/1997, INRA
- Fernor, 4/6/1997, INRA
- Liba, 2/1/1997, Societe des Mais Europeens
- Chereba, 2/1/1997, Societe des Mais Europeens
- Noba, 21/12/1998, CTIFL.

1.8 MICORRIZAS

Estudios realizados por Shemajanova y Mazur (1968) señalan que el nogal desarrolla una micorriza endotrofa⁹ de tipo ficomicético¹⁰, observando además que las raíces con micorrizas y las desprovistas de ellas son distinguibles en forma visual por la naturaleza de las ramificaciones y el tamaño y forma de las extremidades micorrizadas. Las extremidades de la micorriza tienen forma lanceolada o de cepillo, adquiriendo un color pardo oscuro casi negro, que se ramifica en forma de racimo.

La penetración del hongo en las raíces de la planta es posible a través de la epidermis desde la rizósfera¹¹ o por el mesoderma¹², al pasar de una micorriza antigua a una raíz nueva, recién emitida. La difusión del micelio¹³ se produce sólo en forma intracelular.

En primavera comienzan a crecer las micorrizas que invernarón. En esta misma época se observa el contagio más intenso de las raicillas jóvenes. En verano, período de formación de los frutos, muy rara vez se observa el contagio de las extremidades de la raíz desde el exterior. En otoño, al término del período vegetativo, se puede observar el brote de micorrizas antiguas, la formación de nuevas raicillas y el contagio de éstas últimas.

La micorriza puede formarse hasta 1 m de profundidad. A partir de los 40 cm la intensidad de formación de micorrizas disminuye gradualmente. La mayor concentración de micorrizas se produce a una profundidad de 5 a 30 cm; en la superficie del suelo (hasta 5 cm) no se observan micorrizas.

La formación de micorrizas endotróficas depende en gran medida de las condiciones del medio ambiente. Un desarrollo óptimo de la micorriza durante todo el período vegetativo se observa con 40 a 55% de la capacidad de retención de humedad del suelo y con un suministro moderado de fósforo. Un 25% de humedad parece desfavorable.

9. Hongo micorrizógeno que penetra en las células del hospedante, y de la micorriza que resulta de la unión de ambos.

10. Hongo con hifas filamentosas continuas, rara vez tabicadas.

11. Cuerpo más o menos redondeado en que queda incluida la totalidad de las raíces de una planta.

12. Parte de la corteza comprendida entre la endodermis y un límite externo.

13. Aparato vegetativo o talo de los hongos, formado por filamentos, más o menos agrupados, denominados hifas.

2. REQUERIMIENTOS ECOLÓGICOS

2.1 CLIMA

Las condiciones óptimas para nogal se dan en climas montañosos de valles cordilleranos o lomajes suaves a los pies de la cordillera, con baja humedad relativa, para evitar la enfermedad bacteriana *peste negra* de los frutos u hojas. En Chile este clima se encuentra a más de 600 msnm.

Temperatura:

El nogal requiere de cierta cantidad de horas de frío acumuladas (aproximadamente entre 400 a 1.000 hr dependiendo de la variedad) para salir del receso y así fructificar normalmente en la temporada siguiente. A la vez, es exigente en calor durante su período vegetativo, requiriendo al menos de seis meses en que la temperatura media alcance los 10 °C. Temperaturas demasiado elevadas (40 °C) provocan quemaduras, deshidratación del fruto y defoliación parcial de la planta. Debido a estas exigencias algunos autores señalan que la especie es sensible a los fríos primaverales tardíos, siendo catalogada como una especie *adicta al calor*. En cambio otros autores la consideran resistente al frío.

En cuanto a la temperatura mínima de invierno generalmente soporta -20°C sin presentar daños, siempre que estas temperaturas se alcancen en forma gradual. Algunas variedades californianas soportan temperaturas de -10 a -11 °C.

Heladas:

El nogal común presenta sensibilidad a las heladas tardías de primavera por lo que no se adapta bien a las zonas de fondo de valle donde estos fenómenos son muy frecuentes. Es conveniente evitar las heladas tardías en primavera (octubre - noviembre), sobre todo en plantas jóvenes, ya que afectan las flores y frutos pequeños. Las heladas tempranas en otoño también pueden ocasionar pérdidas en los brotes terminales, algunos de los cuales pueden llevar flores femeninas, lo que disminuye la producción frutal. Sin embargo, el vigor del árbol no se ve perjudicado por las heladas, por lo que resulta posible cultivar el nogal con objetivos madereros en aquellas zonas donde las condiciones climáticas no favorecen la producción frutal (Denci *et al.*, 1982). Al respecto Popov (1983) señala que las heladas primaverales tardías son la causa principal del deterioro de los brotes jóvenes, hojas y flores, disminuyendo de esta forma las probabilidades de desarrollo de nuevos órganos reproductivos; también se retarda la germinación de las semillas. La muerte de los brotes jóvenes ocurre al descender la temperatura bajo los -4°C y el de las flores bajo -1°C; el deterioro está directamente relacionado con el desarrollo de la foliación y floración al momento de producirse la helada.

En Bulgaria, el peligro por deterioro provocados por heladas tardías probablemente sea la causa por la cual no se utiliza en plantaciones forestales masivas, y que se prefiera para ello el nogal negro. En Estados Unidos y parcialmente en Francia las plantaciones para producción de madera son establecidas en base a esta última especie.

Precipitaciones:

Requiere un mínimo de 700 mm anuales, distribuidos a lo largo del año, sin embargo en climas con estación estival seca puede disponer de la humedad suficiente, gracias a su sistema radical pivotante.

Para una adecuada fructificación, el nogal requiere de un régimen pluviométrico mínimo de 700 u 800 mm anuales. Para asegurar una buena producción de frutos de buen tamaño es necesario contar durante el período vegetativo con una disponibilidad hídrica de 100 a 150 mm mensuales. Una prolongada sequía en primavera - verano produce frutos pequeños, defoliación anticipada, y puede incidir negativamente en la formación y desarrollo de la yema floral. Tolerancia a la humedad, pero prefiere sitios donde en verano el aire es seco y el suelo permanece fresco.

Humedad Relativa:

Una elevada humedad ambiental o la presencia de neblinas favorece el ataque de fitoparásitos y bacterias. En suelos sueltos y ventosos, el nogal frecuentemente se encuentra sometido a estrés hídrico debido a la escasa capacidad de retención de agua del suelo y a la transpiración excesiva.

2.2 SUELO

La bibliografía en general menciona que el nogal es uno de los frutales más exigentes. Requiere suelos profundos, con buena estructura, bien drenados, ricos en sales minerales, provistos de calcio y bien aireados, ya que sus raíces penetran el perfil del suelo hasta una profundidad de 1,5 a 3,0 m dependiendo del clima y textura del suelo, alcanzando mayor profundidad en zonas de altas temperaturas y menor en climas más suaves. Prefiere suelos de textura franca, no muy ácidos (pH 6,5 a 7,5 es lo óptimo) descartando aquellos suelos con pH < 6,0; con pH superiores a 8,0 pueden presentarse problemas de clorosis. Requiere de un subsuelo permeable.

Los nogales presentan una notable sensibilidad a terrenos inundables y una escasa adaptabilidad a terrenos compactados. El exceso de humedad del suelo y el estancamiento de agua puede ocasionar desde una disminución de la producción de frutos hasta la muerte de las plantas a causa de la pudrición del sistema radicular.

Las raíces alcanzan su mejor desarrollo en suelos de textura media con materia orgánica y libre de sales. Concentraciones mayores de 0,1% de sodio y de 0,25 a 0,30% de cloro pueden dañar los nogales. En las regiones áridas y semiáridas es preciso planificar el riego antes de la plantación de huertos frutales.

En suelos arenosos, el desarrollo radicular se ve limitado ya que hay una menor fertilidad natural y baja retención de humedad y, en suelos arcillosos por su menor capacidad de aireación. El desarro-

llo de las raíces alcanza a más del doble del diámetro que ocupa la copa a los árboles de 12 años de edad. Esto le permite al árbol aprovechar los nutrientes y el agua en un extenso sector del suelo. En suelos delgados, con capas impermeables, nogal muestra inmediatamente un subdesarrollo y su copa adquiere un aspecto deforme o achatado.

En conclusión, se deben evitar las siguientes situaciones negativas para su desarrollo: suelos poco profundos, salinos, con elementos demasiado finos, es decir, limo-arenosos o areno-limosos; arcillosos con escaso drenaje o sometidos a inundaciones; con pH muy elevado (8 a 9) ya que causa clorosis férrica; con pH bajo 6,0. En general, los factores limitantes corresponden a pobreza química y exceso de agua en el suelo.

En climas secos debe disponer de una adecuada humedad del suelo, es decir, de una napa freática a unos 80 cm de profundidad.

No obstante lo anteriormente mencionado, existen distintos tipos de situaciones donde nogal podría crecer en terrenos marginales, ayudando a recuperar dichas zonas. Uno de ellos, en Australia, indica que una plantación en suelo areno - limoso, donde se sembró *Lolium* para estabilizar el suelo y mejorar porosidad, y se aplicaron herbicidas para controlar malezas y riego con microjets se obtuvieron plantas de 2 m de altura y 3,2 cm de DAP al año de plantación.

En suelos marginales, los que hasta recientemente no eran considerados como aptos para el cultivo del nogal, la investigación ha abierto nuevas posibilidades, obteniéndose consistentemente buenos rendimientos.

Uno de estos casos ha sido observado en la VI región, Chile, donde una plantación frutal realizada en caja de río, con suelo arenoso, pobre y pedregoso, ha mostrado un desarrollo considerable (Figuras 2 y 3).



Figura 2: Plantación de nogal común con objetivo frutal en la VI región (Codegua), en caja de río, con manejo intensivo (fertirrigación con microaspersores).

Los casos citados hacen pensar que nogal no requiere suelos particularmente fértiles si se maneja la nutrición y el drenaje en forma adecuada, lo que abre una serie de nuevas potencialidades para la especie.



Figura 3: Plantación de nogal común de 3 años en la VI región (Codegua), en caja de río, con manejo intensivo y objetivo frutal.

En el Cuadro 4 se señalan la tipología y disposición potencial de los sectores más apropiados para nogal en Italia.

CUADRO 4

TIPOLOGÍA Y DISPOSICIÓN POTENCIAL DE LOS SECTORES APTOS PARA NOGAL EN ITALIA

Tipo	Tipología de suelo más frecuente	Flora nativa importante	Localización	Observaciones
1	Suelo rico en sustancias nutritivas, liviano, profundo, bien drenado, pH entre 6,5 a 7,5. Suelo sin capa dura, textura equilibrada y buena estructura, pH próximo a la neutralidad. Localización privilegiada para el riego.	Fresno, álamo, olmo, saúco negro, ortiga, ajo.	Valles, bordes de cursos de agua. Terrenos aluviales y desfiladeros.	Óptima en suelos de maíz y álamo. Cultivos intercalados frecuentes. Cuando existe la capa dura o permanente se puede utilizar maquinaria 1 a 3 veces al año. La continuación de la plantación en la fase inicial es excelente.
2	Suelo bien drenado, pero con estructura ligeramente compacta y tendiente a la acidez (pH > 5). Presenta un estrato con mala porosidad entre la napa y la superficie. Suelo arcillo-limoso, bien estructurado, profundidad de al menos 50 cm. Buena capacidad de retención hídrica. Suelo limo-arcilloso, profundidad de al menos 60 cm.	Fresno, olmo, arce, robinia. Saúco negro, ortiga, menta, avellano, ciruelo.	Valles, y pequeñas quebradas.	El hielo puede disminuir la potencialidad del sector. Al inicio son posibles los cultivos intercalados. El control de la maleza resulta obligatorio para asegurar una buena mantención de la plantación y una emergencia de la vegetación.
3	a) Terrenos neutros a ligeramente alcalinos, bastante profundos, pero con malas características estructurales, más bien pesados (arcillosos o con presencia de un estrato de arcilla compacto poco profundo, 50-55 cm). b) Terreno limoso con roca madre superficial y un estrato arcilloso poco profundo (50 cm); pH < 4,5. Permeabilidad media. c) Terreno con humus y textura media (limo-arcillo-arenoso o limo-areno-arcilloso) roca madre cristalina, profundidad > 70 cm.	Arce, cerezo, roble, avellano. Ciruelo o helecho aguilero en excelentes condiciones. Castaño en óptimo estado, fresno.	a) y b) Planos y altiplanos, partes altas de cerros, con pendiente < 30%. c) Partes más bajas de cerros.	Esta sitio limita la difusión del nogal común. El hielo lo puede excluir. Difícilmente es posible mejorar el terreno por medio de fertilización. La continuación de la plantación es difícil y toma 3 a 6 años iniciarla. Poco recomendable los suelos con características de porosidad desfavorable y con costras de arcilla impermeable. No es recomendable utilizar maquinaria pesada en terreno excesivamente limosos.

Tipo	Tipología de suelo más frecuente	Flora nativa importante	Localización	Observaciones
4	a) Suelo limoso, ligeramente ácido, con un estrato de arcilla poco profundo (50 cm), periódicamente sumergido. Dificultad de infiltración de agua. b) Suelo ácido (pH < 4,5) Permeabilidad media c) Suelo alcalino con pH entre 8,5 y 9,0 (exclusivamente localizado en la parte baja de cerros). d) Suelo compacto.	a) Roble, abedul, álamo. b) Junco, helecho aguileño.	a) Zona del llano y altiplano con sustrato limoso. b) Vertientes. c) Pendiente calcárea (terrenos viejos abandonados). d) Terrenos pesados.	Nogal común y nogal negro son excluidos. Se puede plantar nogal híbrido. Es preferible recurrir a otras especies. Desarrollo localizado de la vegetación, en las partes bajas de las vertientes.
5	Suelo ácido (pH 4,5) o alcalino (pH 8,5); demasiado permeable (arenoso); con estructura y porosidad alterada (compacta), de formación hídrica. Suelo con poca evolución, muy superficial (< 40 cm) o con capa superficial a menos de 70 cm de profundidad.	Flor del páramo, ciprés chico.	Regiones arenosas. Zona limosa ácida en terrenos con roca madre cristalina, Altiplano calcáreo superficial y en cerros áridos. Dificil infiltración del agua.	En estos terreno nogal común esta totalmente excluido.

Fuente: Modificado Del Sole, 1983; modificado de IDF 1983.

La información contenida en la Figura 1 (zonas potenciales en Chile) fue elaborada a partir de información de suelo, clima y requerimientos de la especie por lo que podría considerarse como una analogía a lo expuesto en el Cuadro 4.

2.3 TOPOGRAFÍA

Se desarrolla bien tanto en planicies como en colinas, hasta los 1.000 msnm si las exposiciones son soleadas y luminosas. Crece perfectamente bien en pendiente, siempre que encuentre suelos profundos (al menos 50 cm) y con napas freáticas. En general, los nogales no se desarrollan bien en zonas expuestas a vientos costeros.

La exposición no juega un papel determinante en altitudes intermedias (300 a 500 m.s.n.m) mientras que en altitudes mayores la especie prefiere laderas cálidas y resguardadas. Contrariamente, Kerr (1993), señala que laderas sombrías sobre el nivel al que ocurren las heladas son los sitios ideales para nogal.

Al respecto en Italia las plantaciones de nogal con objetivo frutal se pueden establecer a baja o mediana ladera, a una altitud no superior a los 400 msnm con exposición sur o suroeste; en cambio en plantaciones con objetivo fruto forestal este cultivo puede extenderse hasta los 700 msnm.

Martinet y Peloux (1994) señalan que en Europa se deben excluir por completo los sitios sobre los 600-700 msnm. Sin embargo en Chile, en la zona central, la especie presenta buenos desarrollos hasta los 1.100 msnm. En el Sector Queltehue del Cajón del Maipo se han establecido recientemente más de 150 hectáreas de nogales con alta tecnología a más de 1.350 msnm¹⁴.

3. PLAGAS Y ENFERMEDADES

Las enfermedades del nogal común son relativamente escasas en comparación con otras especies frutales. No obstante, se conocen algunas enfermedades de importancia económica, debidas tanto a bacterias como a hongos (Cuadro 5).

CUADRO 5

PRINCIPALES ENFERMEDADES DE NOGAL

Enfermedad	Agente causal	En Chile
Bacteriosis Peste negra Cáncer cortical Cáncer floemático Agallas de corona	<i>Xanthomonas campestris var. Juglandis</i> <i>Erwinia nigrifluens</i> <i>Erwinia ribrificiens</i> <i>Agrobacterium tumesfaciens</i>	Presente Ausente Ausente Presente
Fungosas Pudrición radicular Antracnosis Marchitamiento de brazos Melaxuna Pudrición del cuello Manchas foliares Verticilosis	<i>Armillaria mellea</i> <i>Gnomonia leptostyla</i> <i>Hendersonula toruloidea</i> <i>Dothiorella gregaria</i> <i>Phytophthora cinnamoni</i> <i>Phytophthora cactorum</i> <i>Phytophthora citrophthora</i> <i>Ascochyta juglandis</i> <i>Microstoma juglandis</i> <i>Verticillium arboratum</i>	Presente Presente Presente Presente Presente Presente Presente Ausente Ausente Presente
Posibles virosis "Black line"		Ausente

Fuente: Latorre, 1979.

En Chile, las patologías de mayor significación económica corresponden a la *peste negra* y a la *pudrición del cuello*.

En algunos ensayos establecidos por INFOR durante el período 1995 - 1998, se han observado ataques de erinosis en el período estival (Figura 4); ésta enfermedad es provocada por un ácaro

14. Astorga E. (2000). Ing. Agrónomo. Cascada de las Animas. Comunicación personal.

microscópico que se encuentra dentro del tejido foliar, no revistiendo mayor importancia económica¹⁵. Para su control, Bayer (s.f.) recomienda la aplicación en primavera de Folimat 1000 líquido en dosis de 60 cc por cada 100 litros de agua.



Figura 4: Hoja de nogal común con ataque de erinosis.

Peste negra del Nogal (Xanthomona juglandis)

La *peste negra* es una enfermedad de origen bacteriano con una amplia distribución mundial que ataca la vegetación anual del nogal, hojas, flores, frutos (Figura 5) y brotes. Nunca afecta a la madera de más de un año (Astorga, 1969). Las plantas en vivero presentan mayor susceptibilidad al ataque. La enfermedad es especialmente importante en aquellos cultivares de floración temprana, debido a que las condiciones existentes al inicio de la primavera generalmente favorecen la infección, así como los factores que se relacionan con la humedad (en forma de lluvias, lloviznas, neblinas prolongadas o rocíos; riegos dados con frecuencia innecesaria, anegación, riegos por platabandas o por tendido, en tazas o por aspersión) y el frío. Como consecuencia de ésta, inicialmente los tejidos afectados toman un aspecto acuoso y posteriormente se necrosan (muerte del tejido), adquiriendo un color café oscuro o negro, lo que le confiere el nombre de *peste negra*. En los brotes tiernos el ataque se inicia por el extremo y no supera los 2 cm; las hojas pueden llegar a morir por el daño producido a nivel del raquis o del pecíolo.

El ataque en el desarrollo frutal puede producirse en todas las etapas, desde los amentos e infección de la flor, hasta cuando la cáscara o epicarpio del fruto está por secarse. Las pérdidas de mayor

15. Joublan, J. P. (1999). Ing. Agrónomo. Universidad de Concepción (Comunicación personal)

consideración económica se producen como consecuencia de ataques tempranos debidos a la caída prematura de flores pistiladas o de frutos recién cuajados.



Figura 5: Ataque de *peste negra* en fruto de nogal común.

La bacteria pasa el invierno en brotes sanos y amentos en estado de latencia e infecta fácilmente los brotes a través de pequeñas heridas.

Prácticamente no existen medidas de orden sanitario que ayuden a prevenir el problema, excepto la eliminación en otoño de ramillas afectadas, para ello el control consiste en cortar las zonas dañadas, esterilizando las herramientas con formaldehído. Otra medida es la selección de cultivares con floración tardía, que por este motivo escapa de la enfermedad. El control se basa en proteger el crecimiento del año con algún compuesto cúprico, y eliminar (hasta fines de noviembre) las malezas altas y ramas de nogal cercanas al suelo, las que crean un ambiente favorable para la bacteria.

En general, se recomiendan como medidas preventivas el plantar en suelos con $\text{pH} > 6$; usar cultivares menos sensibles, como *Franquette*; evitar mojar el follaje al regar; evitar excesos de nitrógeno y no podar excesivamente.

En cuanto al control químico, Bayer (s.f.) recomienda aplicar Cupravit forte p.m. en dosis de 400 gr por cada 100 litros de agua en primavera. Además, señala que en zonas propensas se debe continuar el tratamiento, repitiéndolo después de cada lluvia.

Pudrición del cuello (Phytophthora sp.)

La enfermedad es causada por varias especies del género, destacando *Phytophthora cactorum* (*Pudrición negra del cuello*), enfermedad que se manifiesta en árboles con escaso desarrollo, amarillez y sucesivas caídas de hojas. En el cuello se nota una depresión del tejido de color oscuro; en esta

fase las raíces ya tienen lesiones considerables; si la enfermedad está en un avanzado desarrollo, la corteza exuda un líquido negruzco. La planta joven atacada por esta enfermedad generalmente muere. En la planta adulta la enfermedad comienza a manifestarse con un desecamiento de las ramas apicales, con un amarillamiento y caída de las hojas, síntomas que pueden manifestarse en un solo sector de la copa del árbol.

Es una de las enfermedades más graves, ya que provoca daños irreparables en el árbol, manifestándose tanto en cuello como raíces. Los árboles afectados tempranamente muestran menor crecimiento y vigor. Posteriormente, desarrollan un follaje escaso, hojas de menor tamaño y ligeramente cloróticas (amarillas). A medida que la enfermedad progresa, se manifiestan los síntomas en forma cada vez más severa hasta que el árbol muere.

El fruto de la planta enferma es generalmente pequeño y deformado. Cuando la enfermedad es muy grave, el árbol fructifica en forma abundante por última vez, pero este fruto es de baja calidad y duración.

El ataque es frecuente en árboles expuestos a humedad excesiva alrededor del tronco, debido a un mal manejo del riego o a suelos con problemas de drenaje. Los principales factores que inciden en el desarrollo de la enfermedad son: presencia de *Phytophthora* en el suelo; tipo, contenido de humedad y temperatura del suelo.

El desarrollo de esta enfermedad es más rápido durante inviernos húmedos y fríos. El hongo puede sobrevivir largo períodos en el suelo en ausencia de plantas huéspedes y bajo condiciones de humedad o temperatura poco favorables. Su diseminación se realiza a través de agua de riego, o de suelo infectado adherido a utensilios de labranza, maquinaria o a las raíces durante el transporte y comercialización de las plantas. Es por ello que se recomienda un control preventivo.

Si se aprecian sus síntomas se debe controlar inmediatamente, destapando (descalzando) las raíces más gruesas; si se observa tejido oscuro en la base del árbol, éste debe extraerse con cortes limpios y luego desinfectar con solución de sulfato ferroso al 15 %. Sin embargo, si la planta está excesivamente afectada conviene cortarla, sacar sus raíces con cuidado, quemarla y desinfectar el agujero con cal viva. No se debe replantar hasta que haya transcurrido un año. Bayer (s.f) recomienda en caso de infección inicial, destapar en verano la zona del cuello y raíces principales y asperjar Cupravit forte al 5% o bien Dexon 70% p.m. al 0,5% en agua, mojando con uno hasta seis litros de la solución, según la edad de los árboles. Mantener las raíces descubiertas en verano si se aplica Cupravit, o taparlas de inmediato si se aplica Dexon.

Se ha constatado que diferentes especies y variedades de nogal presentan susceptibilidades variables ante las diferentes especies de *Phytophthora spp.*

Hongo miel (Armillaria mellea)

Es uno de los hongos más importantes a nivel mundial, que causa pudrición de raíces tanto en latifoliadas como en coníferas. Perteneció a la clase Basidiomicetes y debido a su color se le conoce

con el nombre de hongo miel o cordón de zapato por la apariencia de hilos negros (llamados rizomorfos) que le sirven para dispersarse a través del suelo. El cuerpo fructífero de *A. mellea* es una callampa comestible, con laminillas de consistencia blanda a carnosa con un sombrero que puede alcanzar 15 cm de diámetro y un pie de hasta 15 cm de altura.

El hongo causa pudrición de raíces y cuello, debido a que penetra a través de éstas zonas. Los árboles que presentan la corteza agrietada y las raíces expuestas son más susceptibles. La enfermedad se puede transmitir desde un árbol infectado a uno sano que esté próximo. Árboles estresados son más vulnerables al ataque.

Los síntomas de ataque son un crecimiento pobre, hojas cloróticas, defoliación prematura, disminución de la productividad y muerte de brotes.

Aparte de extraer los árboles y raíces infectadas, no hay medidas de control. Los tocones que estén cerca de los árboles deben ser removidos o pueden ser inoculados con otras especies vigorosas de hongos no patógenos para el nogal, de modo de lograr un control biológico.

La selección del patrón puede dar algún grado de protección: *J. hindsii*, *J. nigra* e híbridos son más resistentes, mientras que *J. regia* es susceptible al ataque.

En España se han observado ejemplares de *Juglans regia* con cierta tolerancia a condiciones adversas, incluyendo Armillaria, asfixia radicular y sequía, lo que indica la posibilidad de hacer selecciones específicas para situaciones determinadas.

No obstante lo anterior, Forte (1982) sugiere aplicar sulfato ferroso o caldo bordelés¹⁶.

Pudrición de las raíces (Rosellinia necatrix)

Esta enfermedad es confundida con el ataque de *Phytophthora* y *Armillaria mellea* debido a los síntomas similares que presentan: amarillamiento, ramas poco desarrolladas, con internudos cortos, defoliación y en caso extremo muerte de la planta. En el curso de la enfermedad el aspecto de la planta es evidentemente débil: el fruto inmaduro cae y el que llega a madurar es de mala calidad. El avance y agresividad de los síntomas y daños de la enfermedad son más lentos que los causados por *Phytophthora cactorum*.

La pudrición se distingue fácilmente en las raíces, donde es posible apreciar abundantes micelios¹⁷ de color blanco que se infiltran bajo la corteza hasta la madera.

La pudrición de la raíz se ve favorecida por el mal drenaje del terreno y por el estancamiento de humedad en el suelo; y la insuficiente aireación del terreno influencia negativamente la actividad

16. Fungicida antiguamente usado y que posee los siguientes compuestos químicos: CuSO_4 , $3\text{Cu}(\text{OH})_2$, 3CaSO_4

17. Ibid (10)

normal de las raíces y facilitan la pudrición de las mismas. No obstante lo anterior, la pudrición radicular a veces se presenta como una epidemia también en terrenos sueltos y permeables, por razones no identificadas.

El tratamiento es similar al aplicado para controlar *Armillaria mellea*.

Polilla o gusano de la nuez (Cydia pomonella)

La larva de este lepidóptero, tiene el cuerpo de color rosa en el dorso con un largo de 15 a 20 mm. Hiberna bajo las grietas de la corteza, en galerías excavadas por el taladrador de la madera, en los frutos o en diversos escondites. Después del acoplamiento la mariposa deposita el huevo en el fruto o en el follaje y la larva penetra en la nuez excavando la cáscara. Después de 30 a 40 días la polilla sale para dar origen al adulto, pero es la larva la que daña el fruto. Daños similares puede provocar *Cydia splendana*, otra polilla que se distingue por su color gris.

Esta plaga es de fácil control si éste se realiza en las épocas adecuadas colocando trampas de feromonas (hormonas femeninas) que atraen a los machos reduciendo la población del insecto. Su control también puede efectuarse en forma tradicional con insecticidas. Los insecticidas más usados en el control de polilla son los fosforados. Bayer (s.f.) recomienda la aplicación de GusathionA-50% p.m. en dosis de 90 gr por cada 100 litros de agua, en primavera y en verano al observarse reinfestación. La primera aplicación se debe realizar con la caída de los amentos, con fruto recién cuajado y se debe repetir cada tres semanas hasta observar la cáscara interna endurecida. Productos como Folidol y Folimat aplicados en primavera también actúan sobre esta polilla. Otro producto recomendado es Azinphosmetil en dosis bajas (30 gr de ingrediente activo en 100 litros de agua), ya que muestra un buen control y respeta a los enemigos naturales de la plaga.

Escama de San José (Quadraspidiotus perniciosus)

Es una plaga que puede ser de difícil control en árboles grandes donde no se llega fácilmente con el producto químico a las ramas más altas. Si no se controla, generalmente produce la muerte de ellas.

La Escama tiene tres a cuatro generaciones al año; la época de control más adecuada es cuando las larvas se movilizan, lo que ocurre desde fines de octubre a mediados de noviembre, por lo que se puede controlar junto con la polilla y con los mismos productos (Supracide, Diazinon, Lorsbam de período residual corto).

También se puede controlar en invierno, con algún aceite mineral, tratamiento más orgánico y de menor costo. Bayer (s.f.) recomienda aplicar Folidol E-605 en una cantidad de 120 cc por cada 100 litros de agua, después de la cosecha de frutos, a la caída del follaje (otoño); si el ataque es fuerte se debe repetir la aplicación a los 20 - 25 días y agregar Supreme Bayer Oil en dosis de 2%.

Arañita roja europea (Panonnychus ulmi)

El nogal es capaz de soportar una cierta población de arañas sin sufrir defoliación y sin necesidad de controlarla químicamente (aproximadamente 10 a 15 arañas por hoja). Sobre esta población se debe aplicar un acaricida selectivo; esto ocurre generalmente a fines de enero a principios de febrero. No es recomendable hacer controles antes que la población alcance dichos niveles debido a que se trata de una plaga que, bien manejada y protegiendo sus enemigos naturales (ácaros benéficos que se alimentan de araña roja), se mantiene en forma natural bajo el nivel de daño económico.

Contrariamente, Ripa (1990) señala que la araña roja es prácticamente la única especie que causa daño en plantaciones de nogal en nuestro país. El autor menciona algunos controladores naturales de la araña, como chinillas (*Adalia*, *Eriopis* y *Stethorus*), *Chrysopa* sp. y *Oligota*; desafortunadamente la mayoría de los insecticidas son altamente tóxicos para estos insectos benéficos.

Entre los acaricidas recomendados y que permiten la sobrevivencia de los controladores naturales, se encuentran Cyhexatin 60 en dosis de 10 gr en 100 litros de agua y Propargite (Omite) y Tricyclotin (Peropal).

Antracnosis (Gnomonia leptostyla)

Plaga conocida también como hongo manchador de las hojas. Es una enfermedad presente en todas las zonas de cultivo de nogal. Se ve favorecida por la humedad excesiva y por la escasa circulación del aire, por lo que está presente en sectores muy lluviosos y zonas cálidas y húmedas, fondos de valle y en plantaciones a elevada densidad. Esta plaga aparece a fines de noviembre y principios de diciembre. Las esporas pasan el invierno en las hojas muertas en el suelo.

El hongo provoca manchas café en hojas y frutos jóvenes, y es común también en viveros. Un ataque severo ocasiona defoliación y el ennegrecimiento de las nueces verdes inmaduras, las que caen prematuramente. La planta enferma presenta un menor desarrollo, follaje clorótico y frutos pequeños y deformados. Las hojas a menudo están deformadas y con manchas de color pardo grisáceo con los bordes oscuros; las ramas jóvenes y los frutos se manchan de color negro.

Una vez enferma la planta, se debe realizar una poda fitosanitaria extrayendo todas las ramas afectadas. Si el ataque se presenta en ramas del año anterior y es de una cierta gravedad, hay que efectuar tratamientos sucesivos con caldo bordelés en febrero y después de la cosecha y la poda, de modo de desinfectar todas las lesiones provocadas por estas operaciones culturales.

El control es medianamente bueno cuando se recolectan las hojas caídas y se queman. En temporadas húmedas, sprays basados en cobre como Bordeaux proporcionan un control efectivo.

En el Cuadro 6 se presenta un resumen de las plagas de importancia que afectan al nogal en Chile de acuerdo a su estado de desarrollo y su control.

CUADRO 6

PLAGAS QUE AFECTAN AL NOGAL EN CHILE EN PLANTACIONES NUEVAS Y ADULTAS

Tipo Plantación	Agente Casual	Control y observaciones
Plantaciones nuevas	Arañita roja europea Escama de san José	Tratamiento de inmersión del material antes de la plantación por unos 5 a 10 minutos con Trition, Parathion, Metilparathion, Supracide en 100 litros de agua. En caso de presentarse en la plantación se puede utilizar un aceite mineral emulsible al 2 % para ambos agentes.
Plantaciones en producción	Polilla de la nuez	Se deben realizar dos aplicaciones: una a fines de octubre y la otra a principios de diciembre con productos como Imidan, Cothion, Gusathion.
	Arañita roja europea	Dentro de la lista de acaricidas recomendables se encuentran: Omite 30%, Plictran 50%, Torque 50% y Kelthane 35%.

Fuente: González, 1979.

Entre las enfermedades de menor importancia se encuentran:

Agallas de la corona (Agrobacterium tumefaciens)

Es una bacteria que infecta al árbol a través de heridas y causa la formación de agallas en la parte baja del tronco y raíces. Para prevenir se puede aplicar pintura en las heridas.

Este parásito no es específico del nogal, y la infección es muy frecuente cuando la planta proviene de viveros infectados. Las plantas jóvenes, que son las más afectadas por los tumores de este parásito, mueren en un período más o menos breve. Por esto se deben evitar las lesiones entre el cuello y la raíz de la planta; si se provocan heridas es necesario aplicar sulfato ferroso y recubrirla con alquitrán. Bayer (s.f.) recomienda revisar las plantas minuciosamente antes de efectuar la plantación, eliminando las afectadas, y prevenir en el resto sumergiendo las raíces brevemente en Agallol al 1% en agua, y agregando tierra para una mejor adherencia. No hay control químico eficaz cuando esta bacteria se localiza en árboles en una plantación definitiva.

También puede presentarse la bacteria *Agrobacterium radiobacter var. radiobacter*, enfermedad que puede ser combatida tratando el aparato radicular con productos a base de bacterias antagónicas, que impidan la formación de tumores. Las plantas fuertemente atacadas deben ser eliminadas.

Cáncer de la corteza (Erwinia rubrifaciens)

Es una bacteria que provoca hendiduras en la corteza, disminución en el vigor y aumento del estrés. Se encuentra tanto en Estados Unidos como en Europa. La variedad *Hartley* es muy susceptible. El

cáncer del nogal ha sido controlado efectivamente mediante la aplicación de una pasta preparada con oxiclorato de cobre al 50%, el que se aplica sobre las partes afectadas del tronco después de remover las partes muertas y enfermas, seguida de dos aplicaciones foliares al 0,2% del mismo producto a intervalos de 21 días.

Moho gris común (Botrytis cinerea)

Puede atacar las nueces en el árbol en ambientes húmedos, siendo la buena aireación el mejor control. El hongo también puede atacar las nueces almacenadas que no están bien limpias y secas.

Puntos vellosos (Microstroma juglandis)

Se conoce como moho blanco o mancha foliar; es de amplia distribución en Europa y Norteamérica. Las hojas afectadas muestran manchas amarillas en la cara superior y moho en la parte inferior. El daño es leve.

Mancha del fruto (Gloeosporium epicarpium)

Es una enfermedad poco frecuente, pero muy dañina. Se manifiesta en la cáscara de la nuez con manchas de color negro que se pueden extender por todo el fruto, deformándose y finalmente cayendo al suelo. El control de esta enfermedad se realiza con agar al 1,1 % antes de la floración.

Pudrición de la madera (Polyporus sulfureus, P. hispidus, P. squamosus)

Hongo que ataca a árboles adultos causando incluso la muerte. Es de consistencia carnosa y color amarillento-anaranjado a rojizo en la parte superior y amarillento azufre en la parte inferior. Este hongo produce una modificación de la composición química de la madera degradándola, por lo que queda inutilizada para la producción industrial.

Para evitar esta enfermedad se recomiendan métodos preventivos como la realización de técnicas culturales adecuadas (riegos oportunos y podas no intensivas); también se pueden aplicar fungicidas sistémicos (furmecyclox, fenpropimorf y triadimenol) (Luisi y Magnano di San Lio, 1997).

Taladrador de la madera roja (Cossus cossus)

Insecto cuyas larvas excavan profundas galerías en el tronco, perdiéndose el valor comercial de la madera. La larva adulta es de color rojo vinoso en el dorso, blanco carnoso en el vientre y de un largo de 7 a 9 cm. La hembra en primavera - verano pone una treintena de huevos entre las grietas de la corteza, de los frutos y principalmente en las cercanías del cuello del árbol y sobre plantas adultas deterioradas por el ataque de otros parásitos.

El daño provocado por este insecto puede ser muy grave. En una sola planta pueden encontrarse decenas de galerías, de modo que los árboles pueden destroncarse en presencia de fuertes vientos.

Para controlar este taladrador se introduce en la galería un alambre curvado que mata la larva y la saca. O bien se introduce algodón empapado con sulfuro de carbono, bencina, etc., tapando el agujero con resina. Buenos resultados se obtienen también con la introducción de insecticida líquido (Forte, 1982). En Chile no ha sido detectado.

Taladrador de la corteza amarillo (Zeuzera pyrina)

Lepidóptero taladrador que ataca al nogal sobretodo en su primera etapa de desarrollo, es decir desde la plantación hasta que alcanza un diámetro superior a 10 cm. En esta fase de desarrollo la larva causa daños irreparables, realizando galerías que causan problemas de sobrevivencia, deformaciones y alteraciones del fuste.

El adulto de este insecto se reconoce fácilmente por su cuerpo y alas blancas puntiagudas. En el ataque primario deja su excremento en las yemas axiales, en los brotes y follaje causando el desecamiento de los brotes. En cambio en el ataque secundario la larva excava galerías ascendentes en el fuste, lo que ocasiona un daño mayor.

El control se realiza con trampas de feromonas, no del todo suficientes, pero que permiten mantener un monitoreo del insecto en terreno. Otro método de control más drástico es la extracción y eliminación de todo el material vegetal donde el insecto se encuentra hospedado. Otros métodos empleados para *Cossus* también se usan en esta especie. Esta especie tampoco ha sido detectada en Chile.

Paralelamente, los frutos de nogal pueden ser afectados por roedores y lagomorfos. Entre ellos se encuentran:

Ratones y roedores

Para evitar el ataque, la cama de semilla debe ser protegida con una red reforzada por alambre de 6 mm, enterrada por lo menos a 15 cm de profundidad y estirada. Los lugares de almacenaje deben ser vigilados y las ventilaciones cubiertas por malla. Las trampas tienen un efecto moderado en el control; si se usan éstas deben ser puestas a 2 m unas de otras; los venenos pueden ser una opción pero no están claras las consecuencias en la cadena alimenticia, por lo que no son recomendables.

Conejos

Los conejos frecuentemente muerden la corteza de los nogales jóvenes. El mejor control es cercar el área con malla de 25 mm, enterrada a 30 cm de profundidad y asegurada con estacas; sobre el suelo debe quedar a una altura de 60 a 90 cm. Cercos eléctricos pueden ser útiles. Protecciones individuales también pueden ser utilizadas pero los conejos pueden sobrepasarlas si la instalación no es apropiada.

4. SILVICULTURA Y MANEJO

4.1 PROPAGACIÓN

La reproducción del nogal se puede realizar mediante propagación vegetativa a través de injertos de yema o púa, o mediante propagación sexuada, por semillas. La injertación de yema o púa en nogal requiere de una técnica que pocos viveristas dominan y es una de las más difíciles dentro de los frutales.

4.1.1 Reproducción sexual

Las semillas de nogal son de larga vida y deben almacenarse en un lugar seco (con contenidos de humedad inferiores a 12%) y bien aireado de manera que puedan conservarse hasta la época de siembra directa si ésta se hace en otoño, o hasta la aplicación del tratamiento pregerminativo si la siembra se realiza en primavera; en este último periodo ocurre la germinación.

Las semillas de la mayoría de las especies del género *Juglans* poseen latencia fisiológica o de cubiertas duras. Para romper esta latencia es necesario estratificar las semillas en arena a 1 o 5°C durante 30 a 156 días, obteniendo una capacidad germinativa de un 82% después de cuatro semanas.

La estratificación húmeda - fría no es de fundamental importancia para nogal, aunque esta práctica acelera la germinación y contribuye a homogeneizar la emergencia de la planta. Existen tres tratamientos que se pueden emplear para la siembra en primavera:

- Estratificación de la nuez: en los primeros días de julio o agosto, según se trate de zonas cálidas o frías donde se va a sembrar las semillas, se colocan las nueces en una cámara frigorífica a una temperatura de 2 a 4 °C, en saco de arpillera húmedo durante ocho a diez días. Luego se estratifican o tapan las nueces en capas superpuestas de un sustrato de 5 a 7 cm y hasta 8 o 10 cm de espesor. Las nueces deben ser regadas de manera que no les falte humedad. A fines de agosto o principios de septiembre, parte de las nueces habrán empezado a germinar y el resto abrirán las valvas con una simple presión: es el momento de llevarlas al vivero. Con este tratamiento se obtiene un porcentaje de germinación del 75%.
- Remojo de la nuez en agua: consiste en colocar las nueces en sacos y sumergirlos en agua corriendo o renovarlas frecuentemente durante una semana, antes de la siembra.
- Tratamiento con ácido giberélico: la aplicación de 10 mg/l de ácido giberélico (GA₃) en solución acuosa durante 22 hr beneficia la germinación de las nueces. Este tratamiento no requiere estratificación.

4.1.1.1 Viverización a partir de semillas

En la década de los 80 casi la totalidad de los nokedales en producción en Chile provenían de semilla. Desde entonces, primó la importación de nogales desde California.

El problema de los nokedales de semilla es su baja producción y que además es muy fluctuante: hay árboles de 6 años que tienen una producción de 15 kg, cifra que a los 7 años asciende a 30 o 35 kg, mientras que otros no dan frutos. Hay nogales de 16 años que dan 5 kg, mientras otros producen 110 kg. En ejemplares de 42 años la variación es aún mayor, entre 5 y 130 kg/árbol.

Esta gran variabilidad de composición genética ocasionada por la polinización cruzada, y favorecida por la dicogamia, da una amplia posibilidad de encontrar ejemplares de alto valor a la hora de iniciar un programa de mejoramiento genético (para más detalle ver acápite 1.5).

Para reproducir material con objetivo forestal, en general en Italia es escasa la selección que se realiza a los árboles madre. Sin embargo, dado el auge que ha tenido la arboricultura con esta especie, se reconocen algunas exigencias mínimas para producir nogales de doble propósito. Los autores Ducci y Tani (1997), señalan que la selección de material debe poner especial atención en las características fenotípicas de la planta madre, como una buena dominancia apical, fuste recto, ramas principales delgadas y ausencia de ataques de patógenos; a su vez recomiendan que las semillas utilizadas en vivero deriven de un número elevado de individuos (para mantener la variabilidad).

En relación a la época de cosecha, la semilla debe ser colectada cuando el fruto está bien maduro, lo que ocurre entre fines de marzo y abril. Luego deben ser secadas a la sombra y guardadas en frío a 4°C aproximadamente, en sacos de polietileno para evitar la deshidratación. También puede usarse un lugar fresco y protegido de ratones.

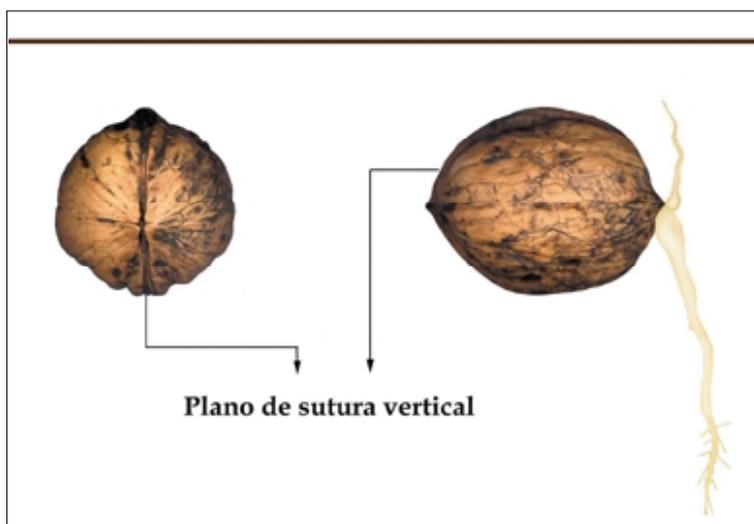
Dado que la semilla de la nuez está compuesta por cotiledones gruesos y carnosos, su conservación es difícil, por lo que se recomienda que:

- La nuez sufra un ligero y gradual secado de 20 a 25 °C, hasta que haya alcanzado un contenido de humedad comprendido entre 25 y 35 % (cerca de 20 días). Esta operación debe ser realizada oportunamente, en ambiente ventilado, sin exponer la nuez a los rayos directos del sol. Sucesivamente la semilla debe ser estratificada en arena al aire libre, desde otoño a fines de abril; de este modo es posible conservar la semilla por 4 a 6 meses sin que se observen variaciones apreciables de la capacidad germinativa;
- La semilla se deshidrate hasta alcanzar un contenido de humedad próximo al 15 %, y se ponga en contenedor cerrado o abierto en una cámara frigorífica a temperatura de 1 - 2 °C. La nuez así tratada puede ser conservada por un período de 4 a 5 años siempre que no sufra variaciones en el contenido de humedad.

Gordon y Rowe (1982) señalan un número promedio de 100 semillas/kilo, con una pureza de un 100% y una viabilidad de un 84%, con una capacidad germinativa de un 80%. Por su parte Ducci y Tani (1997) señalan que 1 kg de nueces contiene un número variable de semillas, entre 65 y 180, dependiendo del tamaño. La dimensión de la semilla es obviamente mayor en un cultivar de fruto y menor para la semilla obtenida de planta no seleccionada. La germinabilidad puede ser más elevada - hasta el 90 % - siempre que las técnicas de cosecha, tratamientos pregerminativos y conservación se hayan realizado oportuna y correctamente.

En relación con la época de siembra, Gordon y Rowe (1982) recomiendan realizarla en otoño, con distancias de unos 20 cm entre nueces y 80 o 90 cm entre filas de manera de facilitar las labores de vivero. Al respecto Ducci y Tani (1997), señalan que siembras realizadas a fines de invierno y principios de primavera corren un menor riesgo por daño de depredadores y heladas tardías, pero puede existir una pérdida de viabilidad dependiendo de las condiciones de almacenamiento.

La semilla debe sembrarse a una profundidad de 6 u 8 cm teniendo presente que la sutura de la nuez sea perpendicular al plano horizontal (Figura 6) de modo de facilitar la emisión del tallo (Denci *et al.*, 1982). A las cuatro o cinco semanas se produce la germinación, obteniéndose 60 a 70 plantas por kilogramo de nueces (80 a 90 nueces/kg).



Fuente: Benavides E. 1999. INFOR

Figura 6: Disposición correcta de la nuez al momento de la siembra

Por su parte, Brinkman (1974) recomienda sembrar a una profundidad de 5 u 8 cm y con una densidad de 160 semillas por m². Siembras más densas producen plantas más pequeñas, con menores tasas posteriores de crecimiento.

Los efectos de la posición de las semillas y de la profundidad de siembra sobre el desarrollo de plantas de *Juglans regia* fueron evaluados por Ciccarese (1995). Los factores analizados fueron la posición de la línea de sutura de la semilla, es decir, línea de clivaje en posición perpendicular o paralela al plano horizontal y dos tipos de profundidades de siembra, a nivel del suelo y a 3 cm de profundidad. Sembrando con la línea de clivaje perpendicular al plano horizontal se incrementan el número de plantas creciendo en forma correcta al eje longitudinal (Cuadro 7). En relación con la profundidad de siembra, ésta no influye en la calidad de las plantas, pero se sugiere sembrar a una profundidad superior a los 3 cm, de modo de incrementar la resistencia al ataque de depredadores como conejos, ratones y otros animales.

CUADRO 7

ALTURA, DIÁMETRO E INCLINACIÓN DEL FUSTE DE PLANTAS DE *Juglans regia*

Factores		Sobrevivencia (%)	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Inclinación (%)
Disposición de siembra	- Siembra ortogonal	75	19,4	6,4	10
	- Siembra paralela	81	19,2	6,4	13
Profundidad de siembra	- Siembra superficial	78	19,4	6,2	11
	- Siembra profunda	79	19,2	6,7	9
Interacción	- S. ortogo x superficial	79	19,9	6,7	10
	- S. ortogo x profunda	71	19,0	6,2	11
	- S. paralela x superficial	77	18,8	6,7	13
	- S. paralela x profunda	86	19,5	6,2	12

Fuente: Ciccarese, 1995.

Es reconocida la importancia de la producción de plantas en vivero. Un material de buena calidad, que se adapte bien a la zona de plantación, balanceado entre la parte hipógea y epígea, con un aparato radicular ramificado, no solo garantiza un elevado porcentaje de prendimiento, sino que también puede influenciar favorablemente el desarrollo de la planta muchos años después de la plantación.

El nogal tiene un aparato radicular pivotante. La planta puede ser producida de diversas formas: a raíz desnuda en forma tradicional, o por medio de cajones especialmente diseñados para producir plantas forestales. También se pueden utilizar contenedores adaptados para este tipo de plantas. Estas técnicas son descritas a continuación.

4.1.1.2 Producción de plantas

A raíz desnuda, método tradicional:

Denci *et al.* (1982) consideran que el mejor sistema de cultivo es a raíz desnuda, opinión compartida por los autores del libro. Actualmente en Italia se comercializan plantas de un año con fines forestales. Sin embargo, en Francia, se acostumbra plantar a los dos (1/1), tres (1/2) o cuatro años (1/3)⁸.

Al respecto Rossi (1995) señala que en general el material de plantación de *Juglans regia* está constituido por plantas a raíz desnuda (Figura 7); menos frecuente es el uso de plantas en maceta y aún menos frecuente es el uso de contenedores.



Figura 7: Producción de plantas injertadas a raíz desnuda para establecer huertos frutales (INIA - Los Tilos).

El mayor defecto que se encuentra en las plantas a raíz desnuda es la desproporción observada entre la parte aérea y el sistema radicular, causada por la drástica amputación de la raíz al momento de la extracción, lo que dificulta su posterior arraigamiento.

En relación a la edad y calidad óptima de la planta producida a raíz desnuda Ducci y Tani (1997), señalan que la experiencia práctica ha demostrado que los mejores resultados se han logrado con plantas de 1 año en vivero. En un año se obtiene una planta de 40 cm con un aparato radicular desarrollado y articulado que permite: a) satisfacer las exigencias de la planta en la fase crítica post-trasplante y b) de no presentar un estancamiento del crecimiento durante la primera estación vegetativa en el terreno. En Chile se logran plantas de hasta 1,5 m de altura al año.

Las plantas de 2 años en vivero a menudo presentan un vigor excepcional, alcanzando alturas superiores a los 2 m, y por ello muchas veces son preferidas erróneamente a las de 1 año. De hecho, plantas muy desarrolladas no pueden ser extraídas con todo el sistema radicular el que, por razones de espacio, tiende a profundizar en vez de ensanchar. Una vez que la planta es puesta en terreno se presentan los siguientes problemas: a) elevada mortalidad, sobretodo cuando la estación vegetativa

18. Plantas 1/1 corresponde a plantas de dos años en vivero, uno en almaciguera y otro repicada a platabanda o contenedor; plantas 1/2 corresponde a plantas de tres años, uno en almaciguera y dos repicada a platabanda o contenedor; 1/3 corresponde a plantas de cuatro años, uno en almaciguera y tres repicada a platabanda o contenedor .

resulta más bien seca; b) la planta tiene que superar la primera estación en un terreno más denso respecto al de origen, presentando grave desecamiento de la parte epigea, con una consecuente pérdida de la dominancia apical; c) en los años sucesivos la planta presenta muchos ápices, estructura absolutamente indeseable para la producción de madera.

Por otra parte el uso de replantes (plantas 1/1, 1/2, etc.) parece no ser conveniente. La planta muestra un crecimiento más bien reducido y después de 2 años de permanencia en vivero tiene una estatura un poco superior a la de 1 año de vivero. Se debe tener presente que esta planta tiene dos podas de raíz al momento de ser plantada, y por lo tanto un notable aumento del riesgo de entrada de patógenos y de pudrición radicular.

A raíz desnuda, método del cajón:

El ideal es disponer de plantas de 50 a 100 cm de altura, robustas y con una buena relación entre parte aérea y radicular; sin embargo, producir tales plantas con los métodos tradicionales es difícil. Si se producen en maceta presentan graves defectos del aparato radicular; si se producen a raíz desnuda terminan por perder parte del aparato radicular después de la poda.

Como una forma de contrarrestar lo anterior se desarrolló un método de producción de plantas en cajón (Buresti, 1993a), que representa una innovación interesante para producir plantas de buena calidad; el autor elaboró un método que probó dar buenos resultados; este consiste en sembrar las nueces en cajones de 25 - 40 cm de profundidad, en cuyo fondo se pone una capa de residuos de la elaboración de la escoba o de género no-tejido los que tienen el efecto de detener el crecimiento de las raíces profundizadoras; con ello se producen plantas equilibradas y de dimensiones notables.

Las raíces de las plantas producidas con este método son diferentes a las tradicionales: no existe el típico pivote, pero se presentan numerosas raíces de orden superior y abundantes raíces finas. El pivote, cuando entra en contacto con el estrato de residuos cesa de crecer longitudinalmente, estimulando la emisión de nuevas raíces principales. Cuando las plantas son sacadas del cajón es necesario tener la precaución de no dañar la raíz y regarlas abundantemente.

El uso de este tipo de plantas aumenta el porcentaje de prendimiento y mejora la calidad de los árboles a futuro. El cajón se confecciona utilizando en los lados ladrillos, cemento o tablones de un alto de 30 - 40 cm y de un espesor de 3 - 4 cm apoyados directamente sobre el terreno. Los lados son sostenidos por estacas o ensamblados entre ellos. En el fondo del cajón se deposita material como hojas, paja, fibra u otro material vegetal de fácil disposición, que sirve para la formación de un estrato denso de unos 5 cm, rico de espacios para la aireación y que forme un cojín compacto que frene el desarrollo de las raíces, reduciendo su profundidad y favoreciendo el desarrollo horizontal de numerosas raíces secundarias. En este caso el pivote (raíz principal) no debe ser podado y por lo tanto no se producen heridas.

El cajón debe ser relleno con parte del sustrato del sitio de plantación, es decir un 50 % de turba clara y un 50 % de tierra, o de una mezcla de turba clara y negra (con calcio, para disminuir la

acidez y fertilización mineral) en un 54 %, agriperlita 18 % y hojas trituradas de *Fagus* en un 28 %. Lo importante es que el sustrato sea dotado de una adecuada fertilidad de base, que tenga una buena estructura y que sea mullido de modo de facilitar la extracción de las plantas sin causar daños a la raíz. En Chile podrían emplearse con dicho fin acículas de pino, corteza, hojas de *Nothofagus*, hojas de eucalipto, entre otros.

Para la siembra no deben ser empleadas más de 25 nueces por m² (20 cm entre y sobre la fila) con el objeto de dejar suficiente espacio para el desarrollo lateral del aparato radicular. Debido a la elevada permeabilidad de la parte más profunda del cajón, el sustrato se puede secar fácilmente, por lo que se debe poner atención al riego. Con el objeto de favorecer la lignificación, las plantas se mantienen durante el período más caluroso descubiertas, sin sombreaderos.

El cultivo en cajón debe ser limitado a un año. Una sola estación vegetativa es suficiente para garantizar una planta bien desarrollada de unos 50 - 60 cm.

Buresti (1992), señala que plantas producidas en estos cajones tienen un bajo porcentaje de mortalidad cuando son plantadas (< a 4 %) y la respuesta al crecimiento es buena e inmediata. Señala además, que al comparar las plantas producidas a raíz desnuda en cajones y aquellas producidas con el método tradicional (raíz desnuda propiamente tal), las primeras no solo son de dimensiones superiores tanto de la parte aérea como de la radicular, sino que sobretodo aumenta la cantidad de raíces secundarias y la masa radicular, mejorando la adaptabilidad de la planta al terreno y su posterior crecimiento.

En maceta:

Para proteger el sistema radicular se ha recurrido al sistema de producción de plantas en maceta; gracias a la aplicación de un material repelente para las raíces, éstas limitan su crecimiento manteniendo los niveles de desarrollo (Figura 8). Sin embargo y considerando que el nogal presenta un fuerte y desarrollado sistema radicular, éste sistema no es recomendado, pues produce una pérdida de vigor de la planta en su fase inicial de crecimiento.



Figura 8: Producción de plantas en maceta para establecer ensayos genéticos de nogal común (9 meses).

En contenedores:

Una alternativa es la producción de plantas en contenedores con el objeto de obtener plantas con un aparato radicular entero y de este modo asegurar una mejor y más rápida recuperación del shock de transplante. Para validar esta técnica, es necesario individualizar un sustrato adecuado de cultivo, por lo que Rossi (1995) estudió los efectos de distintos tipos de sustrato en contenedores (Cuadro 8).

CUADRO 8

COMPOSICIÓN DE DISTINTOS SUSTRATOS EN CONTENEDORES

Componente	Tratamientos							
	S1C0	S1C1	S1C0	S2C2	S1C0	S3C3	S1C0	S4C4
Tierra (%)	100	100	80	80	60	60	40	40
Turba (%)	-	-	10	10	20	20	30	30
Perlita (%)	-	-	10	10	20	20	30	30
Osmocote Plus 8/9 (kg/m ³)	-	0,25	-	-	-	1,00	-	1,50
Perfosfato mineral (kg/m ³)	-	0,075	-	-	-	0,30	-	0,45

Fuente: Rossi, 1995.

En la etapa de vivero en general para casi todos los tratamientos se observaron mejores resultados en plantas fertilizadas que en aquellas de igual tipo de sustrato donde no se aplicó fertilizante.

Según indicadores de calidad el mejor sustrato fue aquel que obtuvo el mayor valor (S4C4), siendo el sustrato menos indicado el S1C0. Además el tratamiento S3C3 presentó el mayor valor para la relación altura/diámetro a la altura del cuello, lo que significó plantas menos equilibradas (Cuadro 9) (Rossi, 1995).

En cuanto a los resultados de las mediciones en altura se puede señalar que para el primer año de plantación, los mejores resultados se presentaron con el tratamiento S4C4, mientras que en el segundo y tercer año no se obtuvieron diferencias significativas entre los distintos tratamientos utilizados (Cuadro 10).

CUADRO 9

RESULTADOS DE PARÁMETROS MORFOLÓGICOS SEGÚN TIPO DE SUSTRATO

Tratamiento	H	D	H/D	Psr	Psa	Psr/Psa	IQ1	IQ2
S1C0	8,04	5,65	1,45	0,504	4,399	0,131	3,24	0,36
S1C1	10,54	6,72	1,57	0,879	5,658	0,167	4,51	0,58
S2C0	9,21	5,93	1,51	0,708	5,758	0,126	4,36	0,45
S2C2	11,96	6,88	1,84	0,909	5,465	0,191	4,36	0,60
S3C0	8,04	5,93	1,40	0,611	5,555	0,138	4,84	0,49
S3C3	11,67	6,19	1,90	0,817	4,808	0,197	3,32	0,47
S4C0	9,46	6,35	1,55	0,712	6,511	0,126	4,83	0,51
S4C4	9,13	7,07	1,31	0,755	6,192	0,133	5,54	0,63
Media	9,76	6,34	1,57	0,736	5,543	0,151	4,37	0,51

Fuente: Rossi, 1995.

Donde: IQ1 : Índice de calidad 1: $IQ2 = Psr * (H/D)$
 IQ2 : Índice de calidad 2: $IQ1 = (Psa + Psr) * (H/D) + (Psr/Psa)$
 Psa : Peso seco parte aérea (g)
 Psr : Peso seco sistema radicular (g)
 Psr/Psa : Relación peso seco parte aérea / peso seco sistema radicular
 H : Altura total (cm)
 D : Diámetro a la altura del cuello (mm)
 H/D : Relación altura / diámetro a la altura del cuello (cm/mm)

CUADRO 10

RESULTADOS DE ALTURA TOTAL MEDIA (CM) SEGÚN TIPO DE SUSTRATO Y EDAD

Tratamiento	Primer año	Segundo año	Tercer año
S1C0	16,67	31,47	169,87
S1C1	20,22	29,70	152,00
S2C0	18,55	30,90	142,67
S2C2	20,22	31,15	136,75
S3C0	15,92	25,82	138,87
S3C3	21,27	35,75	161,17
S4C0	18,77	33,27	160,50
S4C4	22,77	36,82	162,35
Media	19,30	31,86	153,02

Fuente: Rossi, 1995.

La ventaja de la utilización de contenedores es el bajo porcentaje de mortalidad, ya que después de 3 años de plantación se ha observado solo un 1% de mortalidad; las mayores limitaciones observadas corresponden al bajo desarrollo de las plantas en vivero (Rossi, 1995).

Según experiencias italianas el material más idóneo para plantar son plantas de un año con un aparato radicular bien conformado, vigorosas, sanas y con un desarrollo en altura de 50 a 70 cm (Denci *et al.*, 1982). Para obtener plantas con un aparato radicular bien desarrollado es necesario que la raíz principal sea acotada en su crecimiento para estimular la emisión de raíces secundarias y pelos radicales.

Sin embargo, debe emplearse un tipo de contenedor adecuado para el sistema radicular de la especie, con el objeto de evitar la deformación del pivote, como el desarrollado y patentado por el Instituto para la Silvicultura de Arezzo, Italia.

Este tipo de contenedor se basa en el principio de la inhibición del crecimiento de la raíz por contacto con el aire. Se trata por tanto de contenedores sin fondo o con fondo muy aireado gracias a la presencia de numerosos orificios, de 17 cm de altura y 9,7 cm de diámetro. Estos contenedores se caracterizan por tener un fondo convexo y son provistos de aletas o canaletas internas que impiden el enrollamiento de la raíz; son de material plástico, de paredes rígidas y pueden ser cilíndricos o como un paralelepípedo de base cuadrada, y un volumen de 930 cc. A pesar de sus bondades, su costo resulta excesivo y su uso conlleva costos de transporte muy elevados.

Siembra directa:

La siembra directa también es una alternativa de plantación, pero las pérdidas por depredación son altas y los nuevos brotes son muy sensibles a las heladas. El distanciamiento entre árboles debe ser entre 3 a 4 m o en pequeños grupos distanciados unos 12 a 15 m entre ellos. Entre las ventajas de este método, se encuentra la de evitar crisis a la planta por el transporte y trasplante desde el vivero, el favorecer el desarrollo radicular y el evitar las podas radiculares. Entre las desventajas se encuentran el riesgo de depredación de la semilla por parte de animales y la escasa homogeneidad en el tamaño de las plantas y en el período de emergencia.

De la reciente experiencia de INFOR, pareciera recomendable utilizar plantas de un año a raíz desnuda producidas con un sustrato arenoso y buen control hídrico y nutritivo, las que alcanzan 1,0 a 1,5 m de altura. No obstante lo anterior sería recomendable producir plantas a raíz desnuda según el método del cajón es decir plantas bien equilibradas y estructuradas. Es importante destacar que en Chile la producción de plantas en cajones no se ha realizado, por lo que no se tienen resultados de este método.

Lo que recomienda INFOR, coincide con un trabajo realizado en Italia (Ciccarese, 1998), donde se vio la respuesta en cuanto a sobrevivencia y desarrollo de plantas de nogal producidas con diversos métodos (cuatro tipos de contenedores, a raíz desnuda - cajones y método tradicional - y siembra directa). Después de cuatro años de la plantación, se demostró que todos los métodos resultaron ser

excelentes en cuanto a sobrevivencia y no presentaron diferencias estadísticas para esa variable. Sin embargo el mejor resultado en cuanto a crecimiento en altura y diámetro, y dominancia apical fueron las plantas provenientes de siembra directa y a raíz desnuda tradicional. Las otras presentaron resultados moderados atribuibles al stress de transplante y a las condiciones microclimáticas que dejan a la planta más susceptible al ataque de patógenos.

4.1.2 Reproducción asexual

4.1.2.1 Cultivo in vitro

El nogal es una especie denominada como recalcitrante por las dificultades que presenta el enraizamiento, tanto de brotes obtenidos en cultivo in vitro, como de estacas. Loewe (1990) realizó un análisis histo-anatómico sobre microesquejes de nogal, provenientes de embriones cultivados «in vitro». El resultado evidenció una influencia positiva del paclobutrazol en la rizogénesis de nogal. Este fitoregulador determinó un aumento de la cantidad inicial de primordios radicales; sin embargo éste puede afectar a las raíces en formación. Por otra parte, el ácido giberélico evidenció efectos distintos en la proliferación de los callos observándose una discontinuidad del tejido conductor de ellos. La autora concluye que la dificultad de enraizamiento del nogal puede ser atribuida a una barrera química natural.

Se han realizado pruebas preliminares de cultivo in vitro de embriones aislados de nogal con diferentes combinaciones de sales minerales como sustrato. Los medios de cultivos empleados corresponden a los sustratos minerales definidos por: White (WH), Cheng (CH), Murashige y Skoog (MS), Hough (HO), Bellarosa (BE), Gamborg *et al.* (B5) y la solución Klop (KN). Todas estas soluciones minerales se utilizaron en sus concentraciones estándares o disminuidas a la mitad, señalándose estos últimos con la sigla /2. Finalmente se ensayó un sustrato carente de sales minerales definido con la letra O (Cossio y Minotta, 1983). Además se ensayaron tres concentraciones de BAP¹⁹ (6-Benzilaminopurina) en el sustrato MS denominándose con las siglas MS1, MS2 y MS3.

Se observaron diferencias en el desarrollo de los embriones en los diferentes tipos de sustrato empleados. Según el índice de desarrollo foliar el mejor sustrato fue el de Murashige y Skoog (MS) con un porcentaje de explantes provistos de hojas de un 95%, con un promedio de 2,89 hojas por explante, un largo medio de la hoja de mayor tamaño de 2,25 cm (índice de desarrollo foliar de aproximadamente 617) (Cuadro 11). Los mejores resultados en cuanto al peso fresco se obtuvieron con el sustrato B5 con un peso medio total de 180 mg (Cuadro 12).

19. BAP: benzilaminopurina, hormona reguladora de crecimiento

CUADRO 11

CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS PARA DIFERENTES SUSTRATOS

Sustrato	Porcentaje de explante provisto de hojas (%)		Número de hojas por explante		Largo de la hoja dominante (cm)		Índice de desarrollo foliar	
	1/1	1/2	1/1	1/2	1/1	1/2	1/1	1/2
O	0		-				0	
MS	95	30	2,89	1,86	2,25	2,09	617	116
B5	65	20	1,62	1,50	3,18	2,18	334	65
BE	50	15	2,50	1,33	2,67	2,60	333	52
KN	85	55	1,94	1,93	1,81	1,89	299	201
CH	50	15	1,90	1,67	2,19	1,80	208	45
HO	50	30	1,50	1,97	2,19	1,80	164	106
WH	15	20	1,33	1,00	1,80	0,80	35	16

Fuente: Cossio y Minotta, 1983.

CUADRO 12

PESO FRESCO DE EMBRIONES EN DISTINTOS MEDIOS DE CULTIVO "IN VITRO"

Sustrato	Peso Seco Aérea		Peso Seco Sistema Radicular		Peso Seco Total	
	1/1	1/2	1/1	1/2	1/1	1/2
O	20	-	39	-	59	-
MS	81	42	119	98	200	140
B5	53	34	167	106	220	140
BE	47	26	103	94	150	120
KN	52	36	118	84	170	120
CH	46	29	94	81	140	110
HO	43	28	117	132	160	160
WH	20	18	65	50	85	68

Fuente: Cossio y Minotta, 1983.

En general, para todos los sustratos utilizados se obtuvieron mejores resultados con las concentraciones estándar que con las dosis medias. En el sustrato O, es decir sin sales minerales, ningún explante tuvo desarrollo foliar.

La utilización de BAP en general mostró menores valores que los obtenidos con las concentraciones de sales minerales de Murashige y Skoog (MS), observándose además con concentraciones altas de BAP (0,5; 1 mg/l) explantes desarrollados anormalmente. Después de 45 días de cultivo sólo se obtuvieron explantes cortos y engrosados con una radícula corta o con un desarrollo casi nulo (Cuadro 13).

CUADRO 13

RESULTADOS OBTENIDOS DESPUÉS DE 45 DÍAS DE CULTIVO DE EMBRIONES
EN SUSTRATOS MS CON DISTINTAS DOSIS DE BAP

BAP (mg/l)	Porcentaje de explantes con al menos una hoja (%)	Número de hojas por explante	Largo de la hoja de mayor dimensión (cm)	Índice de desarrollo foliar	Peso fresco total (mg)	Largo de la radícula (cm)
0,1	35	2,6	2,18	198	193	0,91
0,5	100	2,2	0,50	120	390	0,55
1,0	100	2,0	0,40	80	360	0,60

Fuente: Cossio y Minotta, 1983.

Cornu y Jay-Allemand (1989) estudiaron la micropropagación de híbridos entre *Juglans regia* y *J. nigra* a través de cultivos y multiplicación de embriones. Para esto aislaron embriones bajo condiciones estériles y los introdujeron en dos medios de cultivo *in vitro*, Agar y Gelrite. Los mejores resultados se obtuvieron con Gelrite (Cuadro 14).

CUADRO 14

EFFECTO DE DIFERENTES MEDIOS DE CULTIVO SOBRE LA PRODUCCIÓN DE BROTES Y
ELONGACIÓN DEL TALLO EN HÍBRIDOS ENTRE NOGAL COMÚN Y NOGAL NEGRO

Medio de cultivo	Nº de brotes	Elongación del tallo (mm)
Agar	2	10,4
Gelrite	5,1	18,6

Fuente: Cornu y Jay-Allemand, 1989.

Revilla *et al.* (1989) también estudiaron la micropropagación del nogal, para lo que utilizaron embriones y segmentos juveniles de nogal. El material vegetal se obtuvo de plantas de 2 a 3 meses cultivados en condiciones de invernadero. Como medio de cultivo se utilizó Murashige y Skoog (MS) agregándole además un 30% de sacarosa, 0,7% de agar y diferentes combinaciones de BAP (1 - 5 mg/l), IBA (Ácido Indol Butírico, 0,1 mg/l), IAA (Ácido Indol Acético, 0,05 mg/l) y ácido giberélico (0,1 - 1 mg/l). Las condiciones de cultivo fueron 16 horas de fotoperíodo y una temperatura de 25°C.

La mejor combinación de reguladores de crecimiento para la propagación de nogal tanto en embriones como en tejido juvenil, correspondió a 1 mg/l de BAP y 0,1 mg/l de IBA. Altas concentraciones de BAP por cortos períodos produjeron modificaciones en hojas y tallos. La aplicación de 0,1 mg/l de ácido giberélico provocó fuertes elongaciones en los embriones, pero no tuvo efecto sobre los cultivos de tejidos juveniles.

En el marco del primer proyecto europeo de nogal, tres métodos de propagación vegetativa fueron probados (estacas, embriogénesis somática y micropropagación). El primero demostró ser poco efectivo y fue desechado. En relación al segundo, una línea de embriones somáticos fue mantenida en cultivo de tejidos con una elevada tasa de proliferación produciendo embriones secundarios. Esta modalidad fue usada principalmente para transformaciones genéticas, con éxito, pero muy pocas plantas fueron producidas desde el invernadero.

Respecto a la micropropagación, esta técnica presentó atractivos resultados, permitiendo su transferencia a viveros privados para ser desarrollada por primera vez a escala comercial. Para los mejores clones, la tasa de multiplicación fue de 2 a 3 cada 3 semanas, el porcentaje de enraizamiento fue de 70 a 80% y la tasa de sobrevivencia en aclimatación fue de 60 a 80%. Durante el proyecto 60 clones fueron propagados, 20.000 brotes enraizados de los cuales 10.000 fueron acondicionados, y parte fue establecida en un ensayo clonal en Francia. El costo de la propagación in vitro fue estimado por entes privados en US\$850/1.000 microestacas. Los resultados son de gran interés pues por primera vez un método de propagación vegetativa de nogal (diferente de la injertación) puede ser usado para producir plantas a escala comercial.

4.1.2.2 Producción de plantas vía injertos

Debido a que la propagación del nogal mediante estacas o mugrones no ha tenido éxito, la propagación vegetativa se ha limitado a la injertación de yema o púa.

Muchos de los buenos huertos se han desarrollado con estos métodos, pero en general los árboles injertados parecen ser mejores en situaciones de valle donde hay poca competencia. En situaciones con mucha competencia o cuando existe un inadecuado abastecimiento de agua, resulta mejor plantar plantas de semilla, ya que éstas toleran mejor las condiciones desfavorables, y pueden vivir y crecer donde los árboles injertados morirían en el primer año.

El injerto del nogal es una práctica antigua y encuentra su aplicación en la fruticultura. Sin embargo, también en el caso de plantaciones para producción de madera este método podría aplicarse si se seleccionan variedades de particular interés. Un eventual límite a esta práctica reside en el hecho que puede manifestarse, especialmente en el injerto heteroplástico²⁰, el fenómeno de incompatibilidad retardada, incluso después de 20 años del injerto (Cornu, 1977 cit. por Ducci y Tani, 1997), lo que degrada el valor de la madera. De ahí que se recomiende en estos casos hacer injertos muy bajos o altos.

Para formar un nocal con objetivo forestal, Denci *et al.* (1982) recomiendan evitar el uso de material injertado, debido a que existe la posibilidad de que en el punto de unión se originen malformaciones del tejido leñoso o defectos, reduciendo el valor de la planta.

Los nogales son más difíciles de injertar por yema o púa que otras especies frutales o productoras de nueces, no obstante lo anterior, en Francia y California se ha logrado tener un alto porcentaje de éxito en el prendimiento de los injertos.

20. Injerto de tejidos procedentes de otro individuo (de la misma especie o de especie o género distintos).

En varios países se ha realizado mejoramiento genético de esta especie, actuando fundamentalmente en dos líneas de acción: selección en poblaciones autóctonas y obtención de nuevo material vegetal por cruzamientos dirigidos. Esto se ha debido principalmente a la enfermedad llamada *línea negra*, que ha producido daños importantes en plantaciones injertadas sobre patrones de *Juglans nigra*, *J. hindsii*, y *paradox*. Esta manifiesta por la aparición de una banda de tejido necrótico al nivel de la zona de unión patrón - injerto, que ocasiona la muerte de la parte injertada al quedar bloqueada su comunicación con las raíces. Cuando los árboles están injertados sobre *Juglans regia*, tolerante a la infección por el virus, la reacción anterior no se produce (Vargas, 1989).

En Italia no existe suficiente material injertado con fines madereros debido a la carencia de métodos de injertación aplicables a escala industrial y a costos aceptables. Debido a esto se ha recurrido a estudios de biotecnología en relación a la posibilidad de cultivar in vitro, pero aún queda mucho camino por recorrer (Minotta, 1989; 1990).

En California, la mayoría de los nogales se injertan de púa o parche directamente en el vivero; también algunos productores plantan los patrones y los injertan después de uno o dos años (Forde, 1979), usando el injerto de púa, de corteza a finales de primavera, o el injerto de yema de parche en primavera y verano.

En el caso de plantas injertadas, éstas deben ser podadas en la punta hasta los 30 o 40 cm sobre el punto del injerto, dejando al menos 4 a 6 yemas; el riego se debe realizar en forma moderada. No hay que aplicar fertilizante durante el primer año (Crawford, 1996).

La semilla seleccionada para la obtención de patrones debe cumplir con las mismas recomendaciones y tratamientos pregerminativos mencionadas en el acápite 4.1.3.1.

Patrones para nogal común (*Juglans regia*):

Al término de una estación de crecimiento, las plantas están de tamaño apropiado para ser injertadas de yema.

Nogal común (*J. regia*): Produce buenos patrones con una excelente unión del injerto; son los más resistentes a la pudrición del cuello (*Phytophthora sp.*). En Chile, se recomienda este patrón por la resistencia antes mencionada, dado que tradicionalmente se ha utilizado al patrón *Juglans nigra* por la resistencia a *Phytophthora* mencionada en la literatura; sin embargo, en este ambiente nogal negro no se muestra resistente a las 16 especies de este hongo identificadas en nuestro país²¹. Los árboles injertados sobre este patrón se desarrollan satisfactoriamente en suelos sanos y sin acumulación de sales. En algunas zonas se recomienda su uso para evitar la enfermedad de la línea negra, a la cual se supone que es inmune.

Nogal paradox (*J. nigra x J. regia*). Este es un patrón híbrido de primera generación (F1). Sus plantas se obtienen de semillas tomadas de árboles de *J. hindsii*, cuyas flores han sido polinizadas por el

21. Lemus, G. (2000). Ing. Agrónomo. INIA - La Platina. Com. Personal.

viento con polen de árboles cercanos de *J. regia*. Las semillas de los árboles paradox no debe usarse para producir patrones, debido a su variabilidad. Aunque las plantas de la primera generación (F1) son variables en algunas características, la mayoría de ellas muestra vigor híbrido y forman excelentes patrones para el nogal común. Son resistentes a nemátodos (*Pratylenchus vulnus*), a la pudrición de la raíz y toleran excesos de agua. En general, las plantas de paradox son más susceptibles al hongo de la raíz del roble y a la agalla de la corona que las plantas de *J. hindsii*; además son susceptibles al problema de la línea negra como las plantas de *J. hindsii* obtenidas de semillas. Los árboles formados por injerto sobre nogal paradox crecen y rinden mejor que aquellos injertados sobre *J. hindsii* y pueden producir nueces de gran tamaño con pepa de mejor color. En suelos muy pesados o de baja fertilidad los injertos sobre nogal paradox crecen más rápido que aquellos sobre *J. hindsii*.

En California, el segundo patrón más utilizado en plantaciones es el nogal paradox; es resistente a la pudrición del cuello como también particularmente resistente al daño por nemátodos. También es más tolerante a los suelos pesados y húmedos que *J. hindsii*. Aunque las plantas de paradox son variables, generalmente crecen mucho más rápido que las plantas de *J. hindsii* en suelos pobres y montañosos, en situaciones de replante de nogal o bajo otras condiciones menos favorables.

Nogal negro del norte de California (*J. hindsii*). Este es el patrón que se usa más en el norte de California. Las plantas son vigorosas, producen una unión de injerto fuerte y soportan condiciones adversas de suelo. Son resistentes al hongo de la raíz del roble, y al nemátodo de la agalla de la raíz, pero son susceptibles a la pudrición del cuello, a la agalla de la corona, al nemátodo de las lesiones de la raíz y en algunas zonas al defecto de la línea negra. Este defecto ha aparecido en algunos distritos de California y Oregon, así como en Francia, afectando a nogales injertados sobre este patrón.

En Chile, el patrón comúnmente usado es *J. regia*, pero paradox es recomendable debido a que nuestro país no presenta la línea negra (Black line) (Barriga *et al.*, 1991).

Tipos de injertos:

En Chile la mayoría de los nogales se injertan de parche, de astilla y de púas en el vivero (Barriga *et al.*, 1991). Los nogales *J. regia* y *J. nigra* necesitan de dos años para ser injertados por yema o púa, mientras que *J. hindsii* y paradox crecen lo suficiente como para ser injertados dentro del año (Forde, 1979). Si se cuenta con un suelo de vivero fértil y un manejo adecuado se puede tener plantas de *J. regia* listas para injertar al año (Barriga 1992a).

- * Injertos de astilla: Se puede realizar durante todo el año ya que no requiere que la corteza esté suelta. Las púas se obtienen de los árboles en receso, y la época más adecuada es la primavera, en los meses de octubre a noviembre (mejores prendimientos).
- * Injertos de púa, empalme inglés: La púa para la injertación se saca en pleno invierno, julio - agosto, antes que comiencen a hincharse las yemas y no después de una helada fuerte. Estas

deben obtenerse a partir de ramas que tuvieron un activo crecimiento la temporada anterior. Las púas se deben mantener húmedas y en frío (2 - 8 °C). Se recomienda preparar los patrones cortándolos algunos días antes. La época adecuada para realizar el injerto es en los meses de octubre - noviembre (Barriga, 1992b).

4.2 ESTABLECIMIENTO

Después de haber seleccionado las plantas, hay que especificar el destino del material que se obtendrá, de modo de poner en práctica todas las técnicas que permitan obtener madera de calidad en relación a las exigencias de la industria correspondiente (homogeneidad, dimensiones, clasificación).

Normalmente, si las condiciones son buenas se espera producir las categorías que alcanzarán los precios más elevados. Para el nogal, el objetivo primario es la producción de madera foliable; junto a este propósito se pueden obtener beneficios adicionales, tales como mejoramiento del ambiente para fines de turismo rural, productos secundarios y otros.

No se deben plantar nogales en suelos donde se cultiva o anteriormente se cultivó alfalfa (últimos cinco años), pues debido a efectos alelopáticos, los árboles presentan un retraso significativo en su crecimiento que perdura en el tiempo.

4.2.1 Preparación del terreno

El laboreo del suelo se realiza entre períodos de riego; este trabajo cumple la triple finalidad de eliminar malezas, incorporar fertilizantes químicos y/o sustancias orgánicas, y preservar la humedad del suelo.

Las condiciones climáticas y pedológicas influyen en la intensidad y tipo de preparación del suelo. Una práctica que se ha ido propagando en California es la no labranza al suelo y un buen control de la maleza con herbicidas químicos. Con esta técnica no hay problemas de fitotoxicidad, pero a veces se observa una escasa descomposición de la hojarasca.

A excepción de los suelos Trumao, lo ideal es efectuar una aradura o un subsolado en todo el terreno, pero si esto no es posible, se realizan casillas lo suficientemente grandes (80 x 80 x 100 cm) como para favorecer un correcto establecimiento y recuperación de las plantas. Estas se pueden realizar manualmente, en forma mecanizada o con un taladro, aunque en los suelos limosos o más o menos arcillosos este último sistema tiene el inconveniente de alisar y sellar las paredes de la casilla. Para evitar esto, conviene abrir las casillas en otoño, y plantar más tarde, en primavera. Cabe señalar que casillas pequeñas como las realizadas para las forestaciones tradicionales pueden obstaculizar el drenaje del agua excesiva y el desarrollo radicular, ya que el nogal tiende normalmente a extenderse también en forma horizontal.

La aradura, más allá de incorporar un elevado contenido en sustancias orgánicas, contribuye a mejorar la estructura del terreno y a aumentar la capacidad de infiltración hídrica; en los terrenos de

zonas montañosas esta técnica permite reducir el riesgo de erosión. Según el tipo de terreno y de las condiciones climáticas, en las plantaciones de nogal, se puede incluir otros cultivos como mostaza, cebada, avena, trébol, porotos, hortalizas o maíz, este último a partir del segundo año.

Si es que se ha decidido hacer una plantación pura y cuando la vegetación existente rebrota de tocón, se procede a utilizar productos químicos para su extracción definitiva.

4.2.2 Plantación

Plantación

El mejor período para plantar es el otoño, pero puede extenderse hasta fines de la primavera según las condiciones climáticas del lugar. Barone *et al.* (1997) señalan que si bien la plantación se puede realizar durante la estación de reposo vegetativo, es importante evitar los períodos muy lluviosos o cuando el suelo está congelado.

El nogal presenta ciertos problemas al ser plantado, por poseer raíces principales largas, por lo cual el hoyo deber ser lo suficientemente profundo como para que las raíces queden bien extendidas, aunque las raíces más largas deben podarse un poco. Es vital que las raíces no se resequen durante el transplante.

Plantas

La experiencia de INFOR indica que plantas de 1 año a raíz desnuda con un buen equilibrio entre la parte aérea y radicular son adecuadas para establecer plantaciones con fines forestales.

Cuellos

Al momento de plantar se debe considerar que el cuello de la planta quede a ras del suelo (no cubierto), previa eliminación de las raíces rotas, tratando de mantener un equilibrio entre la parte epígea e hipógea. Esto es muy importante, pues si se cubre el cuello el desarrollo posterior de la planta puede atrasarse por más de 5 años, a razón de un año por cada cm cubierto. Con coberturas mayores las plantas pueden incluso llegar a morir.

Después de la plantación y una vez que el suelo se secó, es necesario recorrer la plantación para verificar que los árboles no se hayan enterrado con la estabilización del terreno. Si ello fuera el caso, se recomienda levantar los árboles tirándolos suavemente, para que queden con el cuello a nivel del suelo, y finalmente apretar levemente el terreno a su alrededor para fijar esta posición.

Protecciones

Cuando no se ha cercado perimetralmente la plantación, es prudente considerar la protección de las plantas con malla metálica, corromet o tubos (shelters) en zonas donde hay conejos, liebres u otros roedores.

Riegos

Los árboles pueden ser plantados sobre un pequeño montículo de tierra, lo que ayuda a tener un sistema de riego seguro, resguardando a la planta de anegamientos.

Si el año de plantación es seco, es necesario aplicar riegos controlados, basados en la humedad disponible en el suelo, lo que se logra con el uso de instrumentos llamados tensiómetros, los que son muy útiles a lo largo de toda la rotación para incrementar la eficiencia del uso del agua y maximizar las condiciones de crecimiento para las plantas (otros antecedentes se encuentran en el acápite 4.2.4.5).

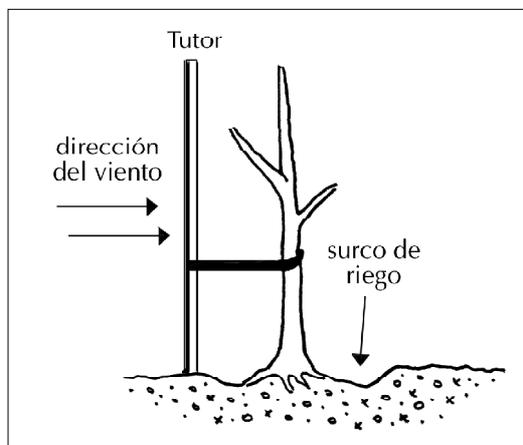
Mulching

A los árboles jóvenes es recomendable ponerles mulching de 1 m de radio, ya sea de plástico o de otro material orgánico. Esta técnica permite controlar malezas, mantener la humedad del suelo, incrementar la temperatura del suelo, y a la vez permite incorporar fertilizantes si se trata de material orgánico (otros antecedentes se encuentran en el acápite 4.2.4.2 y 4.3.5).

Tutores

En zonas ventosas el árbol debe ser apoyado por un tutor los primeros 10 años, el cual debe medir más de 2 m de largo, y debe ubicarse en favor del viento (Figura 9). En ciertos casos puede ser necesario utilizar cañas que guíen la flecha, la que por la velocidad de crecimiento (en Chile se han registrado incrementos en altura superiores a 1 cm al día durante todo el periodo vegetativo) adquiere gran flexibilidad y se dobla, fenómeno significativo en plantaciones puras.

De acuerdo a lo señalado por Crave (1990), el uso de tutores presenta inconvenientes, ya que aunque favorecen la cilindricidad de los fustes, frenan su crecimiento en diámetro. Su uso debería evitarse mediante la instalación de cortinas cortaviento, adecuadas si se instalan algunos años antes de la plantación.



Fuente: modificado de Barriga *et al.*, 1991.

Figura 9: Disposición en terreno de la planta con tutor.

4.2.3 Densidad de plantación

Tanto el esquema de plantación como el distanciamiento entre plantas derivan de una serie de datos y evaluaciones específicas de cada plantación. Para su definición también es importante considerar

la organización técnica y capacidad de gestión del propietario o empresa, sus preferencias y las características socioeconómicas de la zona, evaluando las posibilidades de colocación de las producciones secundarias futuras en el mercado local.

Es necesario considerar que mientras más alejados de las condiciones ecológicas óptimas se encuentre una plantación, mayor deberá ser el aporte energético requerido, como cuidados culturales, fertilizantes, etc. El costo entonces podría crecer tanto como para disminuir, anular o hasta hacer negativos los resultados financieros de la inversión.

La selección de la densidad y disposición de plantación es muy importante ya que el costo del mulching y riego por goteo y de su mantención, está en función de la disposición y cantidad de plantas.

Disposición de la plantación

- La disposición cuadrada facilita la ubicación de las plantas en terreno, la plantación y las labores mecanizadas, pero quedan grandes superficies inutilizadas.
La disposición rectangular presenta características parecidas a la anterior, pero se diferencia en que una mayor cantidad de plantas sobre la fila permite reducir la cantidad de plástico para el mulching y de tubos o cañerías para el riego. La superficie utilizada es la más baja de todas las disposiciones existentes, y la iluminación no es uniforme; ésta asimetría podría llevar a irregularidades o curvaturas del tronco, con la consiguiente depreciación de la madera.
- La disposición a cinco pies presenta las mismas características de la cuadrada, pues se trata de la misma figura geométrica que ha sufrido una rotación de 45° , pero un poco más compleja.
La disposición a seis pies tiene la ventaja de mantener una distancia constante entre árboles, y de maximizar la superficie cubierta por las copas. Con iguales superficies y distanciamientos, se puede llegar a tener un 15,5% más de plantas respecto a la disposición cuadrada (Figura 10).
- En el caso de nocedales con objetivo maderero, aún falta experiencia específica, pero en líneas generales es preferible una disposición tipo tres bolillos con el fin de estimular el desarrollo en altura, aunque por motivos prácticos se sugiere usar la disposición cuadrada o rectangular. Investigadores italianos hacen referencia al sistema de tres bolillos con distanciamientos de 5 x 4 m o 5 x 5 m, interviniendo al año 15 para dejar la densidad definitiva.
- Experiencias de avanzada muestran excelentes resultados plantando el nogal a 8 x 8 m, con disposición cuadrada, esquema inserto dentro de un complejo diseño mixto en que se emplean especies arbóreas y arbustivas secundarias para formar madera de calidad superior.

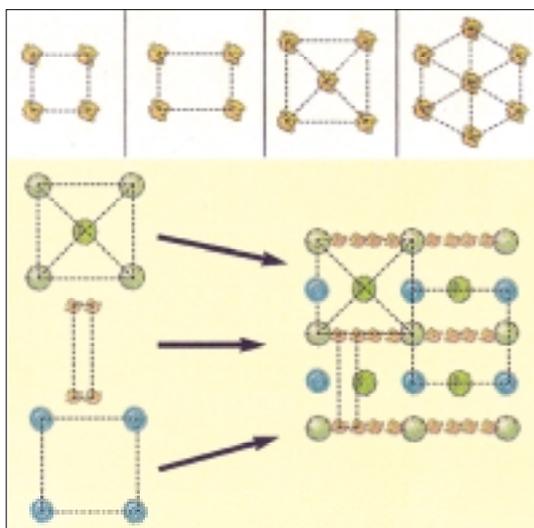


Figura 10: Diversas disposiciones de los árboles en una plantación pura (arriba) y mixta (abajo).

Distancia de plantación

Los nogales se benefician de una protección lateral y crecen mejor en ambiente "forestal" que aislados; la compañía mejora la forma y facilita la formación de un buen tronco.

Si se hacen plantaciones densas (3 x 3 o 4 x 4 m) se deberán efectuar raleos cuando las copas empiezan a tocarse. Distanciamientos menores a 7 m obligan a efectuar raleos de material no vendible. Distanciamientos pequeños permiten obtener mejor forma de las plantas y una amplia selección de los individuos que llegarán al fin de la rotación. Distanciamientos mayores requieren mayor aporte energético, pero tienen un costo de establecimiento y protección mucho más bajos.

A modo de conclusión, no existen disposiciones o distanciamientos ideales en absoluto, sino que ambos deben ser combinados de manera de satisfacer las condiciones requeridas por la especie, por los objetivos técnicos y financieros, por las características del predio y del propietario del mismo.

En California la tendencia ha sido disminuir la distancia en plantaciones frutales, duplicando o triplicando el número de árboles por hectárea. Esto es posible gracias a la disponibilidad de cultivares caracterizados por una fructificación precoz (10 - 12 años), lo que no depende de la distancia de plantación. El aumento de densidad conlleva a un consecuente aumento de la producción, amortizando más rápidamente la inversión inicial. La distancia de plantación varía entre los 5 y los 14 m.

En Italia el espaciamento usado depende del objetivo de producción; frutal, mixto o maderero. Las distancias de plantación más usadas con objetivo frutal son bastante amplias; 10 x 10 m, 12 x 12 m, 15 x 10 m, 15 x 15 m y 20 x 10 m (Denci, *et al.*, 1982). Minotta (1989, 1990) señala que para plantaciones fruto - forestales el distanciamiento de plantación varía entre los 10 x 10 m y los 12 x 12

m, con los cuales se logra un adecuado desarrollo y una buena iluminación de la copa. En el caso de plantaciones en hileras combinadas con cultivos agrícolas, este distanciamiento disminuye a 8 ó 10 m.

Variación de la densidad en el transcurso de la rotación

El IDF (1979, cit. por Denci *et al.*, 1982) y Minotta (1981) apoyan la idea de establecer densidades definitivas de plantación para favorecer el desarrollo en diámetro del tronco, con el consiguiente aumento de la producción maderera, lo que corresponde a un distanciamiento de 10 a 12 m en todas las direcciones. Este tipo de plantaciones a baja densidad puede ser efectuado con material seleccionado y realizando las operaciones culturales en forma individual e intensiva.

Al respecto, Ciancio *et al.* (1992) señalan tres tipos de plantaciones de nogal: las plantaciones puras, las que a su vez se dividen en aquellas que se instalan desde el principio con una densidad igual a la definitiva y que por lo general se combinan con cultivos agrícolas, y aquellas con densidad de plantación variable la que se reduce paulatinamente con raleos; las plantaciones en hileras y por último las plantaciones mixtas.

En plantaciones con objetivo forestal se debe considerar maximizar la producción en términos de cantidad y calidad. En Europa se recomienda realizar plantaciones a densidad definitiva, con una superficie por planta de 32 a 100 m², reduciendo la competencia y los daños provocados por el raleo. En la práctica se han adoptado distanciamientos de 6 x 6 m o de 7 x 7 m.

En plantaciones de densidad variable, con distanciamientos de 4 x 4 m o de 5 x 5 m debe efectuarse un raleo alrededor de los 15 años de edad con una rotación de 40 a 50 años. Este tipo de densidad tiene la ventaja de reducir el desarrollo de ramas laterales, de favorecer el desarrollo en altura, de obtener productos del raleo y de seleccionar con mayor facilidad los individuos a dejar para la cosecha final. En plantaciones fruto - forestales el distanciamiento adecuado final es de 9 x 9 m o de 10 x 10 m. En plantaciones en hilera se considera adecuado un distanciamiento de 7 m, mientras que en plantaciones mixtas el distanciamiento varía según la situación.

Para la producción de madera, en EE.UU. se usa plantar el doble del número de plantas que se desea cosechar para elegir los mejores individuos, lo que es muy importante cuando las plantas son genéticamente heterogéneas.

No obstante lo anterior, los raleos alteran normalmente el ancho de los anillos de crecimiento, lo que afecta la valoración de la madera (capítulo 5).

En base a la falta de experiencia en Chile, a las características del material con que se cuenta y a los antecedentes mencionados, si se opta por establecer una plantación pura, se recomienda el establecimiento de plantaciones de nogal a alta densidad (3 x 3, 4 x 4 m), siempre que se efectúen oportunamente raleos graduales en cuanto las copas de los árboles empiecen a tocarse.

CUADRO 15

RESUMEN DE DISTANCIAMIENTOS DE PLANTACIÓN RECOMENDADOS

Densidad recomendada	País	Observaciones	Autor
7 x 7 m 14 x 14 m	California	Plantación con objetivo frutal.	Bellini y Ponchia, 1980
10 x 10 m 12 x 12 m 15 x 10 m 15 x 15 m 20 x 10 m	Italia	Plantación con objetivo frutal.	Denci <i>et al.</i> 1982.
10 x 10 m 12 x 12 m	Italia	Plantaciones a densidad final con objetivo fruto forestal.	Minotta, 1989; 1990.
8 ó 10 m entre hileras	Italia	Plantaciones en hileras combinadas con cultivos agrícolas.	Minotta, 1989; 1990.
5 x 4 m 5 x 5 m	Italia	Plantaciones con objetivo maderero, con sistema tres bolillos.	Denci <i>et al.</i> , 1982.
10 x 12 m	Italia	Plantaciones con objetivo maderero, con una densidad definitiva.	IDF (1979, cit. Denci <i>et al.</i> , 1982); Minotta, 1981.
6 x 6 m 7 x 7 m	Italia	Plantaciones con objetivo forestal.	Ciancio <i>et al.</i> , 1992.
9 x 9 m 10 x 10 m	Italia	Plantaciones a densidad final con objetivo fruto forestal.	Ciancio <i>et al.</i> , 1992.
3 x 3 m 4 x 4 m	Chile	Plantaciones pura con objetivo forestal.	Loewe, 1991a; 1991b.
7 x 7 m	Chile	Plantaciones mixtas con objetivo forestal.	Loewe, 2000. Comunicación personal.

Fuente: Elaboración propia

4.2.4 Cuidados culturales

4.2.4.1 Trabajos posteriores a la plantación

Las labores que se realizan en los años posteriores a la plantación contribuyen en modo determinante al resultado de ésta.

Algunos autores recomiendan realizar en primavera una remoción superficial del suelo y repetirla dos veces en verano, para eliminar la costra que se forma en el terreno y la vegetación herbácea,

aumentar la aireación y la disponibilidad hídrica del suelo. Para este fin se puede elegir entre una remoción manual o mecanizada, un mulching o la aplicación de tratamientos químicos. Estas actividades se potencian cuando son acompañadas por una fertilización.

4.2.4.2 Fertilización

El aporte de sustancia orgánica al terreno es útil para mejorar la estructura del suelo y la capacidad de retención hídrica, para aumentar el potencial microbiológico y químico, para estimular el desarrollo del aparato radicular y la absorción de elementos nutritivos. Por lo tanto una fertilización orgánica de fondo es aconsejable sobretodo en terrenos arcillosos o limosos o en aquellos donde el porcentaje de sustancia orgánica es inferior al 2%. Sin embargo, otros autores no recomiendan el uso de fertilizantes, a pesar de que son usados en grandes cantidades en los huertos frutales.

El nogal presenta los siguientes requerimientos nutricionales:

- Nitrógeno: La deficiencia de este elemento provoca un crecimiento débil, un follaje pálido y un tamaño de las hojas y frutos un poco menor al normal. Este elemento es normalmente aplicado en EE.UU. en forma inorgánica como sulfato o nitrato de amonio, nitrato de calcio o urea (Jaynes, 1969). La carencia de nitrógeno, además de afectar el desarrollo vegetativo de la planta, también se ve reflejada en la cantidad y calidad de la nuez (haciendo disminuir su tamaño). Los síntomas de carencia de nitrógeno son de difícil detección y son confundidos con otras causas, como el daño al sistema radicular por nemátodos, por estrés hídrico y por *Phytophthora cactorum*.
- Zinc: El estado inicial de deficiencia de zinc corresponde a una disminución en el tamaño de las hojas, las que a su vez presentan su borde ondulado y una leve amarillez de la lámina entre la nervadura. En casos severos las hojas se empequeñecen aún más, se tornan amarillas y hay muerte en el extremo de las ramillas. El tamaño de la fruta disminuye al igual que la producción, pudiendo llegar a ser nula (Jaynes, 1969). La deficiencia de zinc está asociada a suelos alcalinos (pH mayores a 7,5) y ocurre generalmente en huertos establecidos sobre suelos arenosos o con alto contenido de guano de corral (Ibacache y Valenzuela, 1994). Los déficits de zinc se manejan con tratamientos foliares y aplicaciones en el suelo.
- Boro: La deficiencia de boro causa hojas cloróticas deformadas, internudos cortos y crecimiento achaparrado. Fertilizaciones con aproximadamente 56 kg de boro por hectárea da buenos resultados. Aplicaciones excesivas pueden causar daño quemando las puntas de las hojas en casos moderados, y el borde completo en casos más severos (Jaynes, 1969). Estos excesos son comunes en suelos de la región semiárida de Chile y en aguas de riego del norte (Ibacache y Valenzuela, 1994).
- Manganeso: La deficiencia de este elemento se presenta en forma de franjas verdes y amarillas entre las nervaduras laterales de las hojas, quedando franjas de color más oscuro a lo largo de éstas. En casos severos hay defoliación prematura en otoño (Razeto, 1979). Los déficits de manganeso se manejan con tratamientos foliares.

- Hierro: Su deficiencia se manifiesta por una clorosis intensa en las hojas. Al inicio, las nervaduras de las hojas no se ven afectadas por clorosis, pero a medida que la deficiencia es mayor el color verde de éstas empieza a desaparecer; las hojas se tornan blancas y terminan por caer.
- Potasio: La deficiencia de potasio se manifiesta a través de una deformación de las hojas, un color grisáceo en el envés de éstas y en algunas ocasiones bandas amarillas o rojizas a lo largo de la nervadura central (Jaynes, 1969; Razeto, 1979).
- Cobre: Los síntomas de su deficiencia son la caída de las hojas de los tallos nuevos ubicados en la parte superior del árbol, acompañado por manchas necróticas en la corteza de los tallos y muerte de éstos antes de caer. Las nueces producidas generalmente presentan un desarrollo menor (Jaynes, 1969). Los déficits de cobre se manejan con tratamientos foliares.
- Fósforo: La escasez de fósforo causa decoloración y quemaduras en forma irregular y caída de las hojas. Los árboles se debilitan y gradualmente disminuye la producción (*Op. cit.*).

En cuanto a la fertilización propiamente tal, el primer año casi no se necesita y especialmente no se debe aplicar cerca de las raíces al momento de plantar (Crawford, 1996). Después de efectuada la plantación este autor recomienda fertilizar con las cantidades indicadas en el Cuadro 16.

CUADRO 16

RECOMENDACIONES DE APLICACIÓN DE NITRÓGENO Y POTASIO
EN PLANTACIONES DE HASTA CINCO AÑOS EN SUELOS AGRÍCOLAS

Año después de la plantación	Nitrógeno (g/planta)	Potasio (g/planta)	Radio de dispersión alrededor del árbol
1	50	80	1,0
2	100	160	1,5
3	150	240	2,0
4	200	320	2,5
5	250	400	3,0
6	450	800	Bajo la copa

Fuente: Crawford, 1996.

La fertilización debe realizarse al inicio de la primavera. Los componentes nitrogenados no deben ser de larga duración para evitar al principio altos niveles del elemento que aceleren el crecimiento; en verano y otoño las tasas de crecimiento son bajas, lo que favorece el endurecimiento de la madera, por ello no deben aplicarse fertilizantes después del primero de enero, ya que ello promovería un desarrollo de madera blanda (Crawford, 1996).

Pellegrino y Bassi (1993) establecieron estándares de fertilización según el tipo de suelo. En suelos particularmente arcillosos es recomendable aplicar potasio en forma de cloruro o sulfato en dosis de 200 - 400 kg/ha. El aporte de fósforo debe calcularse en función del pH del suelo; 200 - 300 kg/ha de P₂O₅ en suelos ácidos y 100 - 200 kg/ha en suelos de tipo calcáreo. El magnesio en cambio es necesario sólo en suelos con deficiencia de tal elemento (300 - 500 kg/ha de MgO). En suelo ácidos puede ser bueno aplicar calcio en cantidad variable de acuerdo al pH y la textura. En suelos con pH alcalinos se pueden presentar deficiencias de manganeso, hierro, potasio y zinc, las que pueden enmendarse aplicando abonos foliares, quelatos o sulfatos (Barriga *et al.*, 1991).

Se recomienda aplicar potasio y fósforo a partir del sexto año, realizando un aporte de 60 - 100 kg/ha en forma de cloruro o sulfato de potasio y 40 - 80 kg/ha de P₂O₅ en otoño. En el caso de árboles adultos en plena producción de frutos se recomienda aplicar en forma anual lo indicado en el Cuadro 17.

CUADRO 17

RECOMENDACIÓN DE FERTILIZACIÓN EN NOGALES ADULTOS CON FINES FRUTALES

Elemento	Dosis (kg/ha)
Nitrógeno	100-140
Potasio	100-140
P ₂ O ₅	60-80
MgO	60-80

Fuente: Pellegrino y Bassi, 1993.

Una alternativa para suplir las necesidades de nitrógeno es plantar plantas fijadoras de este elemento entre los nogales (por ej. *Alnus spp*, *Elaeagnus spp.*) en la proporción de un 33% de especies fijadoras de nitrógeno y 66% de nogales o hasta 50 % de cada una; estas combinaciones permiten fijar más de 50 kg/ha en 5 años (Buresti y Frattegiani, 1995).

La fertilización debe ir acompañada por una remoción superficial del suelo o de un mulch, ya que de lo contrario puede favorecer la vegetación competidora más que a los árboles mismos (Loewe, 1991a; 1991b).

Al respecto Minotta (1989; 1990) señala que en Italia en plantaciones con objetivo frutal existe la necesidad de fertilizar para favorecer el rápido crecimiento de las plantas jóvenes y una producción de frutos cualitativa y cuantitativamente elevada. Para ello recomienda realizar previo a la plantación una fertilización con estiércol suministrando aproximadamente 3 a 4 ton/ha en terrenos que no poseen suficiente materia orgánica; además se debe aplicar 100 kg/ha de P₂O₅, 150 - 200 kg/ha de K₂O y 150 kg/ha de nitrógeno. Este último elemento debe ser aplicado durante los primeros 5 años en dosis del orden de 100 g/planta al año, distribuidos en dos aplicaciones, la primera en septiembre en el hemisferio sur (2/3 del total) y la segunda en noviembre (1/3 del total).

Serr (1969) señala que la fertilización de nogal en California está basada principalmente en el análisis foliar, ya que se consideran las exigencias nutritivas para determinar carencias.

Los análisis de terreno no ofrecen indicaciones sobre la real disponibilidad de elementos debido a la dificultad de muestrear en suelos profundos donde la planta presenta sistemas radiculares muy desarrollados; a pesar de ello, los análisis del terreno pueden ofrecer eficaces estimaciones de determinados fenómenos de fitotoxicidad como excesos de sodio, cloro y boro. El nitrógeno a veces está presente en cantidades suficientes en terrenos fértiles cercanos a ríos desde el primer año de plantación hasta cuando la planta entra en producción. La técnica de siembra de leguminosas no siempre es suficiente para restablecer la reserva de nitrógeno, por lo que se debe recurrir a las diversas formas de fertilización nitrogenada con sulfato de amonio, urea y amoniaco. La selección y la forma de fertilización nitrogenada debe ser realizada en función al costo de la unidad de nitrógeno y considerando que éste no altere el pH del terreno.

Suárez²² (1996) en base a análisis de suelo, recomendó para plantaciones realizadas en Chile por el Instituto Forestal las dosis de fertilizantes indicadas en el Cuadro 18.

CUADRO 18

RECOMENDACIONES DE FERTILIZACIÓN SEGÚN PRODUCTO
Y UBICACIÓN GEOGRÁFICA EN CHILE (KG/HA)

Localidad	Tipo de suelo	Urea	Super-fosfato triple	Sulfato de cobre	Fosfato de amonio	Magnecal
Talhuén, Ovalle, IV región	Suelo sedimentario, ligeramente profundo, de textura franco arenosa, de buen drenaje.	50	50			
Las Cardillas, San Fernando, VI región	Suelo Pardo Forestal; de buen drenaje, textura media, pH neutro, profundidad efectiva de 80 cm.	40			170	
Fundo Copihue, Retiro, VII región	Suelo Trumao; de buen drenaje, textura media, ligeramente ácido, profundidad efectiva de 70 cm.	50	100	1,5		
El Huertón, Los Angeles, VIII región	Suelo Rojo Arcilloso; drenaje bueno a imperfecto, textura pesada, ligeramente ácido, profundidad efectiva de 50 cm.				150	250
El Vergel, Angol, IX región	Suelo granítico de lomajes y cerros; de buen drenaje, textura pesada, ligeramente ácido, profundidad efectiva 100 cm.	60			110	

Fuente: Elaboración propia

22. Suárez. D. 1996. Ing. Agrónomo. Pontificia Universidad Católica de Chile.

4.2.4.3 Técnicas de diagnóstico nutricional

Las técnicas de diagnóstico nutricional más utilizadas corresponden a:

Análisis foliar:

El análisis foliar es una herramienta útil que permite determinar los niveles nutricionales en distintas partes del árbol. En California, EE.UU., se han realizado una serie de análisis que han permitido establecer los rangos normales y deficientes para los distintos elementos. Estos, usados en combinación con los síntomas de deficiencia del árbol descritos anteriormente, pueden ser de gran ayuda para diagnosticar problemas en una plantación.

CUADRO 19

NIVELES ESTÁNDARES DE ELEMENTOS NUTRITIVOS EN MATERIA SECA DE HOJAS DE NOGAL

Elemento	Rango deficiente (síntomas notorios)	Rango intermedio (síntomas pueden o no presentarse)	Rango normal (síntomas raramente se presentan)
Nitrógeno	1,5-2,0 %	2,0-2,5%	2,5-3,25%
Zinc	4-15 ppm*	15-20 ppm	20-200 ppm
Boro	6-19 ppm	1-35 ppm	35-300 ppm**
Manganeso	6-20 ppm	20-30 ppm	30-350 ppm
Potasio	0,16-0,9 %	0,9-1,2%	1,2-3,0%
Fósforo	0,05-0,09%	0,09-0,12%	0,12-0,3%
Cobre	1-3 ppm	3-4 ppm	4-20 ppm

Fuente: Jaynes, 1969.

* ppm: partes por millón.

** 300 - 400: las hojas muestran quemaduras suaves en las puntas y bordes, sobre ello el daño es severo.

Los análisis foliares conjuntamente con las observaciones en terreno del follaje y vigor del árbol constituyen la base para establecer en forma más precisa las aplicaciones anuales de nitrógeno y de otros elementos. También permiten detectar los niveles de potasio, boro, fósforo o zinc disponibles para el árbol cuando éstos comienzan a estar por debajo de los niveles aceptables, cuando aún los síntomas de deficiencia no son evidentes (Jaynes, 1969).

Análisis de suelo:

Es también una herramienta muy útil, especialmente para complementar la información del análisis foliar. Detecta problemas de salinidad o toxicidad de elementos, como cloro, sodio y boro. Además permite definir el tipo de fertilizante más adecuado; dependiendo de las condiciones de suelo analizado, será recomendable fertilizar antes de plantar o cuando se visualice algún problema.

4.2.4.4 Control de malezas

Los nogales jóvenes no toleran la competencia, especialmente de pastos, por lo que el control de malezas es de vital importancia. Debe mantenerse libre de malezas un área de al menos 1 m alrededor de la planta, aumentando a 2 m después de algunos años. Esto se realiza preferentemente mediante mulching de polietileno u orgánico (con éste último se debe evitar el contacto con el cuello), o por medio de control químico.

También pueden emplearse una remoción mecánica del suelo o una combinación de las mencionadas anteriormente. Deben realizarse, estas actividades por lo menos durante los primeros 5 años de la plantación.

El uso del mulch es una técnica beneficiosa porque:

- Permite el control de malezas alrededor de la planta, manteniendo la frescura, favoreciendo la acción de las lombrices y por lo tanto la aireación del suelo, e impidiendo el desarrollo de malezas (principalmente gramíneas). Se debe hacer en primavera, para que en invierno el material esté descompuesto. Experiencias europeas demuestran que el uso de un plástico negro (mulch) de un 1 m de diámetro alrededor de la planta ha favorecido el crecimiento del nogal en las primeras temporadas de crecimiento en más de un 56 %; este corresponde a uno de los métodos más conveniente en dicho contexto socioeconómico (Jay-Allemand, 1996; Barone *et al.*, 1997).
- Reduce la competencia a nivel radicular entre los árboles y los cultivos agrícolas adyacentes, como en el caso de nogal asociado con alfalfa.
- Aumenta la humedad disponible para la planta y mitiga las variaciones térmicas a nivel del suelo. Pisanelli *et al.* (1998) relacionaron el potencial hídrico foliar del nogal y la humedad gravimétrica del suelo, desprendiéndose que el mulch plástico reduce significativamente la competencia hídrica cuando se asocia a cultivos agrícolas. A la vez, señalan que las plantas con mulch plástico, asocia a cultivos agrícolas, presentan un crecimiento significativamente superior comparado con las que no lo poseen.

Se ha observado que el uso de polietileno negro a lo largo de las hileras de nogal asociado a cultivos intercalados favorece el crecimiento en altura y en diámetro del nogal. Es importante tener en cuenta el uso del mulching de polietileno en plantaciones de este tipo, ya que es una práctica efectiva en el control de malezas, y generalmente mejora el crecimiento de muchas especies forestales.

En un estudio donde se compararon ocho tipos de materiales sólo para controlar malezas (plásticos de distintos espesores, papel y cartón) y 2 técnicas de control (químico localizado y manual) mostró diferencias en cuanto a su durabilidad y la capacidad de controlar las malezas. El control químico localizado y el mulch plástico negro de 0,20 mm de espesor fueron los que entregaron los mejores resultados en términos económicos y técnico - culturales (*Op. cit.*).

Los herbicidas a aplicar pueden ser de contacto y/o sistémicos. Los herbicidas de contacto como Paraquat (NC) y Gramoxone son de efecto rápido y afectan sólo al sector de vegetación que recibe el producto químico. Los tratamientos con herbicidas sistémicos o de translocación (2,4 D, MSMA,

glifosato) se orientan a combatir malezas perennes (Barriga *et al.*, 1991). En general en Chile no se aplican herbicidas residuales pre-emergentes.

4.2.4.5 Riegos

El riego es una práctica frecuente e indispensable para el cultivo de la especie; varios son los métodos de riego adoptados, destacándose la infiltración lateral, lluvia, bajo copa (que es uno de los más frecuentes) y últimamente se está popularizando el riego por goteo. La elección del método de riego depende de varios factores, como la práctica continua de labores en el cultivo y el tipo de terreno. Por otra parte el número de riegos y la época de aplicación se ve influenciado por la selección del método, la edad y vigor de los árboles, la variación térmica diurna durante el período estival, el viento y la humedad relativa del aire, así como por la mayor o menor cercanía al mar.

Los requerimientos de agua dependen de la edad de los árboles, del tipo de suelo, del nivel freático y de la demanda evapotranspiratoria (radiación solar, temperatura ambiente, humedad relativa, intensidad de los vientos, etc.).

Los riegos son necesarios cuando las precipitaciones son inferiores a 600 mm/año o muy irregulares en la dispersión. Un déficit de humedad al principio de la temporada conduce a una producción de nueces pequeñas; un déficit tardío implica una malograda madurez de la madera. La máxima producción de nueces ocurre con un abastecimiento total de agua equivalente a precipitaciones de 1.200 mm/año (Crawford, 1996).

Es importante conocer la distribución de la precipitación durante el año. Si los inviernos presentan escasa pluviosidad, se recomiendan riegos menos intensos en este período. De este modo los riegos primaverales a veces son indispensables, especialmente después de inviernos secos y si las plantas están situadas en suelos profundos donde los aparatos radiculares están bien desarrollados; en estos casos los riegos llegan a humedecer el suelo hasta unos 2 m de profundidad. El período de mayor necesidad hídrica se presenta en primavera y verano. Si se prolonga el período de sequía y/o carencia hídrica puede afectarse el tamaño de la nuez, particularmente sensible en el período de rápido crecimiento del fruto que se extiende 5 a 6 semanas después de la floración (Serr, 1969).

El nogal, así como otras especies frutales, no muestra síntomas de marchitez hasta que la falta de disponibilidad de agua en el suelo ya ha producido daños en su crecimiento y/o cosecha. Por este motivo, la frecuencia de los riegos debe establecerse mediante instrumentos que miden el potencial hídrico del suelo, los tensiómetros. Estos deben ser instalados en dos estaciones de medición por cada 15 ha de terreno de iguales características de suelo y cultivo. Las estaciones se ubican en las hileras de los árboles a una distancia del tronco ligeramente menor que la proyección de la copa de los mismos. Cada estación consiste en dos instrumentos colocados a profundidades de 45 a 60 cm y de 90 a 120 cm. Los riegos deben realizarse cuando los instrumentos indiquen tensiones de 50 a 70 centibares. En verano es preferible regar con tensiones menores (Fritsch, 1979).

En general, en plantaciones iniciales es recomendable regar cada 7 -10 días; en cambio, en plantaciones en producción se recomienda espaciar los riegos lo más posible, cada 20 días, siempre que el suelo no sea demasiado permeable, caso en el cual conviene aplicar riegos de menor duración pero más seguidos. En general se debe evitar regar los nogales en exceso, debido a que es muy susceptible a *Phytophthora* y la evapotranspiración del agua de riego provoca un ambiente húmedo en las plantaciones, el cual al combinarse con altas temperaturas, origina el medio ideal para la propagación de la ésta enfermedad y de la peste negra.

El riego debe realizarse preferentemente mediante surcos, aspersión y goteo. No es conveniente usar los métodos por tendido y tazas, ya que éstos exponen a las plantas a enfermedades del cuello.

Dentro de los métodos más usados en el riego de los huertos de nogal, los más comunes son (Barriga *et al.*, 1991):

- Surcos: varios surcos dependiendo del tamaño del árbol a cada lado y uno cruzado; es el método más usado y mejor.
- Aspersión: la microaspersión es también un buen método, ya que evita el paso excesivo de maquinarias sobre el suelo y la no labranza evita la destrucción de raíces, que es la puerta de entrada para el hongo causante de la pudrición del cuello (*Phytophthora sp.*).
- Riego por surcos con curvas de nivel integrado: se recomienda en plantaciones que se realizan en suelos con pendiente, faldeos de cerros con suelos profundos, permitiendo un mejor aprovechamiento del agua y un menor costo.

4.2.4.6 Otros

- Se recomienda proteger las plantaciones con cortinas cortaviento en zonas ventosas. Asimismo, las podas y raleos deberían hacerse en forma moderada, para favorecer la conicidad del fuste y reducir la acción del viento. Lo anterior resulta esencial para producir madera de calidad bajo dichas condiciones. En estos casos el largo objetivo de las trozas no debe superar los 3 m.
- Los shelters o tubos son de gran utilidad para evitar daños por aplicación de herbicidas, por fauna, y para favorecer el desarrollo en los primeros años de plantación. Los shelters son tubos protectores de polipropileno, de sección cuadrada, triangular, hexagonal o circular de 40 a 180 cm de altura. Al ser fácilmente visibles en terreno, facilitan las operaciones de limpieza. Además de proteger a las plantas jóvenes del ataque de animales y de la aplicación de productos químicos, estimulan el crecimiento inicial en altura a causa del efecto invernadero que se crea al interior del tubo. Según experiencias recientes, pareciera que el tubo de 60 cm es el que mejor resultados a dado con nogal.

4.3 MANEJO

4.3.1 Crecimiento

La duración del ciclo productivo puede variar en relación a la situación ambiental y a las dimensiones de madera que se desee obtener, así como a los requerimientos del mercado.

Minotta (1994) señala que en Italia en suelos de fertilidad adecuada, la rotación puede fluctuar entre los 30 y 35 años, y en suelos de fertilidad media, entre 40 a 50 años. Estas rotaciones, relativamente cortas comparadas con el Roble o la Haya, constituyen una de las motivaciones en Europa para cultivar nogal (Kerr, 1993). Para Chile se pueden prever rotaciones de entre 15 y 25 años en suelos fértiles con manejo intensivo.

Manejo fruto - forestal

Considerando que en las zonas planas el nogal difícilmente puede sustituir económicamente a los cultivos intensivos, parece interesante cultivarlo en las zonas de media y baja ladera hasta una altitud de 600 - 700 msnm. En estas zonas se encuentran muchos terrenos cuyo uso anterior era agrícola, con una cierta fertilidad residual, con pendientes leves, en los cuales el nogal con objetivo forestal con un manejo no intensivo puede constituir una alternativa a la forestación tradicional.

En Italia se ha observado una gran variabilidad de las técnicas para el cultivo de la especie con objetivo forestal. Un estudio realizado en plantaciones de nogal ubicadas a diferentes altitudes: fase inferior (altitudes inferiores a 100 msnm), fase intermedia (entre los 100 y los 400 msnm con iguales características climáticas que la fase anterior), y fase superior (altitudes superiores a los 400msnm) mostró que en todas las situaciones se observó una notable variación respecto al diámetro y altura, presentándose los mayores crecimientos en la fase altimétrica inferior (Cuadro 20).

CUADRO 20

CARACTERÍSTICAS DENDROMÉTRICAS DE PLANTACIONES
ANALIZADAS EN EL NORTE DE ITALIA

Fase altimétrica	Edad (años)	Distanciamiento (m)	Número de arb/ha	DAP (cm)	Altura (m)
Inferior	25	5,0 x 6,5	308	29,2	14,0
	24	4,5 x 6,5	340	23,2	12,9
	19	2,0 x 4,0	1.250	15,6	10,9
	17	4,5 x 6,0	370	18,0	11,0
	17	3,0 x 6,0	555	8,3	6,2
	14	4,0 x 4,0	625	15,4	9,6
	14	3,0 x 6,0	555	4,9	4,2
	12	5,0 x 5,0	400	23,2	14,6
	9	4,0 x 4,0	625	11,9	8,5
	7	4,5 x 4,5	494	11,4	8,8
	6	6,5 x 7,0	220	12,7	8,7
	4	2,5 x 3,5	1.143	7,3	6,8
	Intermedia	7	8,5 x 10,0	118	3,8
7		8,5 x 10,0	118	4,9	5,0
7		8,5 x 10,0	118	2,8	3,0
7		6,0 x 7,0	238	1,8	2,0
7		6,0 x 7,0	238	4,2	3,3
7		2,5 x 3,0	1.333	7,5	7,6
6		6,0 x 7,0	238	5,5	3,3
6		6,0 x 7,0	238	2,6	2,3
6		5,5 x 5,5	330	3,0	2,7
6		5,0 x 6,0	333	5,6	3,8
5		6,5 x 7,0	220	3,6	3,0
5		6,0 x 7,0	238	1,9	1,5
5		5,0 x 6,0	333	2,9	2,8
5		4,0 x 5,0	500	4,3	3,7
5		1,5 x 4,0	1.667	5,1	4,8
Superior	25	5,0 x 6,0	333	15,2	10,5
	11	6,0 x 6,0	278	4,2	3,6
	9	5,5 x 6,0	303	10,3	6,8
	9	5,0 x 6,0	333	3,8	3,2
	8	5,5 x 5,5	330	2,7	2,4
	8	3,0 x 4,0	833	4,6	3,8
	8	3,0 x 4,0	833	10,3	7,6
	7	5,0 x 5,0	400	4,3	2,6
	7	4,0 x 4,0	625	4,4	2,9
	7	4,0 x 4,0	625	3,9	2,6
	6	6,0 x 7,0	238	5,4	4,1
	6	6,0 x 7,0	238	3,7	3,2
	6	6,0 x 7,0	238	1,8	1,9

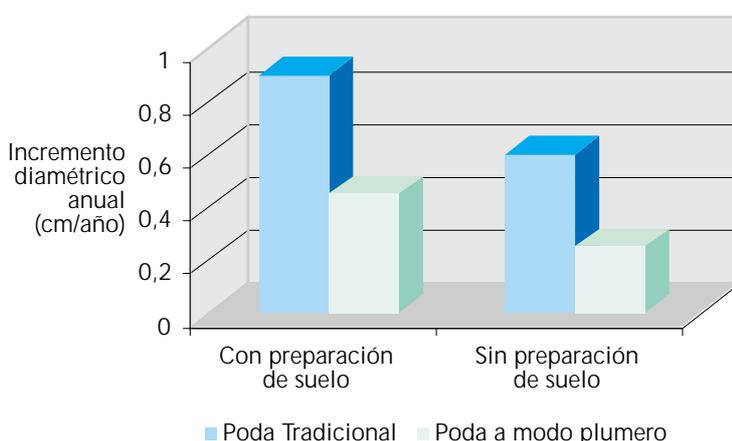
Fuente: Minotta *et al.*, 1993.

La densidad de plantación más utilizada de este estudio fue de 200 a 400 arb/ha, lo que se traduce en una superficie disponible por planta de 25 a 50 m². Se observaron algunas plantaciones más densas con 1.667 arb/ha, mientras que plantaciones con menos de 200 arb/ha no fueron frecuentes.

En cuanto al establecimiento y cuidados culturales, un 72,5% de las preparaciones del terreno se realizaron con arado, un 12,5% con subsolado y 15% en casillas. Al año siguiente de la plantación, en un 45% de las plantaciones se controlaron manualmente las malezas, en un 35% no se realizaron labores y en un 20% se realizaron controles discontinuos tanto mecánicos como químicos. Un 37,5% de las plantaciones no se fertilizaron después de establecidas, un 40% de los casos se fertilizó en forma discontinua en el primer año, y en el resto se realizó una fertilización anual utilizando gran variedad de tipos y dosis de fertilizantes.

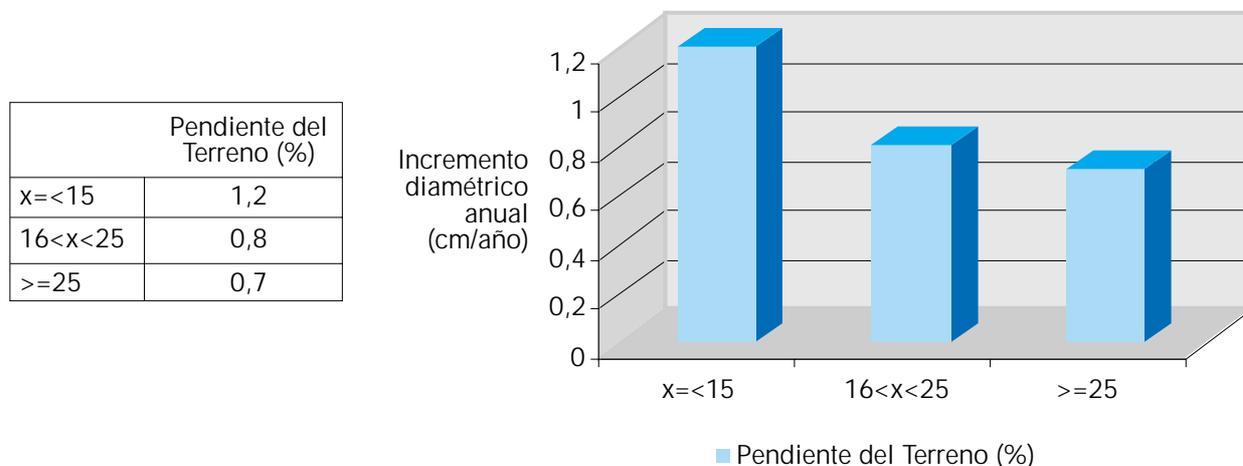
En el 75% de las plantaciones estudiadas se realizó una poda anual en otoño - invierno con el objeto de favorecer una buena forma del fuste; de ellas, un 47,5% consistió en una poda tradicional y un 27,5% fue de todo el fuste; en el 5% de los casos no se efectuaron intervenciones. En el 60% de las plantaciones no se efectuó ningún tipo de control antiparasitario. En el 20% de los casos se intervino una o más veces al año con tratamientos específicos contra *Cydia pomonella* o mediante la utilización de trampas de feromonas para la captura de machos adultos de *Cossus cossus*. En la mayoría de las plantaciones muestreadas se observaron ataques leves y un porcentaje bajo presentó ataques graves de parásitos, especialmente *Cossus cossus* y *Zeuzera pyrina*.

Se observó un aumento en el incremento diamétrico medio anual en las plantaciones sujetas a tratamientos periódicos del suelo y a podas de tipo tradicional gradual (Figura 11). Se observó también que el incremento diamétrico tiende a disminuir a medida que la pendiente es más fuerte (Figura 12).



Fuente: Modificado Minotta *et al.*, 1993.

Figura 11: Incremento diamétrico según cuidados culturales (cm/año).



Fuente: Modificado Minotta *et al.*, 1993.

Figura 12: Incremento diamétrico según pendiente del terreno.

De lo anterior se concluye que buena parte de las plantaciones realizadas hasta la fecha en Italia - situación que también se verifica en otros países europeos - no producirán madera de calidad debido a carencias técnicas; asimismo se observa que las tasas de crecimiento son bastante inferiores a las detectadas en Chile. Esto indica una oportunidad para Chile, pues es posible producir más rápidamente por las características edafoclimáticas, lo que junto a adecuadas técnicas silvícolas, y al espíritu de superación del sector silvoagropecuario (que a la vez requiere de una transformación productiva para enfrentar los nuevos escenarios globalizados) puede representar una posibilidad de enriquecimiento notable para el país.

Contrariamente a lo que se cree, la especie tiene un crecimiento bastante rápido para ser una especie de madera semidura. Gellini (1975, cit. por Denci, *et al.*, 1982) la considera entre las especies leñosas capaces de producir madera de excelente calidad en un corto período. En Europa, elevadas tasas de crecimiento corresponden a 1 cm/año en diámetro (Italia) y 0,8 - 0,9 cm/año (Francia) (IDF, 1979 cit por Denci *et al.*, 1982). El Cuadro 21 muestra crecimientos en altura y diámetro obtenidos en plantaciones de distintas familias en Italia (Denci *et al.*, 1982).

CUADRO 21

CRECIMIENTO EN ALTURA Y DIÁMETRO EN NOGALES DE 5 AÑOS EN ITALIA

Familia	Incremento medio en Altura (cm)					Diámetro al 5 ^{to} año
	1 ^{er} año	2 ^{do} año	3 ^{er} año	4 ^{to} año	5 ^{to} año	
1	26,1	76,0	118,6	73,4	51,6	3,7
2	21,2	71,3	125,1	74,8	59,4	4,3
3	28,5	83,2	138,9	96,4	61,0	4,8
4	30,4	87,8	134,4	81,2	59,5	4,7
5	30,2	87,1	144,5	72,7	59,0	4,8
6	30,9	84,6	139,8	90,4	66,6	5,2
7	21,8	64,6	123,4	90,2	51,0	4,5
8	28,2	66,3	124,9	81,1	59,0	4,5
9	27,1	71,2	133,2	71,3	60,8	4,5
10	30,8	82,0	132,5	79,3	59,6	4,7

Fuente: Denci *et al.*, 1982.

Otros autores también coinciden en que nogal es una especie de crecimiento rápido; en condiciones favorables en Italia central se han observado nogales de 20 años con 40 - 60 m³/ha de volumen referidos a fustes maderables (Ciancio *et al.*, 1992). Del Sole (1983) señala que individuos de 60 años pueden presentar diámetros de entre 50 y 60 cm.

En Chile, en plantaciones frutales se observan incrementos en diámetro (DAP) del orden de 1 a 4 cm anuales, lo que sustenta el potencial de la especie en nuestro país. En el Cuadro 22 se presentan los crecimientos obtenidos en experiencias realizadas por INFOR.

CUADRO 22

DESARROLLO DE NOGAL COMÚN PLANTADO EN CHILE

Antecedentes y variables	Año de plantación de ensayos - INFOR					
	1995	1996	1996	1996	1997	1997
Localidad	Parral VII región	San Fernando VI región	Parral VII región	Angol IX región	Parral VII región	Los Angeles VIII región
Especie	Juglans regia asociado a maíz y poroto los primeros 4 años	Juglans regia	Juglans regia asociado a maíz y poroto los primeros 3 años	Juglans regia asociado a poroto, maíz y zanahorias los primeros 3 años	Juglans regia asociado a Elaeagnus angustifolia y a maíz y poroto los primeros 2 años	Juglans regia asociado a Elaeagnus angustifolia
Espaciamiento	3 x 6	3 x 3	3 x 3	3 x 3	3 x 3	3 x 3
Altura (m)						
Año 0	0,3	0,2	0,3	0,2	0,2	0,3
Año 1	1,4	0,4	0,6	0,6	0,6	0,4
Año 2	3,1	0,7	1,6	1,8	2,6	0,8
Año 3	4,4	1,1	2,9	2,7	4,8	1,1
Año 4	5,9	1,7				
DAC (cm)						
Año 0	0,8	0,6	0,7	0,7	0,7	0,5
Año 1	3,6	0,8	1,1	1,6	2,1	1,7
Año 2	5,4	2,5	3,2	4,2	4,5	2,9
Año 3	9,3	3,0	5,1	6,7	7,3	3,1
Año 4	12,2					
DAP (cm)						
Año 0	-	-	-	-	-	-
Año 1	1,4	-	-	-	-	-
Año 2	2,6	-	1,3	-	1,9	-
Año 3	5,5	-	2,4	2,8	4,7	-
Año 4	7,7	1,9				

Fuente: Modificado de INFOR - FIA- FONSI, 1998 y de Loewe *et al.*, 1999.

Los factores que determinan el crecimiento corresponden además del sitio, a cuidados culturales oportunos, podas, desyemes, control de malezas y riegos, es decir, a la preocupación o interés de los propietarios.

En relación al desarrollo de funciones dasométricas, en Italia se han propuesto algunas funciones de volumen fustal (hasta la altura de inserción de la copa), para individuos de 6 a 26 años y con DAP de 5 a 35 cm para densidades de 240 a 330 pl/ha (Cuadro 23). Con este modelo se han estimado volúmenes fustales por hectárea de 25 a 50 m³ a los 16 años; de 30 a 55 m³ a los 20 años; de 35 a 60

m³ a los 26 años; para las mismas edades el DAP medio varía respectivamente de 17,3 a 23,8 cm; de 18,8 a 25,1 cm y entre 20,7 a 26,5 cm (Mercurio y Tabacchi, 1997).

CUADRO 23

FUNCIONES DE VOLUMEN PARA PLANTACIONES DE NOGAL COMÚN EN ITALIA CENTRAL

$V = 0,8508 - 0,5674 * d + 0,3237 * d^2$ $V = -0,8668 - 1,0947 * d + 0,3447 * d^2 + 1,4659 * h_{ins}$ $h = 1,8764 + 0,5806 * d - 5,7426 * 10^{-3} * d^2$ $h_{ins} = 0,948 \exp(0,775 * d^{0,444})$ $h_{ins} = -1,415 \exp(2,316 * h^{0,343})$ $i_d = 0,1949 \exp(17,0980/edad) + 0,0333 * d - 0,0012 * d^2$
<p>Con: d= DAP, diámetro a la altura del pecho a 1,3 m de altura (cm) h= altura total (m) h_{ins}= altura de inserción de la copa (m) V= volumen fustal (dm³) i_d= incremento diamétrico bienal (cm) Edad= número de años de la plantación</p>

Fuente: Bordin *et al.*, 1996 cit. por Mercurio y Tabacchi, 1997.

Análisis de tallo: Estudio de caso

Obtención de la información

En un estudio realizado por el Instituto Forestal en 1996 se extrajeron rodelas cada 1,1 metros, de 3 árboles de nogal con manejo frutal provenientes de Pirque, bifurcados desde la base. La edad de los árboles se determinó por el conteo de los anillos de crecimiento en la rodela base (0,3 m) y correspondió a 27 años.

Para cada árbol se obtuvo información sobre diámetros a diferentes alturas y diferentes edades, altura a diferentes edades dado por la diferencia en el número de anillos entre rodelas, incremento corriente (ICO) e incremento medio anual (IMA) del DAP, en la rodela a 1,7 m (no se contaba con la de 1,3 m), y también ICO e IMA para la altura. Con esta información se construyeron tablas en planilla de cálculo con la finalidad de determinar modelos de crecimiento.

Procesamiento y resultados

En el Cuadro 24 se presentan los promedios de DAP (rodela a 1,7 m) y altura por edad.

- **Diámetro:** La Figura 13 muestra que el incremento corriente (ICO) máximo para el DAP es de 1,6 cm entre los 11 y 14 años, y el incremento medio anual (IMA) máximo es de 1,19 cm a los 18 años, punto en el cual se intersectan ambas curvas. Es decir, corresponde a la edad en la cual comienza a disminuir el incremento diamétrico. El IMA promedio es de 0,97 cm al año.
- **Altura:** La altura presenta un ICO máximo de 1,45 m al segundo año y el IMA máximo se produce también al segundo año, momento en el cual desciende el incremento en altura manteniéndose relativamente estable con un IMA promedio de 68 cm al año (Figura 14).

CUADRO 24

PROMEDIOS DE DAP Y ALTURA POR EDAD EN ÁRBOLES FRUTALES

Edad (años)	DAP (cm)	Altura (m)	Edad (años)	DAP (cm)	Altura (m)
1	0,0	0,7	15	17,7	9,2
2	0,3	2,1	16	18,9	9,6
3	1,2	3,0	17	20,4	9,9
4	2,0	3,9	18	21,5	10,2
5	3,1	4,5	19	22,3	10,6
6	4,6	5,2	20	23,1	10,9
7	5,9	5,9	21	23,8	11,2
8	7,3	6,5	22	24,5	11,6
9	8,6	7,0	23	25,1	11,9
10	9,8	7,5	24	25,8	12,2
11	11,4	7,9	25	26,5	12,6
12	13,0	8,2	26	27,1	12,9
13	14,6	8,6	27	27,7	13,2
14	16,2	8,9			

Fuente: Elaboración propia

El modelo de crecimiento para el DAP que presentó el mejor ajuste, corresponde a:

$$\text{DAP (cm)} = a + b \cdot \text{EDAD}^3 + c \cdot \text{EDAD}^2 + d \cdot \text{EDAD (años)}$$

$$R^2 = 0,9983$$

donde:

$$a = -1,274793 \quad b = -0,002013 \quad c = 0,068966 \quad d = 0,652461$$

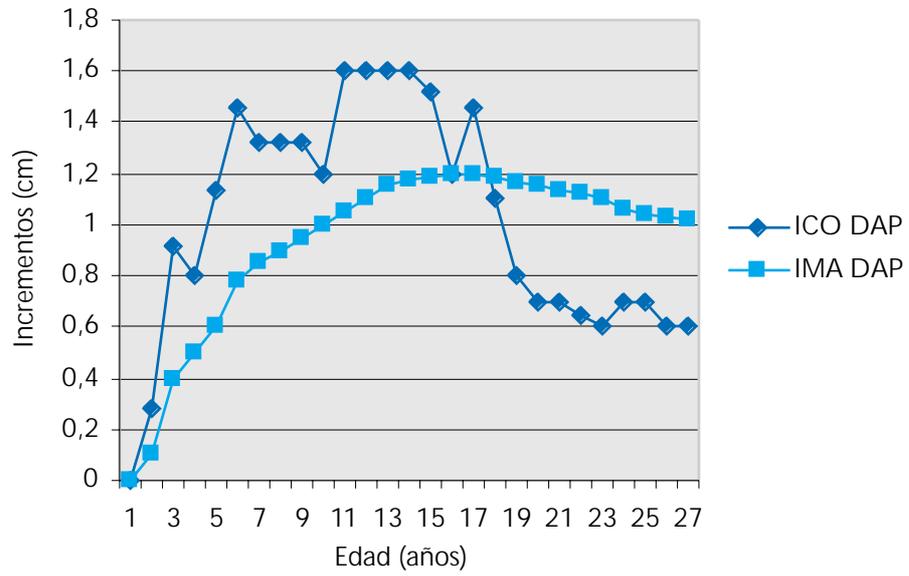


Figura 13: Incremento medio y corriente en DAP.

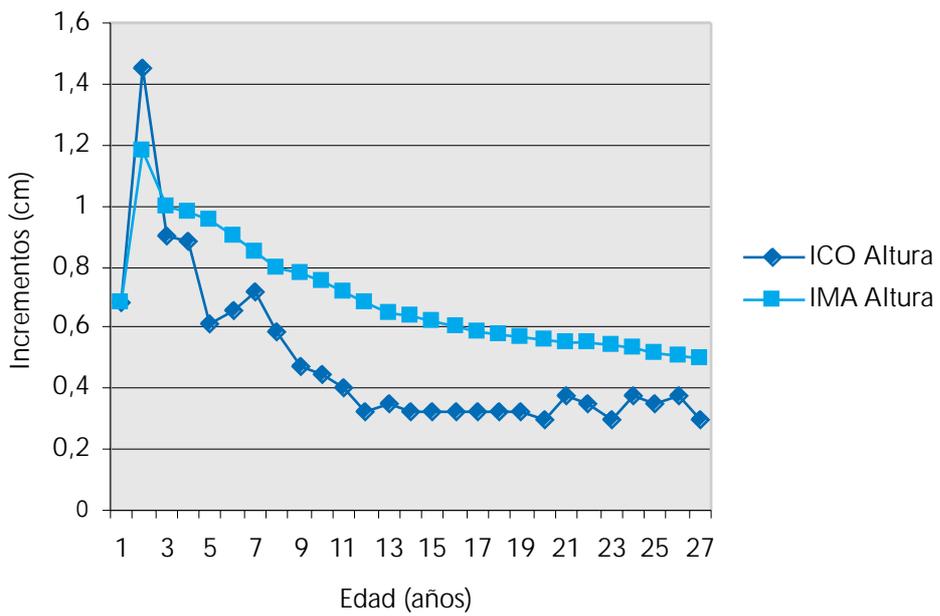


Figura 14: Incremento medio y corriente en altura.

La curva que entrega este modelo presenta el comportamiento típico de una curva sigmoidea, la que muestra una tasa de crecimiento baja hasta los 3 años, momento en que aumenta y se mantiene relativamente constante hasta los 22 años, edad en la que comienza a decrecer (Figura 15). El DAP (1,7 m) esperado a los 27 años es de 27 cm (Cuadro 25).

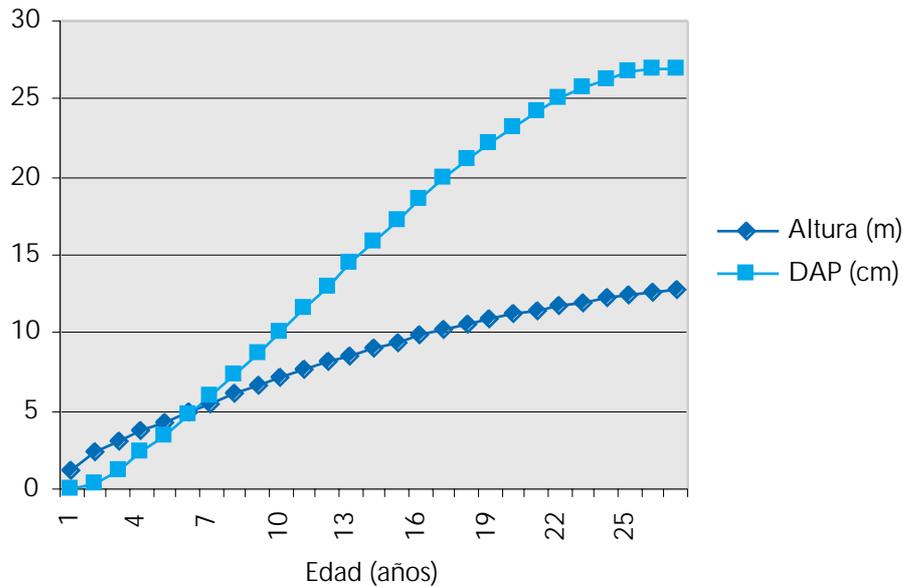


Figura 15: Curvas de crecimiento ajustadas para el DAP y altura.

El modelo utilizado para el DAP también fue probado para altura, resultando ser estadísticamente aceptable. Sin embargo, se probaron también otros modelos, encontrándose que el siguiente entrega el mejor ajuste:

$$\text{ALTURA (m)} = a + b \cdot \text{EDAD} + c \cdot \text{EDAD}^2 \quad (\text{años})$$

$$R^2 = 0,9901$$

donde :

$$a = 0,94547$$

$$b = 0,725333$$

$$c = -0,01065$$

CUADRO 25

AJUSTE DE PARÁMETROS DE CRECIMIENTO ESTUDIADOS

Edad (años)	Altura (m)	DAP (cm)	Area basal (m ²)
1	1,23	0,00	0
2	2,35	0,29	6,60016E-06
3	3,03	1,25	0,000122509
4	3,68	2,31	0,000418979
5	4,31	3,46	0,000940270
6	4,91	4,69	0,001726057
7	5,50	5,98	0,002809852
8	6,07	7,33	0,004217638
9	6,61	8,72	0,005966749
10	7,13	10,13	0,008064969
11	7,64	11,57	0,010509862
12	8,12	13,01	0,013288332
13	8,57	14,44	0,016376415
14	9,01	15,85	0,019739294
15	9,43	17,24	0,023331548
16	9,82	18,57	0,027097629
17	10,20	19,86	0,030972565
18	10,55	21,07	0,034882900
19	10,88	22,21	0,038747854
20	11,19	23,26	0,042480715
21	11,48	24,20	0,045990468
22	11,75	25,02	0,049183637
23	11,99	25,72	0,051966374
24	12,22	26,28	0,054246765
25	12,42	26,69	0,055937368
26	12,60	26,93	0,056957983
27	12,77	12,77	0,057238650

Fuente: Elaboración propia

El resultado de esta función es una curva de crecimiento que muestra una tasa constante, aunque es más elevada durante los 5 primeros años (Figura 15). La altura total alcanzada a los 27 años es de 12,8 m (Cuadro 25). Es necesario considerar que en este parámetro las podas para favorecer la producción frutal, deben haber tenido una influencia determinante.

Los datos de altura de las diferentes rodela, con sus diámetros respectivos, fueron utilizados para ajustar un modelo de ahusamiento, lográndose la siguiente aproximación:

$$Y = -15,147623 + 15,074201 * X1 + 0,415473 * X1^3 + 15,372236 * X2$$

$$R^2 = 0,7872$$

donde :

$$Y = di / DAP$$

di = diámetro sin corteza a la altura hi .

DAP = diámetro sin corteza a 0,3 m., ya que no fue posible medir el diámetro a 1,3 m. debido a la ramificación de los árboles.

$$X1 = \frac{H - hi}{H - 0.3}$$

$$X2 = \frac{hi}{H}$$

H = altura total.

hi = altura de la medición correspondiente .

Esta función permite concluir que los árboles de nogal estudiados tienen una forma de crecimiento tal, que el diámetro disminuye en 1,79 cm. como promedio por cada metro de aumento en altura (Figura 16) (Cuadro 26). Sin embargo esta información debe usarse como un dato referencial, puesto que fue obtenida a partir de la ramificación de mayor dimensión del árbol, excluyéndose el resto de las ramificaciones. A futuro hay que verificar el comportamiento para fustes monopódicos, y analizar las diferencias en área basal, forma y ahusamiento.

F. AHUSAMIENTO

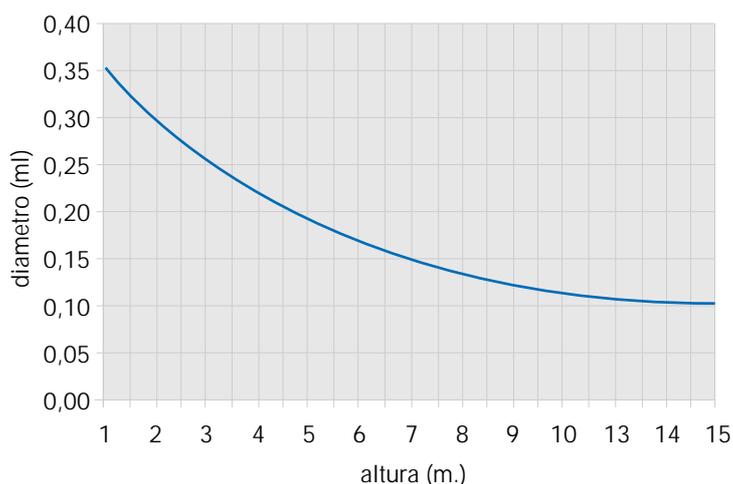


Figura 16: Curva de función de ahusamiento.

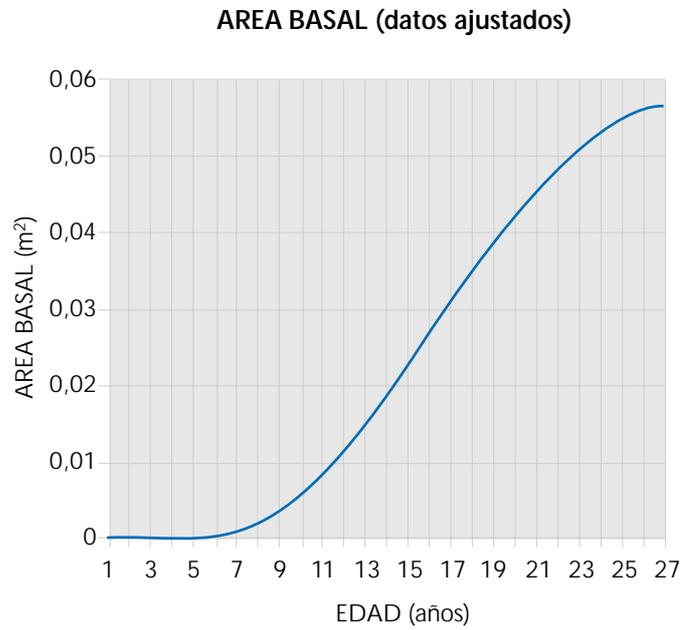


Figura 17: Curva de área basal.

CUADRO 26

VALORES OBTENIDOS PARA EL AJUSTE DEL AHUSAMIENTO

AHUSAMIENTO		AHUSAMIENTO	
H	D	H	D
0,3	0,37	7,8	0,15
0,6	0,35	8,4	0,14
1,2	0,33	9,0	0,13
1,8	0,30	9,6	0,13
2,4	0,28	10,2	0,13
3	0,25	10,8	0,12
3,6	0,22	11,4	0,12
4,2	0,20	12,0	0,12
4,8	0,19	12,6	0,11
5,4	0,18	13,2	0,11
6	0,17	13,8	0,11
6,6	0,16	14,4	0,11
7,2		15,0	0,10

Fuente: Elaboración propia

Puesto que la información procesada proviene de 3 árboles, no es posible ajustar una función de

volumen; por ello se calcularon los volúmenes de cada árbol con la fórmula de Smalian, obteniéndose como promedio un volumen de 0,31 m³, y un factor de forma (F.F.) promedio para estos árboles de 0,62. Los volúmenes obtenidos para cada árbol se presentan en el Cuadro 27.

CUADRO 27

VOLÚMENES SEGÚN SMALIAN OBTENIDOS PARA CADA ÁRBOL

	ÁRBOL 1	ÁRBOL 2	ÁRBOL 3
VOLUMEN (m ³)	0,416071117	0,268501616	0,265524366
FACTOR de FORMA	0,661706492	0,531642652	0,66085927

Fuente: Elaboración propia

Es preciso aclarar que el análisis fue realizado con escasa información, lo que le resta validez estadística. Por otro lado, debe considerarse que los nogales estudiados corresponden a una muestra obtenida de un huerto frutal, y como tal con ramificaciones, las que no fueron analizadas en su totalidad, puesto que las rodela provenían sólo de la ramificación principal. Por esta razón probablemente se han subestimando los valores reales, principalmente los correspondientes a volumen.

4.3.2 Raleos

En plantaciones realizadas con densidad inicial alta es necesario ralear para reducir gradualmente el número de plantas por unidad de superficie. El raleo debe efectuarse en cuanto la competencia influya en el ritmo de crecimiento de los árboles individuales, con la finalidad de regular el crecimiento y asegurar buena calidad de madera (Minotta, 1994). Cuando el nogal se ve sometido a competencia por agua o por elementos nutritivos, su crecimiento potencial se puede ver reducido hasta en un 50 %. Desde un punto de vista biológico, los raleos debieran ser frecuentes y de baja intensidad, pero en la práctica esto es poco real; parece razonable que en cada raleo se extraiga el 30 % de los individuos.

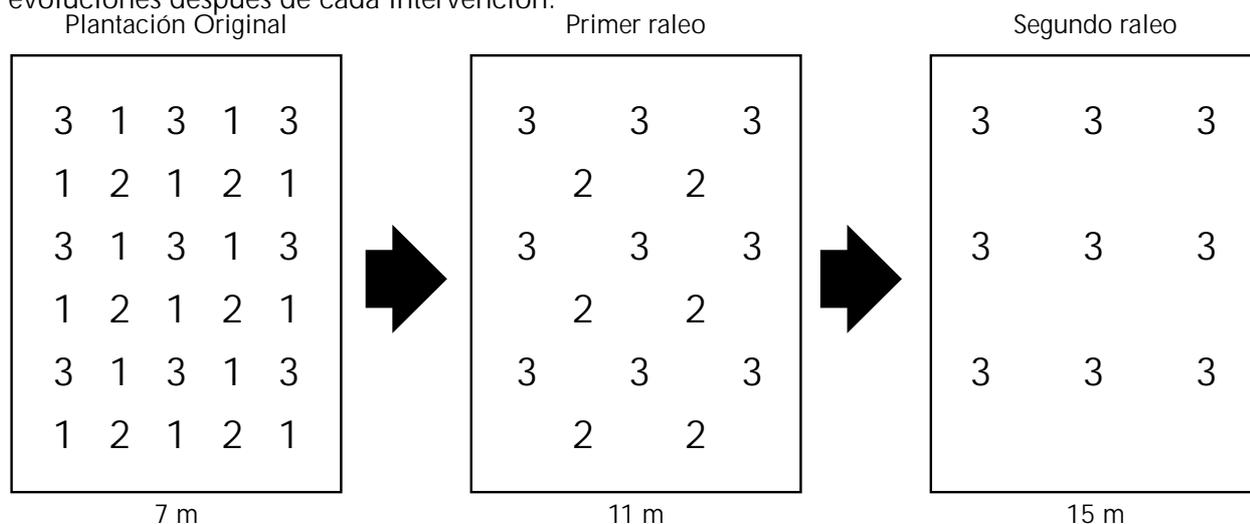
Los raleos deben iniciarse antes de que se produzca el cierre de copas o comience competencia entre ellas. Los árboles que se dejen hasta el final de la rotación deberían seleccionarse en base al vigor del fuste (largo, forma, presencia de defectos). Si existe un retardo en la ejecución de esta práctica pueden declinar las características tecnológicas y por lo tanto el valor comercial de la madera al final de la rotación.

En huertos frutales o frutoforestales las copas necesitan luz directa en sus costados (porque generalmente es en la periferia donde se forman los frutos), por lo que se deben evitar cultivos intercalados que proporcionen sombra a nivel de las copas.

En huertos frutales establecidos con la tradicional disposición cuadrada, los primeros raleos pueden

comenzar diez u once años después de la plantación, cuando las puntas de las ramas entre los árboles comienzan a juntarse en pleno verano. Es necesario mantener siempre una buena distancia entre los árboles, para permitir la entrada de luz (Serr, 1969).

Si los huertos son plantados en cuadrado se debería aplicar en la primera intervención una extracción en forma alternada de las líneas diagonales de árboles. El segundo raleo gradual será diagonal a la línea anterior. Este método se ilustra en la Figura 18, que representa la situación original y las evoluciones después de cada intervención.



Fuente: Serr, 1969.

Figura 18: Diagrama de extracción de árboles según esquemas de raleo

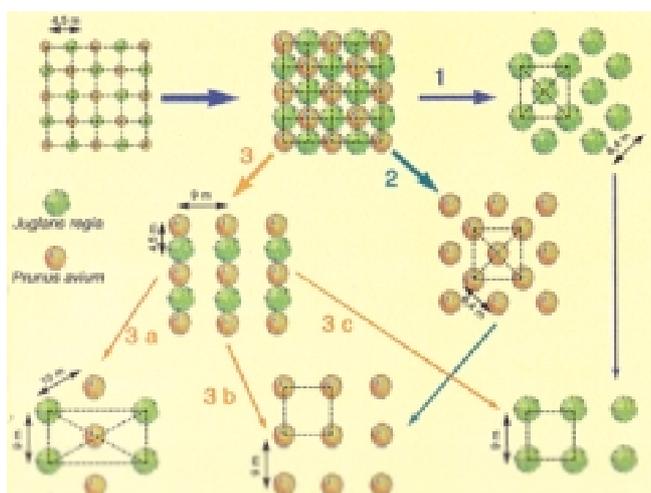
Hace tres décadas el sistema tradicional cuadrado era muy usado, pues permitía raleo progresivamente, dejando los árboles espaciados después de cada extracción; era incluso considerado más deseable que el sistema del triángulo equilátero (hexagonal). Las distancias de plantación más comúnmente usadas eran 8 x 8 m y 9 x 9 m (Serr, 1969).

En plantaciones forestales la apertura también debe ser gradual, aunque partiendo de mayores densidades iniciales. Esto debido a que la madera, para ser apreciada por su calidad, debe presentar a lo largo de la rotación anillos de crecimiento de anchos constantes, regulares, lo que es difícil de obtener por medio de raleos. En esta causa se encuentra la principal justificación del empleo de plantaciones mixtas para producir madera de calidad; combinando especies arbóreas y arbustivas de diferentes características, es posible estructurar un sistema que potencie la situación de crecimiento regular en el tiempo.

Por otra parte, en una plantación mixta bien diseñada, se puede obtener una estructura espacial que permita enfrentar ciclos de precios bajos (4 a 8 años) sin que el crecimiento se reduzca debido a un

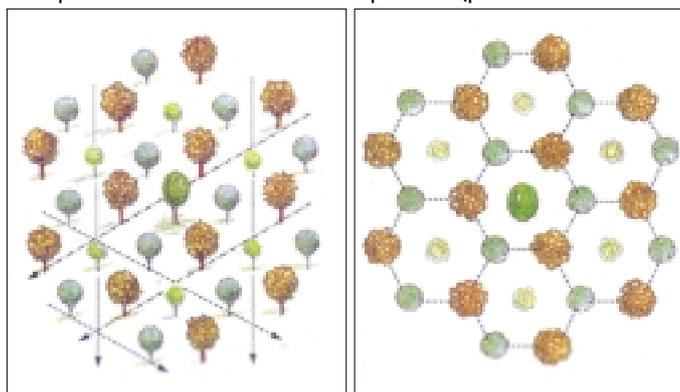
incremento de la competencia (por esto se denominan “plantaciones no bloqueadas”). En cambio, en una situación de plantación pura, llegado el momento en que la competencia comienza a reducir el incremento en diámetro anual, es imperativo cortar aunque se enfrente un ciclo de precios bajos; de lo contrario su valor se reducirá en forma extrema. Esto es lo que se denomina una “plantación bloqueada”.

En las Figuras 19 y 20 se observan algunos diseños de plantaciones mixtas (no bloqueadas) y su esquema de raleo posible de efectuar.



Fuente: Frattegiani y Mori, 1996.

Figura 19: Diagrama de extracción de árboles para una plantación mixta de 2 especies (plantación no bloqueada)



Fuente: Buresti y Frattegiani, 1995.

Figura 20: Diagrama de extracción de árboles

para una plantación mixta de 4 especies (plantación no bloqueada)

4.3.3 Podas

4.3.3.1 Podas con objetivo frutal

En el oeste de los EE.UU., la tendencia es realizar podas fuertes e intensivas, tanto en árboles jóvenes como viejos. Las nuevas variedades más productivas responden más rápidamente a estas intervenciones y a la entrada de luz al huerto en comparación con las variedades más antiguas y menos productivas (Serr, 1969).

La poda del nogal en California es realizada con mucho cuidado en el primer año de plantación. La forma de manejo aconsejada y mayormente aceptada es una modificación central en la rama guía, que consiste en obtener gradualmente una planta en la cual la rama principal normalmente se separa del eje a una altura del suelo superior a 2 m y la rama secundaria se sitúa alrededor de la rama principal. La ventaja de esta forma de cultivo, respecto a la copa tradicional y a la piramidal son múltiples: permite una mejor unión de las ramas al tronco y por tanto menor peligro de daño, con una consiguiente mejor adaptabilidad a zonas ventosas. Este sistema de cultivo requiere además un menor número de ramas, lo que permite una cosecha mecanizada.

Cuando el árbol está completamente desarrollado, la poda consiste en mantener la forma para favorecer la emisión de nuevas yemas. Al extraer las ramas en competencia se favorece la fructificación de yemas laterales y apicales. Hay que cuidar que las ramas que se ubican al interior de la copa no queden expuestas a sombra excesiva (Bellini y Ponchia, 1980).

La poda de nogal con objetivo frutal es una técnica aplicada por especialistas americanos y franceses en huertos establecidos con variedades conocidas. En el caso chileno conceptos como tipo de poda, altura de la primera rama y otros que se consideran para la poda del nogal no son siempre aplicables, debido a la heterogeneidad de tamaño y morfología que existe en los nocedales provenientes de plantas no injertadas (Astorga y Astorga, 1987).

La poda de cada árbol debe estar dirigida a dar la mayor cantidad posible de luz para favorecer la fotosíntesis. Se deben eliminar ramas bajas, conservando el eje central inclinado que permita una entrada suficiente de luz. En nogales adultos en que nunca se ha efectuado una poda es necesaria una limpieza de las ramas secas. La respuesta en la producción de frutos es casi inmediata, presentándose rendimientos superiores.

Minotta (1989; 1990) señala que en plantaciones con objetivo frutal la técnica tradicional de poda requiere en general numerosas intervenciones durante la fase de formación de la planta, es decir, durante los primeros 5 a 6 años. En cambio, para la obtención precoz de frutos no se realizan podas, o se aplican intervenciones limitadas.

4.3.3.2 Podas con objetivo fruto forestal y forestal

Dado que en general los nogales no presentan una dominancia apical marcada, la poda de formación es necesaria para asegurar la formación de troncos rectos y libres de nudos. El tipo de poda a realizar está definida por el tipo de productos que se desea obtener; en el caso de privilegiar madera de calidad para ser aserreada y foliada, el árbol se debe manejar de modo de tener un fuste recto, sin ramas y con un crecimiento regular. Lo ideal es tener un tronco libre de nudos, con un cilindro central nudoso de 10 a 12 cm, que corresponde a un valor cercano al tercio del diámetro mínimo utilizable definido por las industrias (Falcioni *et al.*, 1996).

Para cultivar nogales con doble propósito madera - fruto se debe tener un fuste libre de nudos de al menos 2 - 3 m, y desarrollar una copa importante que produzca buena cantidad de fruta; para ello la planta debe ser podada una vez que se alcanza el largo de troza deseada. Esta reacciona perdiendo la dominancia apical y desarrollando ramas que formarán el esqueleto de la futura copa globosa (Buresti, 1993b).

Los largos mínimos de fustes limpios corresponden a 2,20 a 2,50 m, pero al aumentar el largo el valor de la madera aumenta en forma más que proporcional; el mismo fenómeno se verifica con respecto al diámetro. Trozas de 3 - 4 m de largo con diámetros mínimos de 35 a 40 cm representa un objetivo final más que satisfactorio. Para ello es indispensable podar en forma inmediata y correcta desde el primer año de vida.

Minotta (1989; 1990) señala que podas severas pueden producir fustes delgados y débiles, además de la aparición de ramas epicórmicas²³. Además, una excesiva y drástica disminución de la superficie foliar puede causar una disminución de la tasa de crecimiento de la planta.

Solo después de 5 a 6 años, cuando la planta tiene unos 3 a 4 m de altura, se inicia la poda de levante que consiste en eliminar gradualmente las ramas hasta un tercio de la altura total del árbol, para obtener un fuste cilíndrico sin nudos de 3 a 8 m (Buresti, 1993b).

Al respecto, Del Sole (1983) señala que podar es muy importante para producir trozas largas y rectas de calidad (2 a 4 m) y diámetros de al menos 80 cm que constituían las dimensiones más demandadas por el mercado hace dos décadas, cifra que ha ido decreciendo gracias al avance tecnológico. Estas labores son de sumo cuidado, ya que una poda mal hecha puede provocar defectos en el fuste, entre las cuales:

- Desequilibrio vegetativo entre el fuste principal y las ramas secundarias. La rama es expuesta a una situación traumática, se desarrolla excesivamente y en consecuencia el fuste presenta un crecimiento reducido.
- Excesiva producción de ramas y alza precoz de la copa. Se producen brotes epicórmicos que desvalorizan la madera.
- Problemas con la poda de formación que puede llevar a una fragilidad de las ramas.

Algunos criterios generales para orientar la poda son (Barone *et al.*, 1997):

- La poda debe ser moderada para no reducir muy bruscamente la superficie foliar y no comprometer el crecimiento de la planta.
- La poda debe ser progresiva.
- El corte debe ser neto para evitar heridas y debe ser realizado respetando el anillo cicatricial para favorecer la cicatrización del corte mismo, que corresponde a un tejido precicatrizado, que impide la entrada de patógenos y la decoloración de la madera. Es importante destacar que la velocidad de cicatrización es influenciada por el vigor del individuo.
- Se deben eliminar aquellas ramas que sean excesivamente vigorosas o de diámetros muy elevados; de hasta 3 - 4 cm de diámetro (Falcioni *et al.*, 1996).

Una técnica asociada a la poda muy útil es el desyeme, que consiste en eliminar los brotes epicórmicos que salen de las heridas de la poda, cuando aún no están lignificados, con el objetivo de favorecer el desarrollo de un fuste largo y vigoroso (Denci *et al.*, 1982). En Italia, país en el cual el nogal está siendo estudiado desde el punto de vista forestal, se han probado varios tipos de poda con principios operativos distintos; destacan la poda a modo de plumero y la poda progresiva (Falcioni *et al.*, 1996).

Poda de formación a modo de plumero

Conocida como poda a modo de plumero, desyeme total o poda de varillas, es muy difundida en Italia. Es la típica poda utilizada para obtener una planta con objetivo múltiple (fruta y madera) (Falcioni *et al.*, 1996).

Consiste en la eliminación primaveral de las yemas que se han formado a lo largo del fuste, dejando exclusivamente aquella que desarrolla la yema apical y que tenderá a alargarse mayormente a partir del primer año de plantación. Esta operación se realiza dos o tres veces sucesivas a partir de la reanudación del período vegetativo, eliminando con la mano tanto las yemas engrosadas como las pequeñas (máximo de 2 a 3 cm de diámetro).

Una vez que el fuste alcanza la altura del largo de troza deseado, la planta se deja libre para formar su copa. Como consecuencia de tal intervención se producirá un fuste libre de nudos, cilíndrico pero más débil y sensible al viento, sobretodo en el momento en que la copa comienza a tener dimensiones de cierta importancia. Esto hace que sea indispensable la utilización de tutores para apoyar el fuste que aún no es capaz de sostener la parte aérea, evitando su curvatura.

Este tipo de poda es una intervención drástica, que expone a la planta a una condición de estrés, especialmente en el primer año de desarrollo y por ende, debe ser utilizada sólo en sitios favorables para el nogal; en tal situación puede ser utilizada sin el riesgo de comprometer el futuro de la plantación. Donde no existen tales condiciones o de no encontrarse con situaciones óptimas, la planta se verá fuertemente estresada, y crecerá poco y débilmente.

Este tipo de poda es poco aconsejable para la generalidad de la realidad chilena. En situaciones en que la especie presenta un vigor excesivo, sería posible probar ésta técnica con resultados aceptables desde el punto de vista económico.

Poda de formación progresiva invernal

Intervención ampliamente difundida en Francia y algunas zonas de Italia; consiste en una intervención gradual y moderada del individuo, a partir del primer año después de la plantación, tratando de no producir una disminución drástica de la copa, para obtener un fuste libre de ramas del largo deseado (Falcioni *et al.*, 1996).

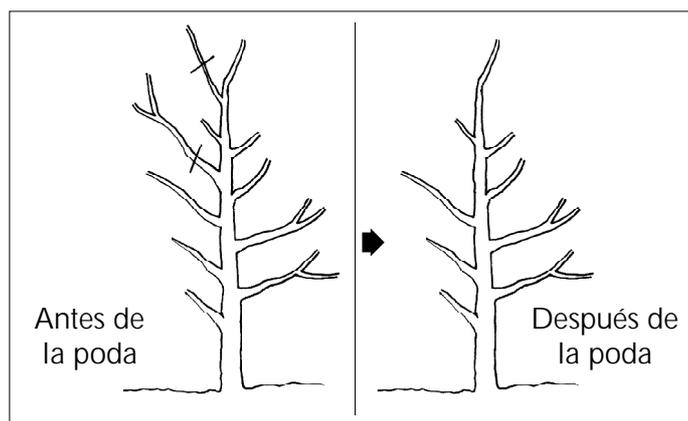
Este tipo de poda no causa un estrés elevado a la planta y da buenos resultados aún en sitios poco favorables. Consiste en dos tipos de operaciones:

- poda de formación
- eliminación de ramas del fuste o levante de copa.

La poda de formación se inicia el primer año de la plantación y permite un correcto desarrollo del eje central, realizándose anualmente hasta obtener un fuste recto con un largo superior al prefijado para el fuste final. Para su ejecución debe observarse la planta desde lejos, desde la parte alta a la base para después intervenir tratando de eliminar:

- bifurcaciones; se busca la formación de una flecha que reemplace a la yema apical, si ésta ha sido dañada.
- las ramas laterales que tiendan a competir con el ápice, cualquiera sea su diámetro (las más verticales son las más competitivas). Crawford (1996) recomienda bajo los 3 m de altura no dejar engrosar las ramas laterales, cortándolas cerca del tallo, respetando el anillo cicatricial.

El IDF (1983) coincide en que la poda de formación debe eliminar las ramas demasiado verticales o que tengan tendencia a crecer con demasiada vitalidad (Figura 21).



Fuente: Modificado de Ministère de l'Agriculture et de la Forêt, s.f.

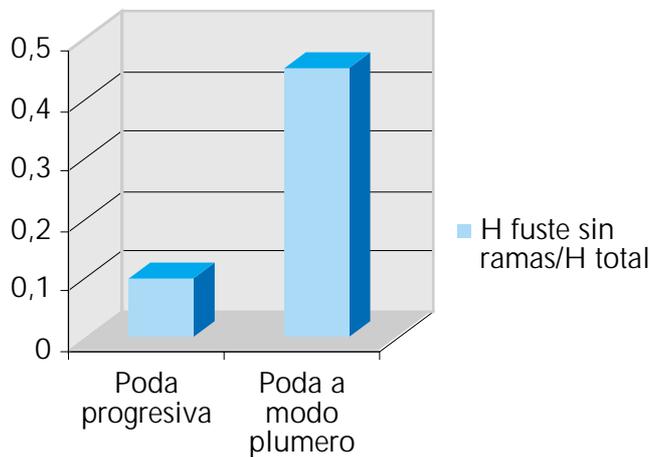
Figura 21: Poda de formación en nogal

Según la escuela francesa, junto con la poda de formación se puede realizar una poda de levante de copa, no antes de los 2 ó 3 años de edad, cuando los árboles han alcanzado 1,5 m de altura y con diámetros de inserción de las ramas entre 1 y 3 cm. La altura del levante de copa no debe superar 1/3 de la altura total en árboles aislados y 1/2 para árboles en grupos. Si el diámetro del fuste a la altura de inserción de las ramas es superior a 10 cm, la determinación de la altura del levante se debe realizar en base al diámetro y no según la altura del árbol, cortándose todas las ramas situadas en la zona del fuste que tiene entre 10 y 15 cm de diámetro.

El daño a la yema apical (después de heladas o ataques de patógenos) es un fenómeno bastante común en nogal y determina la formación de doble flecha en el ápice. Cuando una rama lateral comienza a dominar sobre la central, caracterizándose por una marcada orientación vertical, en poco tiempo se endereza y sustituye al ápice original. En el caso de que la rama lateral presente un ángulo de inserción muy abierto, ésta se debe fijar al muñón del ápice original a fin de que pueda adquirir una disposición vertical (Falcioni *et al.*, 1996).

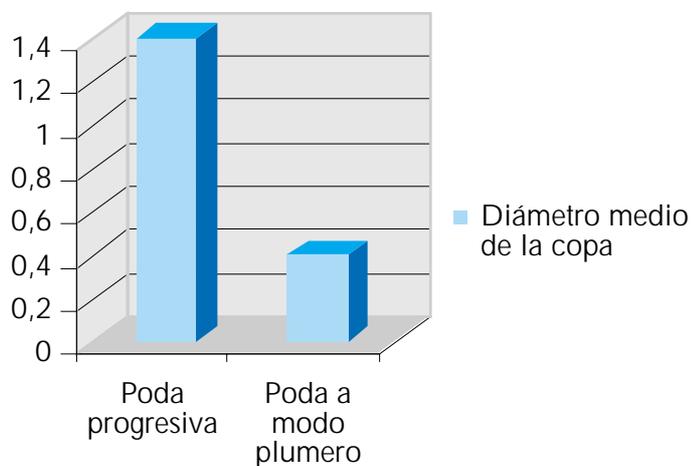
La poda de levante debe conducir a obtener una planta con un eje central único, ramas con disposición horizontal y una distribución lo más uniforme posible. Se realiza hasta cuando la planta ha alcanzado los 3 a 4 m de fuste y estabilidad biológica.

Comparando el desarrollo del árbol con ambas modalidades de poda se obtienen los resultados graficados en las Figuras 22 y 23, tendencias que se mantienen durante una proporción significativa de la rotación.



Fuente: Falcioni *et al.*, 1996.

Figura 22: Relación entre altura libre de ramas y altura total del árbol según tipo de poda.



Fuente: Falcioni *et al.*, 1996.

Figura 23: Diámetro medio de la copa según tipo de poda.

Las diferencias entre ambas modalidades de poda se resumen en el Cuadro 28.

CUADRO 28

COMPARACIÓN ENTRE TIPOS DE PODA

Poda a modo de plumero	Poda progresiva
<ul style="list-style-type: none"> • sencillez en la ejecución; se interviene en forma sistemática • no requiere del empleo de instrumentos • la planta debe ser necesariamente apoyada por un tutor y la unión debe ser periódicamente controlada • produce buenos resultados sólo cuando se realiza en estaciones favorables • requiere de 1 - 3 intervenciones durante el curso de la primavera • es una operación muy rápida • la planta es sometida a un fuerte estrés, presentando un alto riesgo biótico y abiótico, además del mayor riesgo económico • la calidad de la madera producida es generalmente deficitaria 	<ul style="list-style-type: none"> • requiere mayor experiencia y profesionalismo por parte del operador • requiere de instrumentos cortantes y en algunos casos del apoyo de escaleras • el tutor no es necesario • produce buenos resultados en cualquier zona • si bien se ejecuta en una sola intervención durante el año (invierno), requiere de nuevas intervenciones por aparición de nuevos brotes (primavera) (desyemes) • requiere de mayor tiempo de operación por planta • la planta sufre menos estrés, por lo que el riesgo es menor • Permite obtener madera de calidad

Fuente: Falcioni *et al.*, 1996.

Criterios de poda progresiva indicados por Falcioni *et al.* (1996):

- La altura libre de ramas no debe superar un 50% de la altura total del árbol.
- No debe extraerse cada año más del 25 a 30 % de la superficie foliar.
- Las ramas deben ser eliminadas de manera tal de mantener una copa homogénea y equilibrada.

En relación a la superficie foliar recomendable de eliminar y contrariamente a lo recomendado, Kerr (1993) señala que podas de un 60 % de la superficie foliar incrementan la altura del fuste, mejoran la cilindridad y mantienen el nivel de brotes epicórmicos en un nivel aceptable siempre y cuando el sitio sea uno de los mejores para la especie, debido al vigor que ésta presenta en dichas situaciones. Además de reducir la presencia de nudos en la madera, podas de formación tempranas también pueden minimizar fenómenos como la acebolladura de la madera y la decoloración, reduciéndolas al cilindro central.

La mejor época para realizar la poda es a fines de invierno y el desyeme durante el período vegetativo (primavera y verano). Sin embargo últimamente tanto en Europa como en Chile se ha detectado la necesidad y conveniencia de, en forma adicional a lo ya indicado, efectuar podas estivales (en verano).

Las intervenciones deben ser aplicadas en invierno antes de iniciarse el período de crecimiento vegetativo. Falcioni y Buresti (1997), señalan que comúnmente la poda de levante se realiza en invierno y que la altura de inserción de la copa no supera 1/3 de la altura total. Ambos autores realizaron una prueba donde se compararon tres intensidades de levante (a 1/3, 1/2 y 2/3 de la altura total) y en dos períodos (invierno y otoño). Los resultados demostraron que no existe diferencia de crecimiento entre la planta podada a 1/3 y a la 1/2 de la altura total. En la planta podada más intensamente (2/3) se verificaron incrementos de diámetro (pero no de altura) significativamente inferiores respecto a las otras intensidades. Los resultados han puesto en evidencia también diferencias significativas en el crecimiento diametral entre la planta podada en invierno (mayor incremento) y la podada en otoño.

En Campania, zona del sur de Italia donde típicamente se cultivan nogales, se afirma que la poda del nogal debe realizarse en el mes de marzo (hemisferio norte) y con luna menguante.

En Chile, el desyeme posterior asociado a esta poda, debe realizarse al menos 2 veces en la temporada de crecimiento, ya que el vigor vegetativo que presenta la especie es muy elevado.

La poda del nogal para madera puede resultar difícil en relación a las características vegetativas de esta especie, como por ejemplo la pérdida de la dominancia apical por factores intrínsecos o daños por ataque de parásitos, heladas tardías, etc. Para plantaciones de densidad variable, la poda deberá concentrarse solo en los individuos de mejor forma y crecimiento, ya que los otros individuos serán eliminados con los raleos posteriores.

A pesar de que en el hemisferio norte se recomienda no efectuar podas de ningún tipo durante el

primer año de la plantación, ello no es aplicable a Chile, donde el excesivo vigor de crecimiento exige podas continuadas a partir del momento de la plantación, para lograr tener individuos con forma aceptable y potencialidad maderera.

Actualmente se están desarrollando investigaciones en diferentes países que enfrentan el tema de la poda y su influencia sobre la calidad de la madera, la mecanización de las intervenciones, podas en épocas diferentes a las normalmente usadas, diferentes intensidades, etc. Sus resultados serán un aporte al cultivo de especies valiosas en general, y del nogal en particular.

Poda Intermedia

Del análisis de los dos tipos de poda mencionados anteriormente (poda a modo de plumero y poda progresiva) se origina un método alternativo que presenta características intermedias, que a menudo se realizan siguiendo usanzas locales típicas de ciertas zonas geográficas. Dicho sistema considera intervenciones más drásticas que la poda progresiva tradicional y menos intensivas que la poda a modo de plumero.

Poda de formación estival

Se realiza en junio (hemisferio norte) o diciembre (hemisferio sur), con el fin de eliminar los brotes insertos en la parte basal del fuste o bien de brotes que compiten con la flecha central y que se han desarrollado durante los primeros meses de la estación vegetativa, generalmente de gran vigor. También se usa el despunte de las ramas que se están desarrollando con mucho vigor y con características competitivas a la flecha.

La poda debe extraer un número de yemas no superior al 30 o 40 % del total presente antes de la intervención; podas muy intensas pueden tener efectos negativos en la planta, como una reducción del incremento diamétrico y una emisión de numerosas ramas epicórmicas (Minotta, 1990a).

Experiencias realizadas por INFOR muestran que anillar ramas excesivamente vigorosas detienen su crecimiento en diámetro, a la vez que permite continuar la actividad fotosintética hasta su extracción total en el invierno siguiente.

Poda de Salvataje

Corresponde a podas que se efectúan de manera inmediata y con gran habilidad, permitiendo recuperar un gran porcentaje de individuos que de otra forma no hubieran tenido destino maderero alguno, por causa de abandono o aplicación de técnicas no adecuadas (Buresti y De Meo, 1998c).

En Chile, se tienen buenos ejemplos al respecto empleando plegadura de ramas muy engrosadas y escasas, caso en el que no es posible extraerlas. Así se evita que éstas sigan engrosando pero se cuenta con una superficie foliar fotosintéticamente activa que asegura un buen crecimiento anual.

En el invierno siguiente éstas ra



Figura 24: Poda de salvataje en nogal común de 2 años. Plegadura de ramas.

Otra opción es cortar algunos individuos en la base cuando no hay posibilidad de recuperar su forma. De esta forma aparecen rebrotes, se selecciona el más vigoroso, y en dos años se pueden tener individuos de 3 - 5 m, vigorosos, de buena forma y aptitudes madereras.

Una consideración importante en cuanto a la poda es evitar cortar ramas con diámetros mayores a 4 - 5 cm. Es por ello que durante la poda de formación, para reducir el vigor de las ramas o para potenciar el desarrollo del ápice sustituido, se recomienda plegar o ligar las ramas gruesas hacia abajo (forma de corazón), como realizado en fruticultura. Desde el punto de vista técnico, esta práctica resulta ser eficiente, sin embargo desde el punto de vista económico, representa un costo notable en mano de obra en grandes superficies, pero es la única alternativa para salvar plantaciones enteras.

4.3.4 Arquitectura del árbol en cultivos frutales

Para seleccionar sitios y formas de cultivo adecuados, es necesario conocer previamente la forma de fructificación del cultivo seleccionado. Diferentes variedades de nogal fructifican de manera muy distinta; las variedades europeas, en particular las francesas, tienen su producción localizada en los extremos de ramillas de distintas edades, mientras que los cultivares americanos fructifican tanto en

la parte apical como lateral de las ramas. En el primer caso, la forma de cultivo es la tradicional, como tasa, mientras que en el segundo caso se ha estudiado una forma más innovadora, como el eje estructurado y no estructurado.

a) Tasa tradicional

- Variedades: europeas (*Franquette, Marbot, Mayette, Parisienne, Sorrento*) y americanas (*Hartley, Payne*).
- Distanciamiento: plantación semi - intensiva (10 x 10 m; 11 x 11 m; 12 x 12 m) y plantación intensiva (7 x 7 m; 8 x 7 m; 8 x 8 m).

En etapa adulta el nogal formado como tasa presenta un fuste de altura variable y tres ramas principales que se disponen al exterior de la copa formando un ángulo entre ellas de 120°. Cada rama principal presenta 4 - 5 ramas secundarias.

b) Eje estructurado

- Variedades: californianas y *Lara*.
- Distanciamiento: depende del vigor de la variedad (9 x 9 m; 8 x 7 m; 7 x 7 m).

En este caso el árbol adulto presenta una forma piramidal con 5 - 7 ramas primarias, dispuestas helicoidalmente alrededor del eje principal.

c) Eje no estructurado

- Variedades: californianas y .
- Distanciamiento: los mismos utilizados en eje estructurado.

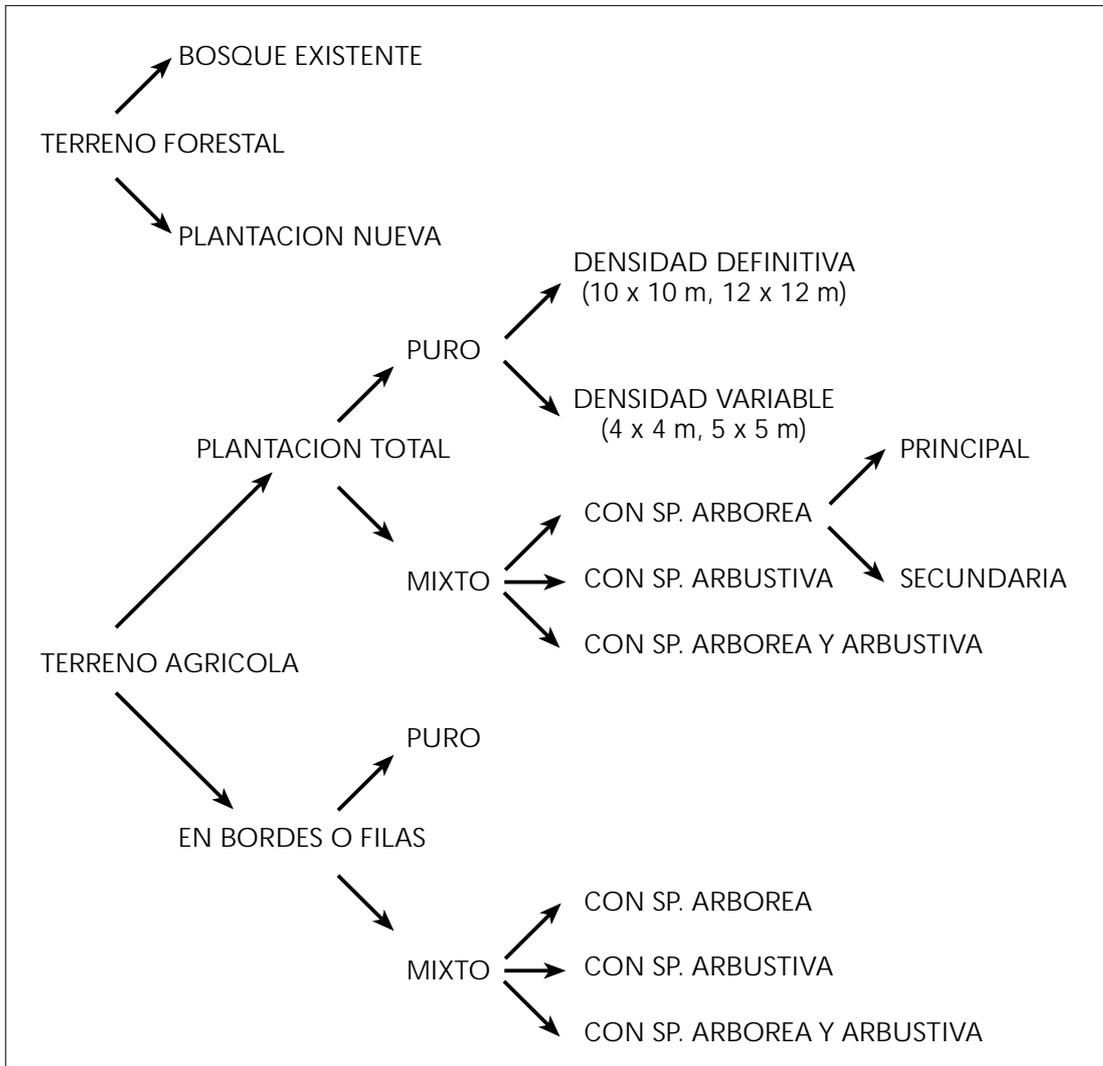
El árbol adulto presenta una forma piramidal con un número de ramas principales variable, de 15 - 20, de vigor medio. Luego de desarrollada la planta se puede eliminar un cierto número de ramas de manera de dejar entre ocho y diez ramas fructíferas por planta. Respecto al eje estructurado hay una producción frutal más rápida y el primer año una producción mayor.

Para decidir, es importante considerar el vigor de la variedad elegida, su precocidad para fructificar y la fertilidad del sitio. También se debe tener en cuenta el objetivo de la plantación.

Si se trata de un nocedal con objetivo maderero o de doble propósito es indispensable mantener un fuste de 3-4 m de altura, en cambio para un objetivo netamente frutal es suficiente una altura del fuste de 1,0 - 1,5 m de modo de permitir el paso de maquinaria.

4.3.5 Cultivos asociados

El nogal puede ser plantado puro o asociado a otras especies arbóreas, arbustivas, o herbáceas, de manera de mejorar la fertilidad y aprovechamiento del suelo, generar productos intermedios y otros beneficios (Buresti, 1993b). La Figura 25 resume las alternativas de su cultivo.



Fuente: Buresti, 1993b.

Figura 25: Alternativas de cultivo del nogal

Existen varias alternativas de modelos de cultivo aplicables a la especie, entre ellas plantaciones puras, plantaciones agroforestales y plantaciones mixtas:

PLANTACIONES PURAS

Corresponde al modelo cultural que sigue el criterio tradicional de la arboricultura, y es el más frecuente hoy en Italia. Es necesario recordar algunos supuestos fundamentales: condiciones de

estacionalidad óptima y disponibilidad de material de vivero de calidad. En relación a esto es prudente evitar la realización de plantaciones puras de nogal en grandes superficies, sobretodo en áreas de colina y montaña, donde la variabilidad de las características ambientales generalmente es elevada.

Este modelo puede ser propuesto en haciendas agrícolas donde se pretende llegar a una diversificación productiva según criterios asimilables al cultivo del álamo o al de una silvicultura familiar de tradición anglosajona.

PLANTACIONES AGROFORESTALES

Los sistemas agroforestales consisten generalmente en el cultivo de especies arbóreas asociadas con especies herbáceas, al interior de áreas de pastoreo o destinadas al cultivo agrícola. Los cultivos agrícolas entre hileras en una plantación como nogal o álamo son una práctica agroforestal factible; en Italia se ve como una alternativa al problema de la inutilización del terreno entre hileras, dados los amplios distanciamientos usados. Los tempranos retornos económicos que se obtienen de estos cultivos estimulan a los propietarios a optar por plantaciones con latifoliadas de alto valor para la producción de madera, a la vez que el cultivo arbóreo se beneficia por los cuidados otorgados al cultivo intercalado.

Esta práctica también ha sido usada en ensayos instalados por INFOR con nogal durante los primeros cinco años de plantación, obteniéndose en todos los casos excelentes resultados tanto en los crecimientos como en los retornos por los cultivos asociados (en el caso de cultivo de maíz se han obtenido 110 q/ha, en la zona de Parral, VII Región).

Dentro de las alternativas se encuentran especies forrajeras (excepto alfalfa, debido a la sinergia negativa que presenta con nogal), cerealeras y hortalizas, a excepción de papas, tomates y otros, ya que las hojas y raíces del nogal presentan cierta toxicidad frente a ellas. Esta sustancia, denominada *Junglone*, proviene de hojas caídas (no está presente en hojas vivas), es lavada a través del suelo y afecta a nivel radicular. El *Junglone* es rápidamente desactivado por el suelo, pero en algunos casos y tipos de suelos, pueden acumularse concentraciones que son perjudiciales para manzanos, *Ericaceae* sp., *Potentilla* sp., *Pinus strobus* y *P. resinosa*. Estas especies debieran ser descartadas de asociaciones (Crawford, 1996).

Por otro lado, se debe tener en cuenta que existe un grado de competencia que depende de muchos factores; las especies arbóreas y herbáceas utilizadas, la edad de los árboles, los ciclos vegetativos de cada especie, el sitio, el clima y la distancia a la cual se encuentra la estrata herbácea de la arbórea. Por ello, es importante tener claras las técnicas de manejo del cultivo intercalado de latifoliadas y cultivos agrícolas, con el fin de reducir la competencia entre los componentes arbóreos y herbáceos.

Se tiene evidencia que el crecimiento de los nogales es marcadamente superior cuando se asocia a leguminosas o arbustos. Uno de los cultivos más promisorios es el trigo de invierno, que tiene la ventaja de cultivarse cuando los nogales se encuentran en receso vegetativo. En los primeros años, el trigo puede cultivarse a 1 m de los árboles, pero posteriormente esta faja deberá ir aumentando hasta

2 m o más (Crawford, 1996).

En Chile, las asociaciones se han realizado con maíz, poroto (Figura 26), y otras hortalizas (zanahorias, lechugas y papas). A pesar de que en todos los casos el cultivo agrícola no presentó un efecto negativo sobre la plantación de nogal, el cultivo que generó los mayores incrementos en altura al nogal fue el maíz. Éste, al ser un cultivo que crece bastante en altura, ayudó a formar y guiar las ramas laterales de los árboles, haciéndolas menos gruesas; a la vez siendo un cultivo que requiere bastante agua y fertilizantes en el período estival (período de crecimiento vegetativo del nogal), ambos fueron utilizados por éste para su crecimiento. De acuerdo a las observaciones realizadas en terreno se detectó que el cultivo de poroto muchas veces tomó como guía para su crecimiento a las plantas de nogal, enrollándose sobre ella, situación poco conveniente para nogal.

Las praderas crecen relativamente bien bajo los nogales y pueden ser aprovechadas por ovejas con un riesgo de daño medio. Los árboles pequeños necesitan de algún tipo de protección frente al daño (Crawford, 1996). En el caso de pastos palatables, los ingresos tempranos producidos podrían compensar en parte los largos ciclos de cultivo. Por otra parte, dichas asociaciones pueden competir fuertemente por los recursos del sitio con los árboles, lo que puede afectar significativamente la sobrevivencia y crecimiento de la plantación de nogal (Paris *et al.*, 1996).

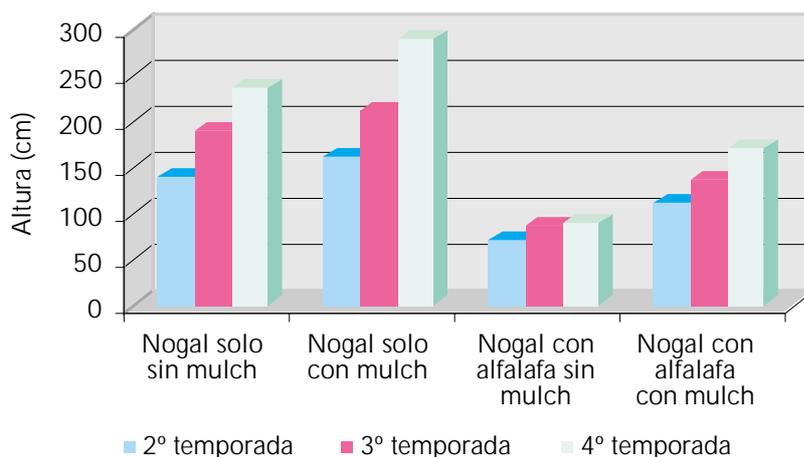


Figura 26: Plantación fruto - forestal de nogal común en su segunda temporada, asociada a poroto. (Parral, VII región).

Respecto a la asociación con alfalfa, en estudios realizados en Italia y Francia se ha observado que el cultivo intercalado de nogal con alfalfa no es recomendable, ya que la alfalfa disminuye fuertemente el crecimiento de nogal. Por ello se recomienda evitar la plantación en terrenos que hayan tenido alfalfa en los 5 años previos a la plantación, pues el efecto se mantiene en el tiempo. Sin embargo, el uso del plástico de polietileno negro como mulch disminuye el efecto negativo de la alfalfa, aunque

no lo elimina (Paris *et al.*, 1998a) (Figura 27).

En recientes evaluaciones realizadas en Italia central, se vió que al final del cuarto año de crecimiento, nogal con alfalfa intercalada sin mulch fue un 68% menor en diámetro y altura que el control sin alfalfa y sin mulch, demostrando la sensibilidad de la especie a la competencia con alfalfa. De hecho las tasas de crecimiento en diámetro de nogal asociado a alfalfa con mulch mostraron ser siempre inferiores al testigo, pero mayores que las asociaciones sin mulch (Paris *et al.*, 1998b) (Figura 27).



Fuente: Paris *et al.*, 1995, 1998a, 1998b.

Figura 27: Comparación del crecimiento de nogal con distintos tratamientos.

A pesar de que la presencia del mulch plástico fue asociada con niveles inferiores de humedad en el suelo durante el inicio y el término de la estación de crecimiento, esto no afectó negativamente las tasas de crecimiento de nogal. La asociación con alfalfa limitó fuertemente el crecimiento de nogal durante los 4 años evaluados, no mostrando ninguna tendencia de disminución de la competencia a medida que la edad de los árboles aumentaba. Esto es asociado por los autores a los valores negativos en la relación suelo - nogal durante los períodos secos de la estación de crecimiento. Sin embargo, dicho estudio no menciona posibles efectos alelopáticos como parte de la explicación del fenómeno, como lo mencionan algunos autores franceses (IDF, 1983).

Se concluye que el mulch plástico a lo largo de las hileras es una técnica apropiada para un manejo simple de los cultivos asociados durante los primeros años después de la plantación.

PLANTACIONES MIXTAS

La plantación mixta consiste en la asociación especializada de nogal con una latifoliada u otra especie de valor y/o especie arbórea o arbustiva secundaria. Al respecto diversas experiencias se han realizado en Gran Bretaña, Francia e Italia. Este modelo puede reducir el riesgo biocultural y econó-

mico ligado a la monoespecificidad de las plantaciones, además de formar una masa arbórea de un cierto valor estético adicional al productivo. Además, los productos secundarios representan una diversificación y un incremento del ingreso. Los objetivos de esta asociación son:

- Diversificar la producción (madera de calidad, leña, miel, frutos, etc.).
- Contener y simplificar algunas intervenciones culturales (poda, control de malezas, etc.).
- Aumentar la potencialidad productiva (utilización de especies fijadoras de nitrógeno y otras especies con efecto sinérgico para nogal).
- Disminuir el riesgo imputable a factores bióticos, abióticos y económicos.
- Diversificar el paisaje.

Nogal en plantación mixta con otras especies presenta mayores diámetros y alturas que en plantaciones puras, salvo contadas excepciones. Observaciones realizadas por Buresti y De Meo (1998a) muestran que nogal puede obtener ventajas para su desarrollo de la convivencia con otros individuos, tanto de la misma como de otras especies. Esto parece indicar que los buenos crecimientos obtenidos en plantas aisladas se relacionan a una tradición cultural y no tanto a problemas de poca sociabilidad de la especie; muy por el contrario, la especie se beneficiaría de la compañía y mezcla con otros individuos.

Otro estudio realizado por Buresti y De Meo (1998b) en dos plantaciones, evidencian que se tiene un mayor desarrollo de las plantas en las filas vecinas a la protección lateral. El mayor crecimiento parece atribuible a una serie de factores, los que podrían actuar de manera sinérgica. La presencia de especies que fijan nitrógeno puede estimular un rápido crecimiento; la cercanía de otras especies que crecen más rápido que nogal (por ejemplo álamos) parece estimular su desarrollo; el uso de especies con diferente conformación de aparatos radicales permite una mejor utilización del terreno.

Si se decide el empleo de protección lateral será necesario evaluar atentamente el distanciamiento entre las plantas, y tratar de tener una disposición geométrica de los individuos de más rápido crecimiento, de modo de estimular el crecimiento del nogal sin crear problemas de curvaturas.

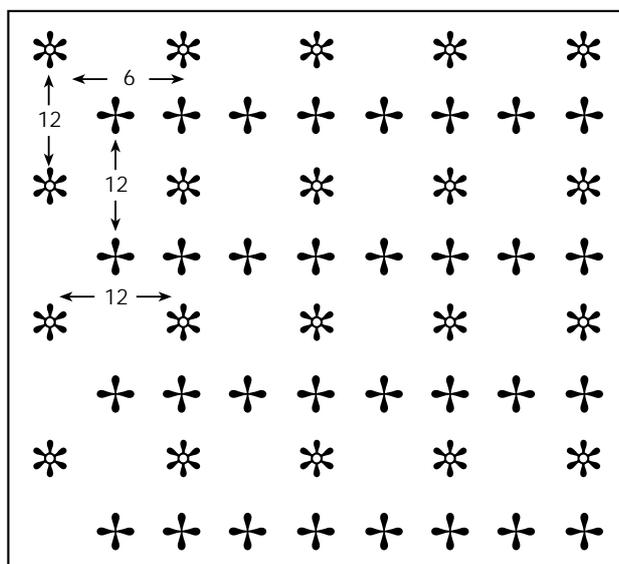
En general, la selección de la especie a asociar con nogal puede ser efectuada distinguiendo entre diversas categorías: especie arbórea principal y especie arbórea o arbustiva secundaria. Especie arbórea principal es aquella que contribuye, al igual que el nogal, a asegurar la mayor parte del ingreso al final del ciclo (cerezo, fresno, etc.), mientras que las especies arbóreas o arbustivas secundarias son aquellas que tendrán el objeto de proporcionar un ingreso o beneficio complementario (leña, miel, fruto, etc.) y/o de modificar las condiciones del sitio, mejorar el crecimiento y desarrollo de la especie principal (ejemplo fijación de nitrógeno).

De interés resulta la asociación con Alisos (*Alnus glutinosa* y *A. cordata*) y Olivos ornamentales (*Elaeagnus umbellata* y *E. angustifolia*), avellano europeo y otras. Investigaciones europeas y americanas han individualizado un efecto generalmente positivo sobre el crecimiento de la planta de nogal, la cual presenta una mejor forma del fuste y ramas de menor diámetro, lo que simplifica la poda.

Crawford (1996) menciona tres especies que pueden ser utilizadas en combinación con nogal, con la ventaja de ser fijadoras de nitrógeno, incidiendo positivamente en su crecimiento:

- Acacio (*Robinia pseudoacacia*): su vigor debe ser controlado; presenta cierta vulnerabilidad al ataque de conejos.
- Aliso (*Alnus glutinosa*): es una especie de gran vigor, y puede ser eliminada más tarde para detener la competencia. Evidencias indican que la presencia de aliso puede ayudar a reducir el riesgo de ataques por el hongo de la miel (*Armillaria mellea*). En algunos suelos, la presencia de Junglone puede significar una pérdida en la capacidad de fijar nitrógeno de los alisos, y puede llegar a detener su crecimiento al cabo de 8 - 12 años.
- Olivos ornamentales (*Elaeagnus angustifolia* y *E. umbellata*): muy buenos fijadores de nitrógeno; no existe peligro que proporcionen sombra al nogal. Pueden presentar un crecimiento vigoroso, lo que es útil para guiar el crecimiento de los nogales, con buena forma y ramas delgadas.

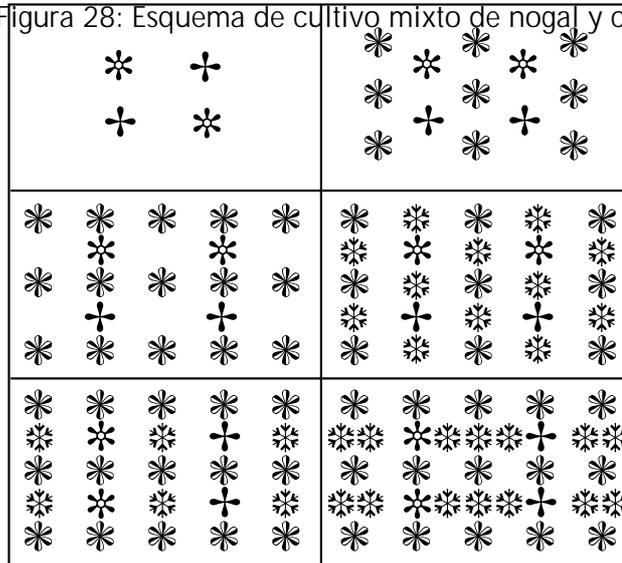
En Italia se manejan distintos esquemas base de plantaciones mixtas, ya sea con especies de alto valor como el cerezo o el fresno, o con especies como las anteriormente descritas (Figuras 28 y 29).



Fuente: Modificado de IDF 1993, cit. por Il Divulgatore, 1994.

	Nogal: Distanciamiento de plantación 12 x 12 m.
	Cerezo: Distanciamiento de plantación 6 x 12 m.

Figura 28: Esquema de cultivo mixto de nogal y cerezo



Fuente: Modificado de Buresti 1993, cit. por Il Divulgatore, 1994.

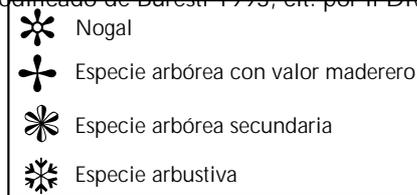


Figura 29: Plantaciones mixtas de nogal con especies arbóreas y arbustivas

Con respecto a los diámetros, los valores son siempre mayores en las plantaciones mixtas, independientemente de las especies empleadas. En el caso de nogal común, la presencia de cerezo aumenta casi en un 50% la altura media y el DAP, mientras que agregando plantas que fijan nitrógeno se alcanzan incrementos del 80% para ambos parámetros (Buresti y Frattegiani, 1995).

En Chile, los resultados obtenidos al comparar plantaciones puras y mixtas asociadas a olivo de bohemia, muestran incrementos significativamente superiores (57 % en altura, 39 % en DAC (diámetro a la altura del cuello), y 42 % en DAP) (Loewe *et al.*, 1999) (Figura 30).



Figura 30: Plantación mixta de nogal común con olivo de bohemia a los 3 años de edad (Parral, VII región). Obsérvese la forma, estructura y vigor de los nogales.

En cuanto a la forma del fuste, en plantaciones mixtas generalmente se encuentran individuos más alargados, y con frecuencia los diámetros de las ramas son inferiores, aunque esto depende de la combinación específica. Además, se ha observado que los ataques parasitarios son más fuertes en plantaciones puras, tanto en número de plagas como en la intensidad del daño.

Los arbustos como las grosellas pueden tener un buen desarrollo y plantarse al mismo tiempo que los nogales. También existen antecedentes sobre la buena asociación entre menta y nogales.

Cabe señalar que cualquier cultivo bajo dosel, aún el forraje, hará la labor de cosecha más difícil. Por otro lado, un cultivo bajo dosel puede disminuir significativamente el flujo de aire bajo los nogales, lo que podría aumentar el ataque de peste negra. De este modo, en lugares de clima templados, los cultivos a usar están restringidos a pastos y a cultivos bajos. Al asociar nogal con cultivos secundarios (herbáceos, arbustivos o arbóreos) se debe cuidar de no dañar la especie principal.

4.3.6 Cosecha de frutos

La cáscara carnosa (pelón) que cubre las nueces se abre al madurar y permite que la nuez caiga, lo

que ocurre usualmente entre fines de marzo y abril (hemisferio sur). Antes de la cosecha, el terreno bajo los árboles puede requerir una cierta preparación, como por ejemplo la remoción del pasto. La cosecha se realiza cuando la cáscara presenta un estado de maduración tal que el desprendimiento de la nuez resulta fácil, y que al sacudir el árbol las nueces caigan al suelo.

La nuez al ser cosechada no siempre está madura. En efecto la maduración se alcanza cuando la cutícula que envuelve la semilla esta completamente oscura y la nuez ha alcanzado la dimensión máxima y un elevado contenido de aceite. Nueces inmaduras tienden a rajarse durante el secado, por lo que ciertos cultivares, caracterizados por una maduración gradual, requieren varias cosechas.

Cosecha manual:

En general, cosechas tempranas minimizan los daños por peste. Para ayudar a la caída de las nueces se pueden remecer las ramas. En climas cálidos, la nuez madura antes que la cubierta carnosa; pero el remecimiento puede reducir las probabilidades de daño a las nueces por peste; el frío y la humedad favorecen la maduración y liberación de la cáscara.

Las nueces son fácilmente extraídas cuando están tiernas. Una vez maduras se vuelven pulposas y no pueden ser removidas. Se extraen en forma manual o mecánica mediante la utilización de mallas, siendo este último método el más eficiente para el limpiado de las semillas, después del cual, las semillas vanas pueden ser separadas mediante flotación en agua.

En Chile, los huertos frutales presentan poca uniformidad respecto a la maduración de la nuez, por su origen mayoritario de semilla, lo que hace que la cosecha sea un proceso lento.

Cosecha mecanizada:

El nogal, al igual que el almendro, es una de las especies donde la cosecha mecanizada es una operación que se realiza desde los 5 a 6 años de edad. La mecanización de la cosecha del nogal en California está favorecida por el fuerte aumento de la superficie plantada. La rapidez de la cosecha mecanizada incide favorablemente en la calidad del producto; cosechas tardías o muy largas, hacen que la nuez se envejezca y tienda a oscurecerse y a arrugarse, disminuyendo fuertemente el valor del producto; también se verifican daños de insectos en la nuez cuando la cáscara se abre.

Cuando aproximadamente el 95% de los pelones está abierto se usa un sacudidor o vibrador mecánico, que puede sacudir de 60 a 80 árboles por hora desprendiendo la totalidad de las nueces maduras. Una vez en el suelo la nuez es recogida por una máquina mediante aspiración, transportándola a una cinta rotativa, en la que por ventilación se hace la primera limpieza de las impurezas que han sido arrastradas con la nuez. Este tipo de cosecha requiere de un terreno relativamente plano y limpio.

Con el fin de acelerar la apertura del pelón, uniformar la madurez y facilitar el desprendimiento de los frutos, en la mayoría de los huertos en California se aplica el ácido 2-cloro étil fosfórico (Ethephon), el que además de facilitar la cosecha, hace que se obtenga una nuez muy clara, exigida por el mercado de los Estados Unidos. Según algunos especialistas, la aplicación de este producto antes que la nuez alcance su completa madurez es causante de que la nuez americana sea de menor sabor

que la nuez chilena, la cual se cosecha cuando el fruto alcanza su madurez fisiológica natural.

Post cosecha:

Las nueces se comercializan peladas o con cáscara; algunas variedades de cáscara débil deben ser peladas. Nueces con cáscaras muy delgadas pueden tener problemas de cosecha y manipulación (Crawford, 1996).

En la actualidad la nuez pelada de exportación es procesada en tres etapas: acondicionamiento, almacenamiento y descascarado. La etapa de acondicionamiento consiste en un despelsonado y un posterior secado del producto, y se efectúa inmediatamente después de la cosecha. El secado puede realizarse al aire libre con una duración de tres semanas o mediante la circulación de aire forzado con lo que el proceso sólo dura 4 días, siendo este último el más eficiente y recomendable. En ambas situaciones se debe lograr una humedad final de 7 a 8%, que equivale a una humedad del fruto de 3,0 a 3,5%.

Las condiciones de almacenamiento más adecuadas son con ausencia de luz natural, baja humedad relativa y una temperatura inferior a 15°C.

La última etapa, el descascarado, consiste en la partidura de las nueces, la selección según el color del fruto, la clasificación por tamaño y el posterior envasado.

De las tres etapas mencionadas la de mayor incidencia en el control de la oxidación y enranciamiento del fruto es la de acondicionamiento, dado que es la que disminuye el contenido de agua del producto y por ende del fruto, retardando con ello los cambios de color que indican deterioro.

El tamaño del fruto es un factor importante para producir nueces con cáscara de calidad; el largo de la nuez también es considerado en la nuez pelada como un factor importante (Crawford, 1996). Las semillas de color claro son más valoradas; las semillas de color oscuro son un problema en zonas donde hay veranos con altas temperaturas o quemaduras por el sol.

4.4 RENTABILIDAD DE UNA PLANTACIÓN DE NOGAL

4.4.1 Con objetivo frutal

La rentabilidad del cultivo de huertos frutales a una densidad de plantación de 7 x 7 m se señala en el Cuadro 29. Se utilizan como indicadores de rentabilidad el Valor Presente Neto/ha (VPN) calculado a una tasa de descuento del 14 % y la Tasa Interna de Retorno (TIR). Los precios utilizados están expresados en UF.

CUADRO 29
 RENTABILIDAD DE PRODUCCIÓN DE NUECES

Indicador	Niveles de Precios (U.F)		
	Alto	Medio	Bajo
VPN al 14 %	890	560	280
TIR (%)	42,4	34,5	26,4

Fuente: Modificado de Covarrubias y Espinoza, 1991.

4.4.2 Con objetivo fruto - forestal

INFOR, en el proyecto "Silvicultura de especies no tradicionales: una mayor diversidad productiva" (1995 - 1998, CORFO - FIA), determinó la rentabilidad de una plantación de nogal, considerando tres tecnologías productivas (Loewe *et al.*, 1999).

En primer lugar se definió una tecnología de alto nivel para producir madera de alta calidad, apropiada para sitios de buena a muy buena calidad. En segundo término se definió una opción tecnológica menos intensiva que la anterior, adecuada para sitios de menor calidad. Finalmente se consideró una opción tecnológica como la primera, pero orientada a la producción de madera y frutos. Los

esquemas de manejo para las diferentes tecnologías consideradas se señalan en el Cuadro 30.

CUADRO 30

TECNOLOGÍA ALTA		TECNOLOGÍA MEDIA		TECNOLOGÍA FRUTO-FORESTAL	
Establecimiento:		Establecimiento:		Establecimiento:	
0	Limpia química de malezas, aradura, surco de riego, plantación 1.100 arb/ha con gel e instalación de tutores	0	Limpia química de malezas, aradura, plantación 1.100 arb/ha con gel y establecimiento de mulch	0	Limpia química de malezas, aradura, surco de riego, plantación 625 arb/ha con gel e instalación de tutores
0-3	Fertilización y control de malezas	0-3	Fertilización	0-27	Fertilización y riego
4	Establecimiento de mulch			0-5	Control químico de malezas
0-5	Riego				
Silvicultura		Silvicultura		Silvicultura	
1-3	Poda de formación y desyemes	1-3	Poda de formación y desyemes	1-3	Poda de formación y desyemes
4-10	Levante de poda y desyemes	4-12	Levante de poda y desyemes	4-8	Levante de poda y desyemes
6	Raleo (Vol. Cosecha: 0,6 m ³ /ha)	8	Raleo (Vol. Cosecha: 1,1 m ³ /ha)	15	Raleo (Vol. Cosecha: 34,2 m ³ /ha)
12	Raleo (Vol. Cosecha: 15,1 m ³ /ha)	16	Raleo (Vol. Cosecha: 15,4 m ³ /ha)		
Cosecha		Cosecha		Cosecha	
30	Alternativa 1: 40 cm DAP (Vol. Cosecha: 296,7 m ³ /ha, de los cuales 178,0 m ³ /ha son trozas aserrables)	40	Alternativa 1: 40 cm DAP (Vol. Cosecha: 292,9 m ³ /ha, de los cuales 178,1 m ³ /ha son trozas aserrables)	8-27	Cosecha y desinfección de frutos
40	Alternativa 2: 50 cm DAP (Vol. Cosecha: 525,5 m ³ /ha, de los cuales 278,2 m ³ /ha son trozas aserrables)	50	Alternativa 2: 50 cm DAP (Vol. Cosecha: 507,2 m ³ /ha, de los cuales 278,3 m ³ /ha son trozas aserrables)	27	Cosecha de madera a un DAP de 40 cm (Vol. Cosecha: 194,8 m ³ /ha, de los cuales 87,7 m ³ /ha son trozas aserrables)
Se produce un fuste podado hasta los 7,5 m de altura		Se produce un fuste podado hasta los 7,5 m de altura		Se produce un fuste podado de 4 m de altura. La cosecha de frutos comienza a la edad de 8 años	

Fuente: Loewe *et al.*, 1999.

La determinación de los costos por actividad silvícola se estructuró en base a entrevistas a contratistas, contrastándolos con información general de mercado.

Con el objeto de definir los precios de mercado de los productos forestales, ya sea para la industria del aserrío, del debobinado o del foliado, se optó por trabajar con dos escenarios, uno internacional y otro nacional. El internacional corresponde a un valor conservador de los productos de nogal en el mercado internacional; el nacional supone que los productos generados no superarán los actuales precios de las maderas nativas en el mercado interno (Cuadro 31).

CUADRO 31
PRECIOS²⁴ DE LOS PRODUCTOS DE NOGAL EN EL MERCADO
NACIONAL E INTERNACIONAL UTILIZADOS EN LA EVALUACIÓN ECONÓMICA

PRODUCTO	ESCENARIO INTERNACIONAL (US\$/m ³)	ESCENARIO NACIONAL US\$/m ³)
Trozas con diámetro menor > a 40 cm	320	102
Trozas con diámetro menor entre 30-40 cm	224	71
Trozas con diámetro menor entre 20-30 cm	84	46
Trozas pulpables	21	21
Leña	5	5

Fuente: INFOR-FIA-FONSIP, 1998.

La evaluación privada del establecimiento y manejo del nogal en relación a las distintas opciones tecnológicas descritas en el Cuadro 30 se señala en el Cuadro 32.

CUADRO 32

RESULTADO DE LA EVALUACIÓN ECONÓMICA EN EL ESCENARIO INTERNACIONAL A UNA TASA DE DESCUENTO DEL 10 % Y UN DAP DE 40 CM A LA EDAD DE COSECHA

OPCIÓN TECNOLÓGICA	VALOR POTENCIAL DEL SUELO (VPS - US\$/HA)	VALOR ACTUAL NETO (VAN - US\$/HA)
Tecnología Alta	416	496
Tecnología Media	- 700	- 680
Tecnología fruto-forestal	2.808	1.912

Fuente: INFOR-FIA-FONSIP, 1998.

La especie alcanza valores positivos de rentabilidad en los dos escenarios de precios en el caso de la tecnología alta y fruto-forestal al evaluar al 10 %. Al reproducir las situaciones con una tasa de 6 % se logran valores positivos, en el escenario de precios internacionales y en los tres tipos de tecnología. De acuerdo a lo señalado la tecnología fruto-forestal se presenta como la mejor opción, ya que se trata de una especie definida como productora de frutos y madera de alto valor, cuya rentabilidad aparece como interesante (Loewe *et al.*, 1999).

En el primer proyecto Europeo se realizó un análisis de rentabilidad en los diferentes tipos de plantación existentes hasta el momento en ese continente. Los resultados muestran pérdidas para el 30%

24. Precios puestos a orilla de camino

de las plantaciones, ganancias bajas para un 60% de las plantaciones (desde US\$ 9.000 a 36.000/ha) y ganancias elevadas para un 10% de ellas (desde US\$ 45.000 a 95.000/ha). Otros parámetros incorporados en la evaluación corresponden a ingreso para los agricultores, tasas de crecimiento económico y calidad de la madera en función de su utilización (Jay-Allemand, 1996).

El análisis determinó que para áreas marginales los aspectos favorables que estimulan la plantación de nogales son: el interés de campesinos y propietarios, los subsidios vigentes y la calidad de la madera. Respecto a los impedimentos existentes, se citan la falta de especialización técnica, el alto costo de mantención, y la necesidad de suelos relativamente buenos. El tratamiento de los datos consideró rotaciones a los 40 años y una tasa de interés del 3%, así como los precios internacionales que alcanza nogal en Europa.

En Francia la inversión de una plantación de nogales corresponde a US\$ 1.522 /ha. En 50 años se pueden obtener ganancias fluctuantes entre 9.700 y US\$ 48.400 /ha (Martinet y Peloux, 1994).

5. PRODUCCIÓN

5.1 PRODUCCIÓN FRUTAL

En California, Francia e Italia el nogal se cultiva en plantaciones regulares de árboles injertados con variedades seleccionadas que dan a origen a un producto homogéneo. En el resto de los países, las nueces en su mayoría provienen de árboles sin injertar obteniéndose una producción heterogénea y de menor calidad comercial (Vargas, 1989).

En Inglaterra, cultivares de alto rendimiento y con copas bien desarrolladas tienen los rendimientos indicados en el Cuadro 33.

CUADRO 33

RENDIMIENTO DE PRODUCCIÓN DE NUECES

Edad árboles	Rendimiento por árbol (kg)	Rendimiento por hectárea (kg)
3 - 5	5	500
10 - 15	50	5000
20 (máx. producción)	75	7500

Fuente: Crawford, 1996.

El rendimiento está determinado por factores genéticos, ambientales y de manejo (Crawford, 1996):

Factores de manejo:

- Hábito productivo: es un factor importante en la determinación de la producción potencial en árboles jóvenes. Cultivares con alto (más de 80%) porcentaje de brotes laterales fértiles (brotes laterales de un año produciendo flores femeninas) tienden a ser más precoces y con una mayor producción temprana que los de producción tardía (ej. Franquette).

Los árboles injertados usualmente comienzan a producir flores femeninas y frutos entre los 2 y 5 años (los árboles de semillas entre los 4 y 8 años), aún cuando las flores masculinas a menudo comienzan más tarde.

- Superficie productiva: relaciona el tamaño del árbol con la densidad de plantación, y es importante de considerar para maximizar la producción. Los rendimientos en los huertos durante los primeros años son proporcionales a la densidad de plantación, por ello una opción para climas más cálidos es usar cultivares precoces en altas densidades para obtener producciones rentables tempranamente, siendo los altos costos de establecimiento el punto negativo; además se debe ralear después de los 8 - 10 años.

Factores ambientales que influyen en:

- Inicio de la floración: en nogal esto depende de la disponibilidad de luz, y determina los rendimientos por hectárea. Es muy importante que los árboles no compitan por luz.
- Desarrollo de los frutos: los frutos pueden ser afectados por las condiciones de polinización. En la mayoría de las regiones, la peste negra del nogal (*Xanthomonas campestris var. juglandis*) es un problema serio, causando la caída prematura de flores y frutos; los cultivares de brotación temprana son más susceptibles, por ello los cultivares tardíos (ej. Hartley, Chandler) dominan las plantaciones más recientes.

Factores genéticos:

- Tamaño de las nueces: es una característica varietal, pero puede ser influenciada por las podas y por la textura de suelo disponible, en particular a fines de primavera y principios de verano.
- Porcentaje de semilla: es importante sobretodo cuando se comercializa la nuez sin cáscara.

5.1.1 Producción mundial

Las nueces son un producto muy apreciado en confitería y pastelería; sin embargo la producción mundial es escasa y no está tan desarrollada a nivel de huertos industriales, ya que parte de ella proviene de huertos familiares o de hileras de árboles que están a orilla de camino o como cercos de

huertos de otras especies, de modo que las estadísticas oficiales surgen, generalmente, de estimaciones hechas en cada país. Un estudio realizado en Australia indica que la industria de las nueces templadas tiene considerable interés y posibilidades de expansión.

Según FAO (1988, 1989) la producción mundial de nueces de nogal entre 1987 y 1989 se mantuvo en un nivel relativamente estable, con un crecimiento en la década del orden del 15% (Cuadro 34), sin embargo ya en el último decenio la cifra aumentó a 1.200.000 toneladas. Los principales países productores son Estados Unidos, China y Turquía, seguidos Rumania, Irán y Francia. Grecia, Italia, Pakistán y la India participan con producciones de alrededor de 20.000 ton cada uno, sin embargo son países que tienen saldos exportables.

CUADRO 34

PRODUCCIÓN MUNDIAL DE NUECES EN MILES DE TONELADAS (PERIODO 1979 - 1999)

AÑOS	1979 1981	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Mundo	776	873	843	893	887	924	918	1.090	1.033	1.041	1.068	1.111	1.113	1.196
Estados Unidos	191	224	186	191	206	235	184	236	211	212	189	245	206	257
Argentina	9	7	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9	9
Chile	5	6	7	7	8	9	7	10	9	10	9	11	10	11
China	106	147	153	151	150	152	164	216	210	231	238	250	269	274
India	17	23	20	17	20	18	24	22	28	25	29	24	30	28
Irán	3	15	15	30	45	73	68	111	117	119	113	125	144	146
Pakistán	15	20	21	21	18	18	17	18	18	18	18	17	18	18
Turquía	131	110	110	115	115	122	120	115	120	110	115	115	120	120
Unión Soviética	51	82	85	90	95	96								
Rumania	38	37	47	45	26	18	22	33	20	23	36	33	33	25
Francia	26	27	29	25	25	16	24	19	27	22	22	24	25	29
Bulgaria	20	29	28	34	25	24	26	13	17	7	7	9	6	6
Grecia	23	21	20	20	23	22	25	24	23	23	23	20	20	20
Italia	47	35	20	21	15	15	16	13	10	11	12	13	12	18
Otros	94	90	94	118	108	98	213	252	214	221	248	216	211	235

Fuente:FAO,1988,1989;

<http://apps.fao.org/page/>

[form?collection=Production.Crops.Primary&Domain=Production&portlet=1&language=ES&hostname=apps.fao.org&version=default](http://apps.fao.org/page/form?collection=Production.Crops.Primary&Domain=Production&portlet=1&language=ES&hostname=apps.fao.org&version=default)

CUADRO 35

PRINCIPALES EXPORTADORES DE NUECES

PRINCIPALES EXPORTADORES DE NUECES DE NOGAL (ton)			
Período	1988-89	1989-90	1990-91
Estados Unidos	77.343	85.307	86.000
China	54.820	51.000	63.000
Francia	10.900	11.200	11.500
India	10.000	8.500	10.000
Turquía	4.000	3.000	2.000
Italia	2.314	5.200	3.000
Chile	5.606	6.766	7.717

Fuente: FAO, 1989.

Estados Unidos es el país que tiene mayor trascendencia en el mercado internacional de nueces, con alrededor del 50% de las ventas y es, al mismo tiempo, quien posee más huertos estructurados para la producción comercial. Le siguen en volumen de ventas China, Francia, India y Chile (Cuadro 35). Sin embargo, Chile participa sólo con un 0,8% de la producción mundial estimada por FAO, es decir, alrededor de 11.000 ton de nueces (Cuadro 35).

Respecto al mercado europeo, principalmente Italia enfrentó durante unos 10 años (1987 - 1998) problemas, disminuyendo su producción de unas 35.000 toneladas en el año 1987 a 12.000 toneladas en el año 1998 (Cuadro 36), sin embargo durante estos dos últimos años se ha observado un aumento importante en sus volúmenes de producción. Lo anterior se debió a: técnicas culturales frecuentemente irracionales (podas, riegos, fertilización, cosecha, etc.) asociada a un alto costo de mano de obra; falta de homogeneización del producto; necesidad de hacer llegar a los productores variedades y ecotipos seleccionados; escasa calidad del producto post-cosecha, necesidad de una mayor selección en función de los requerimientos del mercado (conservación, calibre, color, etc.); y falta de promoción del producto a los consumidores (Gelone, 1997).

CUADRO 36

PRODUCCIÓN MUNDIAL DE NUECES. PERIODO 1998 - 2000 (TONELADAS ESPERADAS)

Países	1998/1999	1999/2000
Estados Unidos	208.000	254.000
China	250.000	260.000
Francia	24.600	23.000
Italia	12.000	18.000
Otros	105.400	110.000
TOTAL	600.000	665.000

Fuente: www.odepa.gov.cl/servicios-informacion/Mercados/N97.html

En este decenio destacan Estados Unidos y China como los principales productores de nueces a nivel mundial.

5.1.2 Producción nacional

Aunque el nogal está distribuido en una amplia zona geográfica, adaptado a una gama bastante extensa de climas y suelos, las áreas de producción comercial son bastante restringidas (Vargas, 1989).

La producción de nueces se concentra en la zona central del país, principalmente en la V, VI y Región Metropolitana. Esta concentración de huertos se debe principalmente a las condiciones de clima y suelo, que en estas regiones son las más favorables para su cultivo (Barriga *et al.*, 1991).

Los rendimientos varían de acuerdo a la ubicación geográfica, calidad del suelo, origen de planta y manejo de la plantación, especialmente por la densidad de plantación. Generalmente, se consideran tres niveles de producción (Cuadro 37), donde se especifican tres densidades de plantación; la primera a 10 x 10 m se refiere al caso de un huerto frutal típico que permite un rendimiento medio de 3.000 kg/ha a los 20 años. La segunda a 7 x 7 m corresponde a la actual densidad que se les está dando a los huertos frutales con un rendimiento medio de 5.000 kg/ha a los 20 años; y por último las plantaciones de 5 x 5 m tienen un objetivo combinado de frutos y madera con una producción promedio de 2.500 kg/ha a los 20 años (Barriga, 1992a). También se establecen plantaciones frutales a 5 x 5 m con rendimientos muy elevados.

CUADRO 37

RENDIMIENTO DE NUECES SEGÚN DENSIDAD DE PLANTACIÓN

	Plantación a 10 x 10 m			Plantación 7 x 7 m			Plantación 5 x 5 m		
	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio	Alto
	kg/ha								
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	60	100	130	0	0	0
3	0	150	250	290	450	600	0	0	0
4	100	300	500	550	850	1.140	0	0	0
5	180	550	900	930	1.440	1.940	90	150	210
6	300	1.150	1.400	1.360	2.100	2.830	180	300	420
7	400	1.500	2.000	1.820	2.800	3.780	450	750	1.050
8	550	1.900	2.700	2.270	3.500	4.720	1.050	1.750	2.450
9	640	2.200	3.300	2.600	4.000	5.400	1.500	2.500	3.500
10	770	2.470	4.000	2.920	4.500	6.070	1.500	2.500	3.500
11	900	2.650	4.500	3.050	4.700	6.340	1.500	2.500	3.500
12	1.000	2.800	4.800	3.250	5.000	6.750	1.500	2.500	3.500
13	1.150	2.900	5.000	3.250	5.000	6.750	1.500	2.500	3.500
14	1.200	3.000	5.000	3.250	5.000	6.750	1.500	2.500	3.500
15	1.250	3.000	5.000	3.250	5.000	6.750	1.500	2.500	3.500
16	1.300	3.000	5.000	3.250	5.000	6.750	1.500	2.500	3.500
17	1.300	3.000	5.000	3.250	5.000	6.750	1.500	2.500	3.500
18	1.350	3.000	5.000	3.250	5.000	6.750	1.500	2.500	3.500
19	1.350	3.000	5.000	3.250	5.000	6.750	1.500	2.500	3.500
20	1.350	3.000	5.000	3.250	5.000	6.750	1.500	2.500	3.500

Fuente: Barriga *et al.*, 1991.

En el Cuadro 38 se identifican las regiones y sus respectivas producciones de exportación.

CUADRO 38

PRODUCCIÓN DE NUECES DE EXPORTACIÓN POR REGIÓN

Producción por región (cajas)						
V	VI	VII	R.M.	OTRAS	TOTAL 94/95	1993/94
64.739	3.450	1.925	12.492	5.840	88.446	56.960.

Fuente: ODEPA, 1995.

En el Cuadro 39 se ilustra la variación en los montos de exportación de nueces en los años 1986 - 1999.

CUADRO 39
EXPORTACIÓN DE NUECES

AÑO	MILES US\$
1986	10.800
1987	9.630
1988	8.131
1989	13.600
1990	15.700
1991	20.200
1992	16.300
1993	18.700
1994	20.200
1995	22.227
1997	23.792
1998	20.933
1999	25.739

Fuente: ODEPA, 1995; Cámara de Comercio de Santiago, 1997; www.odepa.gov.cl/servicios-informacion/Mercados/N97.html

Respecto a la superficie con huertos industriales de nogal, ésta ha permanecido estable desde 1980 en que llegó a 6.400 ha (Cuadro 40) sin mayores variaciones hasta 1985, a excepción de 1982, año en que se registró la más alta superficie con este tipo de cultivo. Hasta hoy se ha mantenido una superficie estable alrededor de las 7.000 ha. Sin embargo, existen programas para arrancar 4.000 hectáreas en los próximos 4 años en la zona central²⁵.

25. Ibid (5)

CUADRO 40
SUPERFICIE DE HUERTOS INDUSTRIALES

AÑO	SUPERFICIE EN HA
1979	5.818
1980	6.400
1981	6.529
1982	7.630
1983	6.510
1984	5.930
1985	7.090
1986	7.235
1987	7.175
1988	7.265
1989	7.050
1990	7.020
1991	6.950
1992	6.940
1993	6.980
1994	6.741
1995	7.479
1997	7.440
1998	7.626
1999	

Fuente: ODEPA, 1995; www.odepa.cl/base-datos/estadisticas/produ/Agr/frutas-ps.html (febrero-2001)

De acuerdo al último Censo Agropecuario (INE, 1997), la superficie de nogales en el país alcanza las 7.479 hectáreas (Cuadro 41).

CUADRO 41
SUPERFICIE DE NOGALES EN CHILE POR REGIÓN

Región	III	IV	V	R.M.	VI	VII	VIII	IX	TOTAL
Hectáreas	11,8	537,9	1.666,2	3.671,1	1.470,9	79,8	19,7	21,6	7.479

Fuente: INE, 1997.

La producción de nueces en los huertos industriales ha ido en aumento (Cuadro 42), con un alza en 1993.

CUADRO 42
PRODUCCIÓN EN HUERTOS

AÑO	TONELADAS
1982	5.975
1983	6.300
1984	6.550
1985	6.600
1986	6.000
1987	5.500
1988	5.800
1989	7.100
1990	8.350
1991	9.000
1992	7.000
1993	10.000
1994	10.000
1995	11.000
1997	10.500
1998	10.200
1999	10.800
2000	11.124

Fuente: ODEPA, 1995; www.odepa.cl/base-datos/estadisticas/produ/Agr/frutas-ps.html (febrero-2001)

En relación a los mercados de destino de la producción nacional, se observa que en el ejercicio 1998 - 1999, Italia aumentó su participación con un 46,9% del total exportado. Los otros mercados relevantes para el mismo período fueron Alemania, Portugal, España, Argentina, Uruguay y Brasil²⁶.

Según Conca y Barría (1991) en las inspecciones y análisis que históricamente ha realizado International Quality Control, los principales daños que originan rechazo de nueces chilenas de exportación con cáscara son:

- Presencia y daño de insectos: principalmente polilla de la nuez o manzana (*Cydia pomonella*) y polilla de la bodega (*Plodia interpunctella*).
- Resecamiento, leve y grave: producido por daño fisiológico, golpe de sol y peste negra.
- Hongos activos y secos: daño relacionado con humedad elevada.

En el Cuadro 43 se detalla el destino de la producción de nueces en Chile durante el período 1996 - 1999. Se observa que aproximadamente el 60% de es exportada.

26. La Nación. 2 de septiembre de 1999. Artículo de prensa.

CUADRO 43

DESTINO DE LA PRODUCCIÓN NACIONAL DE NUECES (TONELADAS)

Destino	1996	1997	1998	1999
Exportación	6.367	6.966	6.150	6.400
Consumo interno	2.547	2.787	2.460	2.560
Agroindustria	1.910	2.090	1.845	1.920
TOTAL	10.824	11.843	10.454	10.880

Fuente: www.odepa.gov.cl/servicios-informacion/Mercados/N97.html

En relación con la exportación chilena, esta ha orientado su mercado principalmente a países de Latinoamérica. En los últimos dos años, Chile exportó a Brasil y Argentina un 55% del valor de nueces con cáscara y 66% del producto sin cáscara. Países europeos como Italia, Alemania, Portugal, España y Suiza muestran una participación creciente, pero moderada, como destinatarios de nueces sin cáscara²⁷.

El mercado de las nueces es determinado por la oferta exportable de muy pocos países (Cuadro 35), pero especialmente por el nivel de producción de los Estados Unidos, de modo que los precios reflejan las variaciones en la oferta por tratarse de un mercado pequeño en volumen y de alta dependencia importadora. Sin embargo, la variación de los precios depende de múltiples factores, entre los que se cuenta el origen y calidad del producto, además de la demanda de la industria y del consumo interno de los países productores (Barriga *et al.*, 1991).

CUADRO 44

CHILE: PRECIOS NOMINALES PROMEDIO DE EXPORTACIÓN DE NUECES (US\$ FOB /KG)

Precio Promedio	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1995	1997	1998	1999	2000
Nueces con cáscara	1,25	1,25	2,09	2,27	1,31	1,87	1,89	2,76	2,51	2,38	2,35	2,12
Nueces sin cáscara	4,01	3,95	5,18	5,73	3,95	5,41	5,18	7,42	7,55	7,29	6,90	6,61

Fuente: Modificado de Barriga *et al.*, 1991; www.odepa.gov.cl/servicios-informacion/Mercados/N97.html

En el Cuadro 44 se puede observar que el precio promedio por kilogramo exportado de nueces con cáscara se mantiene estable y cercano a US\$ 2 entre la temporada 1986 y 2000, dándose sus valores máximo y mínimo en 1995 y 1984, respectivamente. En el caso de las nueces sin cáscara, como contrapartida, los mejores precios se alcanzan en el mercado europeo, destacándose que éstos prác-

27. www.odepa.gov.cl/servicios-informacion/Mercados/N97.html (febrero, 2001).

ticamente triplican los precios de nueces con cáscara. Sin embargo, el rápido enranciamiento de este producto luego del descascarado constituye una limitante para la expansión futura de sus exportaciones, a pesar de su mejor valoración en un mercado tan exigente como el europeo (Barriga, 1992b).

Las principales empresas exportadoras de nueces con cáscara en Chile son E.P.G. con ventas en el año 1999 del orden de 1,9 millones de dólares, Pacific Nut con 1,7 millones de dólares, Anakena con 1,6 millones de dólares y Hojas Export con 0,93 millones de dólares. En nueces sin cáscara destacaron Anakena, Hojas Export, Valbifrut, Pacif Nut y E.P.G. con 2,5; 1,6; 1,5 y 1,0 millones de dólares, respectivamente.

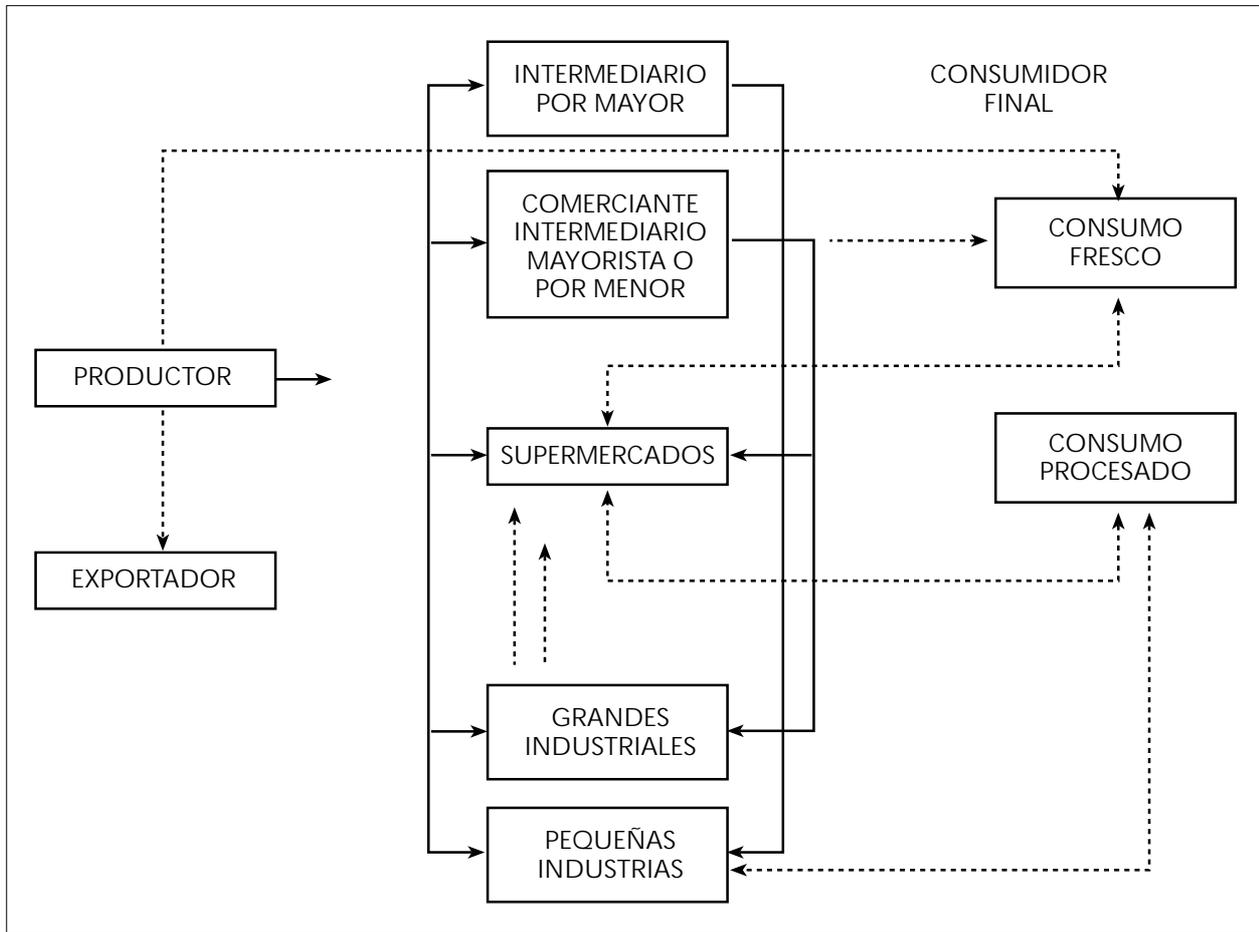
5.1.3 Canales de comercialización nacional

Canales de comercialización en el mercado de la nuez

La estructura de los canales de comercialización de las nueces es conocida y tradicional. El productor de nueces enfrenta el mercado restringido, muchas veces por el tamaño de su oferta efectiva individual; ello refleja sus opciones comerciales. En términos globales, se pueden asumir dos tipos de tamaño de productores: los grandes, con explotaciones industriales; y los pequeños, con empresas más bien familiares (Barriga, 1992b).

- **Productor de huertos industriales:** Productor con capacidad de negociación comercial, que se apoya en el tamaño de su oferta efectiva, la calidad de su producto y el enfoque de su producción al mercado, principalmente de exportación (Barriga *et al.*, 1991).
- **Productor de huertos pequeños:** Productor con una oferta efectiva individual pequeña; posee limitaciones comerciales que lo obligan a recurrir a un mercado más bien marginal, donde los bajos retornos se ocultan con el aporte de su familia al trabajo de acondicionamiento y demora en la venta de la producción.

La Figura 31 se ilustran las diferentes relaciones comerciales que se generan en el mercado interno de la nuez, cómo fluye la oferta efectiva hasta satisfacer la demanda de los consumidores finales, ya sea para consumo inmediato (fruto natural, partido y consumido) o como componente de un producto final elaborado.



Fuente: Barriga, 1992b.

Figura 31: Canales de comercialización de la nuez. Mercado interno

Análisis de los agentes económicos

Productores: Los productores de nueces constituyen la oferta efectiva de nueces, ya sea para la exportación o para el mercado interno.

Según CIREN (1990), existen en el país alrededor de 1.140 productores, lo que puede explicar la baja capacidad negociadora en el mercado; por razones tecnológicas los huertos fueron considerados de baja rentabilidad relativa. Posteriormente, la incorporación de tecnología, como por ejemplo injertación y un manejo agronómico de los huertos, ha tendido a revertir la situación negativa.

Los precios a nivel de productores se determinan dependiendo del mercado de que se trate. En el caso de una oferta exportable, el precio deriva de los valores internacionales, según sean las condiciones de oferta y demanda. También, el precio se puede definir en base a una negociación directa entre el productor y el exportador.

En cuanto al nivel de precios en el mercado interno, éstos se determinan en función de la oferta efectiva que se genere y de la calidad de la fruta, ya que enfrenta una demanda más o menos regular.

En el caso de producciones afectadas por plagas y/o enfermedades, quedan para el mercado interno y su precio se define también en negociación directa en el predio, en función del volumen ofrecido y de la calidad de la fruta.

Intermediarios: Los intermediarios, agentes económicos que intervienen en el proceso comercial, se sitúan entre los productores y los consumidores. Se pueden diferenciar entre intermediarios mayoristas y detallistas.

Los *mayoristas* compran directamente a los productores y abastecen a agroindustrias y detallistas. Sus ventas a los consumidores finales son mínimas. Se distinguen tres actividades mayoristas, asociadas a intermediarios más o menos diferenciados:

- Intermediarios mayoristas de nueces sin procesar, en transacciones directas o en consignación. Esta actividad la realizan principalmente los comerciantes mayoristas en frutas secas.
- *Intermediarios mayoristas* con procesamiento y acondicionamiento del producto; es realizada por los envasadores.
- *Intermediarios agroindustriales:* abarcan un grupo amplio, desde empresas de cobertura nacional hasta reposteros.

Los *detallistas* venden nueces y otros productos en unidades adecuadas al consumo familiar; el principal punto de venta al detalle lo constituyen los supermercados. Estos detallistas adquieren la producción de comerciantes mayoristas, envasadores y también de agroindustrias, incorporadas en productos de consumo final (yogurt, manjar, chocolates, etc.).

De acuerdo a Barriga (1992a), 425 toneladas se comercializan a través de los supermercados.

Consumidores: El consumidor obtiene el producto mayoritariamente sin cáscara, a pesar de que éste tiene mayor precio.

El precio de las nueces al consumidor varía dependiendo especialmente del color y del corte. El mejor color es el blanco y el mejor corte es mariposa (mitad de la nuez). La nuez que tiene estas características tiene el mejor precio; las otras posibilidades son cuarto o cuartillo y color miel o café (Barriga, 1992a).

Comportamiento del Mercado

En relación a la participación en el mercado de los productores de nuez, se puede decir que ninguno de ellos es lo suficientemente grande como para manejar el mercado o influir en los precios.

En cuanto a las condiciones de entrada al mercado de las nueces, no existen limitantes legales para entrar a él. Esto significa que no hay impedimentos para participar como productor o como intermediario en el mercado interno. Quizás la única limitante para el nucicultor sea el financiamiento para instalar huertos de buena calidad o para mejorar los nucedales mediante injertos. Pero una vez superado esto, aumentaría el número de productores.

Respecto a la diferenciación del producto, a nivel de productor no existe diferenciación ni proceso alguno, a no ser la venta del fruto con o sin cáscara, pero esta diferencia la pueden practicar todos los nucicultores de acuerdo a las exigencias del comprador.

Una vez que el fruto llega a los intermediarios se diferencia sólo por las calidades (dureza de la cáscara, color, tamaño, etc.).

En el caso de los supermercados, se ofrece el producto en display o empaquetado, que sería la única diferencia. Por lo tanto, no existe competencia por mayor o menor valor agregado en el producto; en la venta lo que prevalece es la calidad (Barriga *et al.*, 1991).

5.1.4 Aprovechamiento y usos

Del árbol del nogal se puede utilizar cada parte, desde las raíces hasta las hojas. Sin embargo, el fruto constituye el producto principal (Forte, 1982; Barriga, 1992b) (Figura 32).



Fuente: Modificado de Forte, 1982.

Figura 32: Utilización de las diversas partes del nogal

La nuez es rica en lípidos, pero es igualmente notable por la calidad de sus proteínas y riqueza de minerales y vitaminas A, B, C, E y P. Un kilo de nueces proporciona alrededor de 3.000 calorías. En el Cuadro 45 se señalan algunos antecedentes de la composición química de las nueces analizadas en Chile.

CUADRO 45

COMPOSICIÓN NUTRITIVA DE LA NUEZ (%)

Proteínas			Lípidos			Glucosidos		
14			50			20		
Minerales						Vitaminas		
Ca	Fe	Mg	P	S	Zn	B1	B2	C
75	2,3	132	500	172	2	15	200	270

Fuente: Barriga *et al.*, 1991.

En el Cuadro 46 se indica la composición en ácidos grasos, valor energético y contenido de vitaminas y minerales de 100 gramos de nueces secas, obtenidas en el Instituto Experimental para la Fruticultura de Roma, Italia.

CUADRO 46

COMPOSICIÓN NUTRITIVA DE 100 G DE NUEZ SECA COMESTIBLE

Elemento	Unidad	Valor
Agua	G	6
Proteína	G	13
Grasas	G	63
Fibras	g	6
Minerales	g	2
Valor energético	kcal	660
Ácido palmítico		4,4
Ácido esteárico		1,3
Ácido palmitoleico		0,2
Ácido oleico		9,6
Ácido linoleico		34,1
Ácido linolenico		6,8
Caroteno	mg	48
Vitamina B1	mg	0,34
Vitamina B2	mg	0,12
Vitamina B6	mg	0,87
Ácido fólico	mg	77
Sodio	mg	2
Potasio	mg	544
Zinc	mg	3
Calcio	mg	87
Fierro	mg	2
Fósforo	mg	409

Fuente: Alary, 1997.

Chenevard *et al.* (1994), estudiaron la conversión de reservas de lípidos en las semillas y la separación de los carbohidratos y materia seca durante la germinación de nogal (*Juglans regia* L. var. *franquette*). Las nueces mostraron una disminución gradual en el contenido de lípidos con un aumento en el contenido de carbohidratos; el almidón pareció disminuir transitoriamente por los productos finales de la degradación de reservas de lípidos. La raíz principal fue el órgano que presentó una mayor acumulación de carbohidratos, principalmente almidón.

Las nueces son muy ricas en ácidos grasos no saturados, por lo que existe el riesgo de enranciamiento si la conservación no es adecuada. Este carácter de los ácidos grasos no saturados limita el aumento de colesterol.

El aceite de nuez tiene un alto precio y es usado por las personas que padece de arteriosclerosis, principalmente en ensaladas, a las que da un sabor muy apreciado. En la preparación artesanal dos kilos de semillas producen un litro de aceite (Barriga, 1992b).

La nuez es considerada como postre y utilizada en confitería por su buen gusto. En Japón y China, las nueces enteras son usadas como un preciado regalo; una pequeña parte es usada para decorar paquetes finos.

Las hojas y nueces verdes se utilizan en farmacología y en particular en la medicina tradicional china, ya que puede reforzar la energía vital y nutrir la sangre, eliminar flemas, sanar los pulmones y lubricar los intestinos (Han y Liu, 1990). A las tisanas de hojas deshidratadas se le confiere virtudes contra la diabetes y linfatismo.

Las hojas son utilizadas para uso farmacéutico en la industria de colorantes, porque contiene taninos, aceites esenciales, una sustancia ácida (*juglandina*) y una sustancia azucarada (*inosite*). Por su particular olor resinoso y por el sabor amargo-astringente, las hojas de nogal se pueden usar como agentes insectífugos.

Por otro lado la cáscara de la nuez también tiene un uso en la elaboración de carbón molido y para embalaje de material delicado. También la cáscara es rica en sustancias tanínicas, utilizables en curtidos y para otros usos industriales y farmacéuticos. La cáscara sirve para teñir tejidos y cabellos.

Existe una costumbre muy difundida de preparar el nocillo, licor de reconocidas propiedades estomacales, que se obtiene sumergiendo la nuez verde con la cáscara en alcohol.

La cáscara quemada constituye un abono rico en fósforo y potasio, ya que 100 partes de ceniza contienen 6,8 % de ácido fosfórico y un 11% de potasio.

En cuanto al uso de la raíz, una de las maderas más atractivas es obtenida de un abultamiento que se produce en la parte de la corona, de donde se elaboran chapas de altísimo valor.

5.2 PRODUCCIÓN DE MADERA

En Italia se ha observado un fuerte incremento en la demanda interna de madera para ebanistería, en particular de nogal, muy apreciada para muebles y objetos artesanales de calidad (Minotta *et al.*, 1993). Tal demanda ha llevado a la explotación de árboles maduros, produciéndose un desequilibrio entre la oferta y demanda de esta madera, con el consecuente aumento de precio a niveles tales que actualmente es considerada como la madera de mayor precio en Europa y en particular de Francia (Becquey, 1997).

Ocasionalmente ciertas porciones del fuste presentan veteados muy demandados que se conoce como "madera figurada"; generalmente se encuentra en las zonas de bifurcación de las ramas o a

nivel del cuello del árbol; por ello los árboles en ciertas ocasiones son excavados y no cortados como tradicionalmente se hacen las faenas de volteo. Estas figuraciones son más comunes en árboles crecidos sobre suelos pobres (Figura 33).



Figura 33: Chapas elaboradas con madera “figurada” de nogal, de elevada demanda y valor.

La madera para ser considerada de excelente calidad debe poseer, anillos de crecimiento regulares, dimensiones atractivas (sobre 3 m de largo y 40 cm de diámetro), ser libre de defectos y presentar un color homogéneo y demandado (en general claro).

En un inventario realizado en Francia en bosques productivos se determinó que solamente el 7,2% de las existencias correspondía a madera de calidad superior (chapas decorativas (foliadas), ebanistería); un 36,1% a madera de calidad media (aserreado) y un 56,7 % a madera de uso industrial o leña (Becquey, 1997).

5.2.1 Características macroscópicas

El color de su madera es variable, desde gris a café oscuro con un hermoso veteado color humo que ha llevado a la especie a ser utilizada en la producción de chapas y paneles decorativos (Forest Products Research, 1956). El color es de los parámetros principales a la hora de decidir la calidad de la madera de nogal; sin embargo, los procesos fisiológicos que controlan su formación son complejos y aún no bien comprendidos. Entre ellos un rol importante es jugado por la formación de duramen.

Los nudos y la excentricidad son un problema de pequeña importancia en la especie (Forest Products Research, 1956).

Madera de grano fino y veteado acentuado se obtiene de árboles creciendo en terrenos sueltos, secos, mientras que la madera de árboles que crecen en terrenos húmedos o compactos, pobres en calcio, tiene un color más uniforme y con escaso veteado.

Hasta la fecha se consideran 5 categorías de colores en el mercado de la madera: blanco, negro-oscuro, bicolor, grisáceo y rosado (EU BRAINS Project, 1998).

Fozzer (1986), señala que la madera es homogénea, dura y de albura gris y duramen pardo oscuro, veteado grueso de color negro, de fácil trabajabilidad; apreciada para la construcción de muebles y por su alto valor comercial. La formación de duramen es un proceso crucial para la durabilidad y coloración de la madera, ambas propiedades que tienen un alto interés industrial y comercial.

Es por ello que el segundo proyecto europeo se abocó a una utilización más racional de la madera a través de una estandarización, dado que a futuro será posible controlar una parte de la calidad de la madera a través del uso de variedades que acumulan más o menos compuestos fenólicos y por ende producen más o menos duramen (EU BRAINS Project, 1998).

5.2.2 Características microscópicas

Madera semiporosa, con vasos en la madera temprana moderadamente grandes, disminuyendo su tamaño progresivamente a medida que se acerca a la madera tardía.

Los anillos de crecimiento son heterogéneos, presentan tilosis, parénquima difuso agregado principalmente en la madera tardía, radios leñosos finos, grano recto de color variable con fondo grisáceo y líneas irregulares (Desch, 1981).

5.2.3 Propiedades físicas

La densidad de la madera de nogal varía entre 648,6 y 826,9 kg/m³ en estado verde, es decir con un 50% de contenido de humedad. La contracción tangencial es de alrededor del 5,5% mientras que la radial del orden de un 3,0%.

El duramen es de dureza moderada y la albura está expuesta al ataque de insectos (Desch, 1981).

La madera es moderadamente fácil de trabajar, pulir, pegar y permite buenas terminaciones ya sea en operaciones manuales o mecánicas; es fácil de tornear, aunque provoca un desgaste en las herramientas cortantes. Pega muy bien y permite buenas terminaciones.

5.2.4 Propiedades mecánicas

En cuanto a sus características mecánicas el nogal es muy similar a la madera de encina; es bastante dura y moderadamente durable; responde bien a los tratamientos de preservación, presenta una

albura permeable; se aserrea bien pero con un bajo rendimiento. El duramen es preferido a la albura debido al color, forma y textura (Forest Products Research, 1956).

En el transcurso del primer proyecto Europeo (1993 a 1995), 300 trozas fueron estudiadas, comparando las características del nogal común, negro e híbridos. La madera de los híbridos franceses resultó ser de menor calidad que el nogal común italiano después del secado y vaporizado, lo que hace disminuir su valor. Sin embargo, en general el secado es más fácil con nogal común e híbridos que con nogal negro (Jay-Allemand, 1996).

Las chapas con colores claros son las más aceptadas mientras que los colores oscuros, grises o maderas bicolors no son apreciadas. El largo de la fibra es mayor en *J. regia* que en *J. nigra*, pero no fue posible discriminar las características físico - mecánicas entre ambas especies (*Op. cit.*).

Madera de nogal común cultivado en Chile fue analizada por el Instituto Forestal, para determinar sus propiedades físico - mecánicas. Un resumen de este análisis se presenta en el Cuadro 47.

CUADRO 47

PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS PARA NOGAL COMÚN EN CHILE

PROPIEDAD	NOGAL
Clase de Dureza según resistencia	409 - 817 k Semi-dura
Cota de Dureza según densidad	Normal, madera industrial
Clase de Clivaje según resistencia	62,0 - 124,5 k/cm Mediana
Cota de Laminabilidad según densidad	Poco laminable, madera industrial o para usos especiales
Clase de Flexión Estática según resistencia	784 - 1.283 k/cm ² Mediana
Cota de calidad de Flexión Estática según densidad	Grande, madera buena para carpintería
Cota de calidad de Compresión paralela	Superior - pesada
Cota de tenacidad	Medianamente tenaz
Densidad (kg/m ³)	513 (verde) 590 (seco)

Fuente: Loewe *et al.*, 2000.

5.2.5 Usos

Se utiliza en la confección de muebles de alta calidad y estilo, chapas decorativas, paneles de calidad, culatas de armas, fuentes, tornería, etc.

A nivel artesanal, la madera más apreciada del comercio es la rústica de montaña, dura, pesada y de fibra corta. Por su parte la madera de nogal común, generalmente de fibra y estructura más larga, menos pesada, poco resistente y de color más claro, es más requerida a nivel industrial. La madera de nogal negro es más oscura y de hermoso veteado, y es conocida como *nogal satén*; también muy apreciada es la llamada raíz o radica por su atractivo veteado (Forte, 1982); ésta corresponde a una deformación ovoidal que se produce en la base del árbol. Su precio depende de sus dimensiones y calidad, en particular de la ausencia de involuciones de corteza, caso en el cual puede alcanzar valores de US\$5.000/unidad.

La madera del tronco y de las ramas gruesas es usada en carpintería y ebanistería; la de las radicas es usada principalmente en chapas decorativas. Adicionalmente, la madera seca de podas o raleos constituye un buen material para el fuego.

5.2.6 Precios y mercados

El nogal se cultiva extensamente en zonas templadas de Europa, Asia y Norteamérica, y es allí donde se origina la mayor producción de madera y nueces. Países como Francia, Inglaterra, Italia, Turquía, China y EE.UU., poseen un activo mercado de la especie. En este último, la producción de madera de nogal común está muy ligada a la producción de nueces, donde se origina el mayor volumen a nivel mundial, y en muchos casos la madera proviene de huertos de producción frutícola (Loewe *et al*, 1998).

No se cuenta con cifras de producción de madera de nogal en EE.UU., pero se sabe que gran parte de ésta tiene como destino el mercado externo. Según el USDA, en 2000, EE.UU. exportó un total de 28.633 m³ de madera aserrada de nogal, por un valor de 19,2 millones de dólares (US\$ 673,9/m³ promedio). El principal destino de la exportación fue Canadá, seguido por Italia, Japón y Taiwán. El resto del volumen tuvo como destino países de Oriente y Europa.

El Cuadro 48 resume el volumen y valor de las exportaciones estadounidenses de madera de nogal entre 1996 y 2000.

CUADRO 48

VOLUMEN Y VALOR DE LAS EXPORTACIONES DE MADERA ASERRADA DE NOGAL, DESDE LOS EE.UU., POR PAÍS DE DESTINO (1996 - 2000)

PAIS DE DESTINO	1996		1997		1998		1999		2000	
	Volumen (m ³)	Valor (miles US\$)	Volumen (m ³)	Valor (miles US\$)	Volumen (m ³)	Valor (miles US\$)	Volumen (m ³)	Valor (miles US\$)	Volumen (m ³)	Valor (miles US\$)
Canadá	2.812	1.402	4.916	2.644	4.514	2.384	6.249	3.420	9.465	5.323
Italia	2.106	1.562	2.732	2.135	3.170	2.283	3.456	2.584	3.947	2.296
Japón	1.332	1.136	1.390	1.380	1.037	1.019	777	767	2.236	2.018
Taiwán	1.151	520	1.398	726	1.265	621	3.368	1.650	3.779	1.749
México	553	344	1.022	581	4.992	1.418	566	363	675	359
España	431	438	700	698	618	550	632	546	609	553
Reino Unido	258	251	433	416	429	472	551	514	656	678
Emiratos Arabes	9	14								
Alemania	341	340	298	296	62	98	129		112	
Israel			38		41	39	103	89	247	226
Bélgica										
Luxemburgo	96	100	55	42	56	56	188	185	270	279
Arabia Saudita			108	119	63	72				
Egipto	107	36	163	64						
Corea	221	228				28	751	800	1.245	1.115
Francia					25					
Rep. de Sudáfrica	43	42								
Finlandia					7	7	94	87	177	168
Holanda					23	25	157	157	418	420
Hong Kong	104	94	116	120	342	291	396	323	2.015	1.667
Suecia			12	13	102	99	146	143	148	143
Irlanda			32	30						
China			37	34	44	46	154	126	827	646
Grecia			43	40						
Líbano			16	11						
Portugal			28				55		144	
Singapur					8					
Noruega							5	5	327	272
Honduras							52	62	132	127
Dinamarca					11	15	84	80	333	309
Otros	240	254	1.048	1.065	495	450	670	731	871	949
Total mundial	9.804	6.761	14.585	10.414	17.304	9.973	18.583	12.632	28.633	19.296
Precio medio (US\$/m ³)	689,6		714,0		576,3		679,8		673,9	

Fuente: Loewe *et al.*, 1998; www.fas.usda.gov/ffpd/wood-circulars/ (febrero, 2001)

Entre 1996 y 2000 el volumen de las exportaciones de nogal desde EE.UU. y los ingresos generados, crecieron un 66 y 65%, respectivamente, así como también el número de países compradores.

En la mayoría de los mercados, la madera de nogal más requerida suele provenir de bosques naturales de terrenos sueltos y secos. Este tipo de madera es más dura y más resistente que la que crece en terrenos húmedos y compactos; también se caracteriza por tener la fibra más corta, presentar grano fino y un hermoso veteado.

Las preferencias también se asocian al tamaño y calidad de las trozas. En general, las industrias que elaboran madera de nogal prefieren trozas de grandes dimensiones y ausencia de defectos y deformaciones. Se descarta la madera originada a partir de injertos y aquella que presenta nudos grandes o con cierto grado de excentricidad.

En Italia el nogal común se comercializa en trozas de más de 40 cm de diámetro, y en tablonces de distintos formatos, entre 0,7 a 3,0 metros de largo por 12 a 45 cm de ancho. La mayor parte de la producción proviene de bosques manejados con rotaciones de 50 a 60 años. Los precios de la madera elaborada oscilan entre los US\$ 830 a 2.200/m³, dependiendo de las calidades. En el caso de las trozas, los precios varían entre US\$ 330 a 850/m³, para madera en pie de medianas dimensiones (*Op. cit.*). Los precios de trozas para foliar oscilan entre US\$937 y 2.340/m³, según el largo medio, calidad, color, etc. (Petillo, 1993). La calidad para aserrado fluctúa entre US\$ 234 y 656/m³, según largo, calidad, presencia de trozas de ramas gruesas en los lotes, presencia de trozas para foliado, etc.

En Francia, el valor de la madera en pie varía de acuerdo a las dimensiones de la troza, pero en general alcanza precios bastante elevados. Las trozas con diámetros entre 20 a 24 cm tienen un valor que va de los US\$ 300 a 650/m³; trozas entre 25-31 cm, desde US\$ 450 a 1.300/m³, y trozas con diámetros superiores a 32 cm entre US\$ 1.100 a 2.500/m³ (Loewe *et al.*, 1999).

En general, la madera de nogal de gran calidad presenta precios muy altos, lo que ha incrementado el interés por su silvicultura, pues las exigencias del mercado son cada vez mayores. Este se orienta en la perspectiva de que las maderas decorativas provenientes de bosques templados van a presentar una elevada demanda a medida que el suministro de maderas de bosques tropicales disminuya (Kerr, 1993; Crawford, 1996).

La producción de madera de nogal debería estar orientada a las demandas de la industria europea. En los últimos años han surgido nuevas tendencias, tales como preferencia por madera clara, homogénea, de baja densidad y sin duramen. Ello debería llevar a desarrollar nuevas estrategias en las técnicas productivas (arboricultura) y a proponer nuevos sistemas productivos adaptados tanto a los agricultores como a las necesidades de la industria (EU BRAINS Project, 1996). En Europa el desafío técnico fijado es producir madera clara de nogal en un período corto (25 a 35 años) (*Op. cit.*).

Hay varias razones por las que nogal es una especie interesante de ser considerada con estos propósitos, entre ellos: es una de las pocas especies de rápido crecimiento que produce madera noble, es

una especie aceptada y que forma parte de la cultura de los agricultores desde hace varios siglos, es apta para mantener una actividad rural necesaria junto a un ambiente agradable y además produce frutos de valor (EU AIR Project, 1996). En el caso de Chile, se debe considerar que: es una especie naturalizada desde hace siglos, es conocida y forma parte de la cultura rural, presenta un vigor vegetativo acentuado, no presenta plagas de magnitud y puede integrarse a la producción agroforestal con facilidad (es decir, incorporar la producción de madera como objetivo complementario a la producción de nueces, o bien producir madera como objetivo prioritario).

Las perspectivas de desarrollo del cultivo del nogal en Europa son amplias debido a la sobreproducción agrícola, a los subsidios vigentes, al conocimiento técnico y científico desarrollado por grupos nacionales y a nivel europeo, y a la demanda existente por esta madera.

Según Petillo (1993) el mercado del nogal en Italia tiene cuatro segmentos específicos:

- Muebles y otros elementos decorativos: es el más importante; usa la madera aserrada o foliada, y se elaboran muebles en estilos moderno, o tradicional, pero también rústico o clásico. Parte importante de los muebles corresponden a oficinas (Figura 34). La exportación de estos productos corresponde al 75% del mercado de la madera de nogal.
- Puertas y parquet: en este ítem también se incluye la producción de conjuntos completos de amoblado para grandes compañías o comercios (embajadas, hoteles, centros de seminarios, complejos turísticos, parlamentos, etc.). Las puertas no son muy populares debido a su elevado costo. El sector del parquet está en crecimiento y corresponde al 15% del mercado.
- Industria de armas: Los productos son muy variables en precio, fluctuando desde US\$ 5 a 6/ unidad hasta sobre US\$ 600/unidad. Se trata de un mercado limitado pero con operadores de alto profesionalismo. Corresponde al 7 u 8% del mercado.
- Otros: corresponde al 2 a 3% residual.

Italia es el mayor consumidor de madera de nogal en el mundo. Se estiman ventas de productos semi-elaborados del orden de 100.000 millones de liras italianas (sobre US\$ 50 millones).



Figura 34: Muebles de oficina realizados con madera enchapada de nogal común (Italia).

Los árboles que producen trozas de calidad ideal corresponden a individuos con trozas limpias, rectas y sin nudos ni chupones o brotes laterales, sin injertos (solo se aceptan sobre las ramas), de al menos 3 m de largo, de madera blanca, rápido crecimiento, los que generalmente crecen sobre terrenos mullidos y bien drenados, en climas no muy rígidos ni ventosos y sin competencia (Petillo, 1993). En general existen buenas perspectivas de mercado para fustes de dimensiones superiores a 30 - 35 cm de diámetro y de más de 2,5 m de largo (Ciancio *et al.*, 1992). Sin embargo, hay que considerar que producir lo anterior no es tarea fácil.

Respecto al mercado nacional, cabe notar que en el país no existe un mercado de consumo de madera de nogal, debido a la falta de cultura de uso, a la oferta inexistente y a la reducida demanda por bienes de lujo.

5.2.7 Ciclo productivo del nogal

El ciclo productivo:

Un estudio realizado con un enfoque de cadena de producción caracterizó el mercado de la demanda y de sus requisitos, centrándose en la transformación primaria de la madera (Natale *et al.*, 1993). Esta consiste en estudiar el ciclo económico de un producto, desde su cultivo hasta la fase final. Cuatro fases fueron identificadas: vivero, establecimiento, y cultivo; cosecha; primera conversión industrial y segunda conversión industrial.

En los últimos años en Europa ha aumentado el interés por la producción de madera de valor; entre las razones de ello se encuentran la disponibilidad de tierras después de la instauración del subsidio set-aside, posteriormente el reglamento 2080 y últimamente la Agenda 2000, así como factores ambientales y demanda elevada.

En este proceso, la silvicultura especializada, conocida como arboricultura, asume algunas características típicas de la agricultura: rotaciones medias a cortas, regeneración artificial, adopción sistemática de prácticas culturales intensivas.

Debido a la baja oferta local, la industria europea depende en gran parte de importaciones de madera de nogal; sin embargo, la expansión del cultivo en Italia y Francia podría reducir su nivel de dependencia.

La corta es hecha después de descubrir parte de las raíces, de manera que una mayor proporción del fuste sea utilizada (hasta un metro bajo tierra). La madera de árboles muertos antes de la cosecha no es apreciada, ya que presenta muchos defectos (Natale *et al.*, 1993).

Calidades:

La calidad y precio varía mucho dependiendo del largo, regularidad, cilindricidad, color y presencia de defectos. El largo mínimo aceptado es de 2,0 m para trozas aserrables y de 2,20 m para elaboración de chapas. El valor del tronco aumenta a medida que aumentan los largos, hasta los 3,5 m, dependiendo de la aplicación final (puertas de armarios) (Figura 35); lo que excede los 3,5 m es empleado para productos de menor valor, o para una segunda troza.

La circunferencia mínima aceptada para producir chapas, medida en la mitad de la troza, es de 100 cm para la primera y 70 cm para la segunda troza (*Op. cit*).

El aspecto de la corteza se considera como un primer signo para evaluar la calidad de la madera. Trozas redondas con corteza resquebrajada e irregular es un indicio de textura compacta y grano cruzado.

Respecto al color, en el caso de paneles puede ser tanto claro como oscuro, aunque el primero es preferido pues puede ser modificado fácilmente a través de procesos de tinción. El color oscuro es apreciado para elaborar cachas de armas, mientras que el color claro es usado para chapas decorativas (foliadas).



Figura 35: Trozas de excelente calidad de nogal común. Obsérvese los largos irregulares, dados por el manejo de cada árbol en forma individual y por la maximización del aprovechamiento de la madera.

Los injertos, especialmente cuando están localizados en la parte baja del fuste, representan un factor de degradación de calidad del individuo. Otros defectos pueden originarse por heridas u otras causas.

A menudo los daños son causados por la actividad antrópica (cosecha manual o mecánica de nueces, golpes, daños a la corteza causados voluntariamente para incrementar el crecimiento diamétrico). Los daños causados por insectos xilófagos y por heladas son de importancia (Natale *et al.*, 1993).

Las trozas aserrables según el largo, principalmente, pueden clasificarse en:

- Primera troza y largos mayores a 2,2 m, usadas para hacer puertas, armarios y piezas artesanales.
- Primera troza y largos menores a 2,2 m, pero con diámetros similares a las anteriores, usadas para hacer paneles para la industria del mueble.
- Segunda troza y descartes de las categorías anteriores, para obtener paneles pequeños a utilizar en partes y piezas de muebles o cachas de armas.
- Tercera troza y descartes de categorías anteriores, para obtener elementos de parquet o estructuras laminadas.

Esta subdivisión es usada solo por las grandes industrias y deriva de una estrategia de mercado dirigida a superar el problema de la baja calidad y heterogeneidad. En el caso de las chapas, y como consecuencia de su alto valor, la madera que presenta las mayores dimensiones es escogida para tal propósito.

El precio es fijado en base a las características del producto, pero también en base a la relación de intercambio entre las partes. Esta puede ser directa o indirecta.

Los precios de compra (1990-91) indicados por varias empresas fluctuaban entre US\$ 280 a 2.490/m³ para trozas; de US\$ 220 hasta 1.660/m³ para madera aserrada, y desde US\$ 1,5 hasta 17/m² para chapas (Figura 36). La gran variabilidad en los precios depende de la dispersión de la oferta, la calidad pobre de las materias primas y la ineficiente conexión entre los actores que componen la cadena productiva del nogal (Natale *et al.*, 1993).



Figura 36: Chapas de nogal de calidad óptima. Las chapas de un árbol son clasificadas en lotes para su uso armónico en la elaboración de muebles que combinen el diseño de la veta en sus diferentes componentes.

Actores de la cadena productiva

- Intermediarios: muchos consideraban que no realizaban un trabajo activo; sin embargo representan un eslabón fundamental en la selección del producto.
- Agricultores: recientemente demuestran interés especial por el cultivo.
- Cosechadores: representados por diferentes profesionales involucrados part-time u ocasionalmente con la cosecha y transformación de la madera.
- Colectores: juegan un rol muy importante, pues concentran la materia prima que venden los agricultores, y la seleccionan. A menudo también realizan una primera conversión de la madera.
- Elaboradores de chapas: esta operación requiere grandes inversiones y puede ser realizada sólo por las grandes compañías.

Stock de Materia Prima

Las estadísticas forestales europeas no consideran nogal como voz separada, y las estadísticas agrícolas solo consideran las plantaciones con fines frutales; en Italia en 1990 existían 6.709 ha de plantaciones frutales. Respecto al pasado se está verificando una disminución constante del área, lo que ha abastecido a la industria, siendo mayor la corta que el establecimiento de nuevas plantaciones (*Op. cit.*).

La corta ha presentado esos niveles debido al elevado costo de cosecha de las nueces y a las perspectivas de ganancias derivadas de los precios que presenta el mercado de la madera. En este sentido, la oferta de nueces californianas y chinas ha destruido el mercado de las nueces europeas, por lo que el interés ha recaído en la madera que presenta gran demanda y precios internacionales.

Flujos de Productos

El consumo anual en Italia se estima en 30.000 m³ (Natale *et al.*, 1993).

La compra se realiza en gran parte a través de colectores y agentes; el contacto directo con el agricultor no es frecuente. Más del 30% del consumo italiano es importado desde países como Grecia, Yugoslavia, Bulgaria, Hungría, Turquía, Checoslovaquia y Francia.

La madera que viene del este Europeo presenta menores largos pero es más homogénea, dado que allí el nogal es cultivado a gran escala, aunque las calidades no son las mejores.

La mayor parte de la madera es destinada a chapas y muebles, y muy poco se destina a puertas y ventanas, debido al alto costo de la materia prima. Un nicho específico es representado por las cachas de armamento.

La fase de cultivo de los árboles tiene una gran influencia en las características de la cadena productiva, que está determinada por la dispersión, y baja calidad y oferta de la materia prima. Estos factores y la variabilidad de los precios crean un cuello de botella en las fases de elaboración primaria. Es por ello que los actores de la fase de conversión son estimulados a importar madera de nogal y a sustituirlo cuando es posible con otras especies (*Op. cit.*).

Un estudio realizado por Novelli y Cannata (1998) en un conjunto de industrias de la madera mostró que la mayoría de las industrias muestreadas (80%) no está involucrada en el procesamiento de nogal. Las industrias que no usan la madera de nogal dan las siguientes razones: están involucradas en otras cadenas productivas o porque trabajan solo con pallets, embalajes o carpintería; o por razones de mercado (baja demanda, baja oferta, precios muy elevados).

Respecto a las tendencias en los últimos años, las industrias reportan una disminución importante de las trozas de nogal procesadas (menos de la mitad), debido a la elevada competencia de piezas elaboradas en el extranjero, al abastecimiento extremadamente dificultoso y a la baja demanda ocasionada por los precios excesivos (*Op. cit.*).

Demanda por sustitutos de madera de nogal

Los altos precios que presenta la especie está causando demanda por sustitutos de esa madera, que son más baratas que nogal pero con características similares. Alrededor de un 70% de las empresas muestreadas declaran tener demanda por sustitutos de nogal. Las especies más usadas con estos fines son: tanganika (*Aningeria altissima*), tulip tree (*Liriodendron tulipifera*), y latifoliadas nacionales con maderas claras fácilmente teñibles. Otros sustitutos mencionados son liquidambar (*Liquidambar styraciflua*), aliso (*Alnus spp.*), Framiré (*Terminalia ivorensis*), Fraké (*Terminalia superba*), Bahía (*Mitragyne cilicita* y *M. macrophylla*) y Canalete (*Cordia spp.*)(Op. cit).

6. POLÍTICAS DE FOMENTO

En Europa, la legislación es muy diferente en cada país, y puede cambiar en forma independiente, siendo los subsidios comunitarios complementarios a los que ofrece cada país.

Hasta el año 1999 existían tres tipos de ayudas que otorgaba la Comunidad Europea: para el establecimiento, con un máximo de US\$ 4.000/ha en el caso de latifoliadas; mantención durante los primeros 5 años por un monto máximo de US\$ 500/ha/año para latifoliadas y de US\$ 300/ha/año para los tres años siguientes; y una renta anual para agricultores que se otorga por 20 años y que puede ser considerada como un ingreso adicional por concepto de renta no percibida, por un monto de US\$ 600/ha/año para productores agrícolas y de US\$150/ha/año para productores no agrícolas (Natale, 1993; Jay-Allemand, 1996). Desde ese año, y con la instauración de la Agenda 2000, las reglamentaciones han cambiado de modo que los subsidios serán determinados y canalizados a nivel de los gobiernos regionales. Sin embargo su atractivo económico en general pareciera mantenerse.

A modo de ejemplo, de los subsidios nacionales en Francia las ayudas otorgadas corresponden a (Becquey, 1997):

- Bono de subvención: cubre el costo parcial o total de las plantas
- Subvención adicional por especies: cubre hasta un 50% del costo del establecimiento
- Subvención principal por especies: cubre hasta el 50% del costo de plantas, establecimiento, y cuidados culturales durante los 4 primeros años
- Créditos: hasta 30 años con un interés máximo de 0,25%
- Ayudas presupuestarias: puede cubrir hasta un 50% de los costos de faenas tales como preparación del suelo, de plantas, establecimiento, cuidados culturales.

A comienzos de la década de los noventa, Francia emprendió una campaña de información y divulgación del cultivo del nogal, lo que creó un incremento en la demanda por plantas (Crave, 1991).

Se ha constatado que se necesita un mínimo de 10 años para comenzar a evaluar los resultados de acciones de divulgación orientadas a la promoción de plantaciones para maderas de alto valor (Becquey 1997).

Chile requiere de la incorporación de especies nobles en los subsidios vigentes, en términos reales, es decir por medio de la fijación de tablas de costos que reflejen los valores asociados a su establecimiento. El país entero se beneficiaría de tal política, y su implementación fortalecería al sector silvoagropecuario en su conjunto. Pasos importantes se han dado en tal sentido; otros deberían darse en el futuro para fomentar una consolidación de esta actividad productiva, innovativa para Chile y con importantes efectos en su economía.

7. POTENCIALIDAD ECONÓMICA DEL CULTIVO DEL NOGAL CON FINES MADEREROS

Con el objetivo de dimensionar el orden de magnitud de los negocios derivados del cultivo del nogal con fines madereros (en forma exclusiva o asociada a la producción de frutos), a continuación se analiza los dos negocios de mayor importancia a nivel país en una primera fase. Las cifras empleadas son conservadoras en cuanto a productividad, precios y niveles de transacción, tasas de forestación y otros elementos analizados.

Otros negocios que pueden adquirir mayor o igual relevancia a los mencionados corresponde al de la elaboración primaria y secundaria de la madera, que es factible desde un punto de vista tecnológica y de capacidad de gestión y que brindaría beneficios significativos para Chile. A pesar de esto, se estima que este negocio podrá desarrollarse solamente cuando la producción de maderas de alta calidad se haya consolidado, razón por la cual se excluye de este análisis.

Los dos negocios principales que se estima pueden derivar de la especie con impacto a nivel nacional corresponden a:

- a) Plantas de variedades certificadas de nogal aptas para producir maderas finas de calidad, reproducibles y comercializables a escala operativa. Este paquete tecnológico incorporaría conocimiento científico, tecnológico, mercado-técnico (pues para su identificación y desarrollo se habrán considerado antecedentes de mercado con el objetivo de seleccionar aquellas variedades con mayores perspectivas de impacto económico) y sociales (al considerar aspectos ligados al cultivo de dichas variedades, incluyéndose aspectos culturales y ambientales).
- b) Producción de madera de nogal. Este paquete tecnológico incorporaría antecedentes científicos referente al desarrollo de conocimientos sobre el material a reproducir y la forma de reproducirlo; tecnológicos, al incorporar los aspectos relacionados al tipo de madera a producir y las tecnologías para obtenerlo; mercado-técnicos, pues se producirán las maderas demandadas por nichos específicos de mercado, respetando sus requerimientos e incorporando los conocimientos desarrollados a nivel mundial para lograrlo; y sociales, pues el cultivo de la especie puede ajustarse a diferentes realidades socio económicas y culturales.

Se trata de tecnologías que se ajustan a las condiciones de operación real. Un análisis de carácter económico sobre el potencial desarrollo de los negocios mencionados se presenta en el Cuadro 49.

CUADRO 49

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LOS PRINCIPALES NEGOCIOS POSIBLES DERIVADOS DEL CULTIVO DE NOGAL CON FINES MADEREROS EN CHILE

Negocio	Tecnología necesaria para su aplicación en la cadena de valor Productos y servicios necesarios para su aplicación dentro de la cadena de valor	Productos y servicios necesarios para su aplicación dentro de la cadena de valor	Necesidad de adquisición	Proveedores críticos	Posibles barreras para su acceso al mercado
Venta plantas de variedades certificadas	Viverización de material certificado y protegido; pago de royalty	<ul style="list-style-type: none"> • Productos y servicios básicos y comunes empleados en la viverización. • Material vegetativo base (plantas madres) 	Patentes	No se prevén	<ul style="list-style-type: none"> • Escasa información • Barreras sanitarias o para arancelarias para exportar plantas
Venta madera noble de nogal	<ul style="list-style-type: none"> • Producción de plantas de calidad y con aptitudes madereras • Tecnologías de manejo apropiado para producir maderas de calidad 	<ul style="list-style-type: none"> • Plantas de la variedad genética apropiada y de la calidad requerida para producir arboles sanos, vigorosos y productivos • Arboricultura (manejo) para producir dichas maderas valiosas 	Ninguna	Viveros especializados; centros o profesionales que den asistencia técnica para un manejo adecuado	No se prevén

Fuente: Elaboración propia

Los resultados e impactos del desarrollo de dichos negocios, con una óptica país, se sintetizan en el Cuadro 50.

CUADRO 50

IMPACTOS A NIVEL NACIONAL QUE TENDRÍA EL DESARROLLO DE LOS PRINCIPALES NEGOCIOS DERIVADOS DEL CULTIVO DEL NOGAL CON FINES MADEREROS

Resultado	Creación de empresa	Mejora de productividad	Aumento de producción o mercado	Mejoras del entorno
Venta plantas de variedades certificadas Venta de maderas nobles	Producción de plantas de nogal a partir de variedades patentadas por sus aptitudes madereras Forestación de 100 ha anuales en forma permanente	<ul style="list-style-type: none"> • Mejoras en la productividad de maderas finas • Mejoras indirectas en producción de frutos, si se maneja con doble propósito • Mejoras en la productividad de maderas finas • Mejoras indirectas en producción de frutos, si se manejan con doble propósito 	Creación de un mercado específico de venta de plantas de variedades certificadas seleccionadas para producir madera fina Entrada en el mercado de maderas nobles	Facilitación de la comercialización de plantas para producir maderas nobles por homogeneidad de productos ofertados Facilitación de la comercialización de maderas nobles por homogeneidad de productos ofertados

Fuente: Elaboración propia

Los Cuadros 51 y 52 contienen una posible evolución de ambos negocios, partiendo de una situación inicial o presente, y otra final, nominada como "futuro".

CUADRO 51

EVOLUCIÓN POSIBLE DEL NEGOCIO DE VENTA DE PLANTAS CERTIFICADAS DE NOGAL PARA MADERA, CONSIDERANDO ELEMENTOS ESTRATÉGICOS DE MERCADO

	PRESENTE	FUTURO
Negocio (Producto/servicio)	Producción y comercialización de plantas de variedades certificadas para producir maderas finas	Producción y comercialización de plantas de variedades certificadas para producir maderas finas
Mercados	Viveristas forestales o especializados en las especies	Viveristas forestales o especializados en las especies, o viveristas especializados en la producción de especies nobles para madera
Ambito geográfico	Chile	Países Latinoamericanos, Europa
Ambito tecnológico	Diferenciación nuevos productos	Calidad de los productos ofertados
Ventajas competitivas	Homogeneidad del producto; costo	Grado de especificidad del producto a ofrecer; costo

Fuente: Elaboración propia

CUADRO 52

EVOLUCIÓN POSIBLE DEL NEGOCIO DE VENTA DE MADERA DE NOGAL, O SUS DERIVADOS, CONSIDERANDO ELEMENTOS ESTRATÉGICOS DE MERCADO

	PRESENTE	FUTURO
Negocio (Producto/servicio)	Producción de madera noble de nogal	Consolidación del mercado de maderas nobles; acceso a nichos de mercado específicos asociados a altos valores. Producción de productos elaborados (chapas, partes de muebles, muebles, otros).
Mercados	Forestadores y agricultores de distinta magnitud, interesados en cultivos doble propósito madera-fruto	Forestadores y agricultores de distinta magnitud, interesados en cultivos doble propósito madera-fruto, así como otros especializados en la producción de maderas nobles. Industrias de conversión primaria y secundaria.
Ambito geográfico	Chile, países vecinos.	Principalmente Italia y Francia; resto de Europa.
Ambito tecnológico	Nuevo producto	Homogeneidad y calidad del producto
Ventajas competitivas	Costo, velocidad de crecimiento y sanidad que presenta la especie en el país	Mayores volúmenes de madera a ofertar, estabilidad en el tiempo, elaboración de calidad.

Fuente: Elaboración propia

El negocio de venta de plantas certificadas de variedades patentadas para producción de madera finas requeriría como activos disponibles terreno, mano de obra especializada, infraestructura y sistemas de riego, no existiendo activos complementarios adicionales necesarios.

El negocio de venta de maderas finas y nobles sería llevado a cabo por el sector privado interesado como emprendedor; dentro de los mecanismos de emprendimiento se consideran la creación de nuevas unidades de negocio en empresas forestales y/o agrícolas y la creación de nuevas empresas. Entre los activos disponibles se contaría con: terrenos propios, mano obra capacitada en su manejo, herramientas básicas de poda y otras menores requeridas; como activos complementarios se requerirían fondos que financien y apoyen la forestación.

Con respecto al dimensionamiento económico social preliminar de los negocios supuestos, se estima que la venta de plantas certificadas para producir madera de calidad podría desarrollarse siguiendo un esquema como el presentado en el Cuadro 53.

Se esperaría que en 8 años se instalen o dediquen 2 empresas productoras de plantas certificadas, que empleen a 10 personas y logren ventas por US\$ 0,33 millones durante ese periodo.

En el segundo caso, la producción de madera noble de nogal, podría desarrollarse siguiendo un esquema como el presentado en el Cuadro 54.

CUADRO 53

ESTIMACIÓN DE LA MAGNITUD DEL NEGOCIO DE
VENTA DE PLANTAS CERTIFICADAS PARA PRODUCIR MADERA DE CALIDAD

Fase	Año	Ventas (Cantidad) Plantas	Ventas (millones de US\$)	% de exportación	Nº empresas/ Unidades Negocio	Empleo
Gestación	1	1.000	0,002	0	1	1
Desarrollo	3	10.000	0,06	5	3	3
Consolidación	6	30.000	0,20	40	5	8
Madurez	8	55.000	0,33	50	2	10

Fuente: Elaboración propia

CUADRO 54

ESTIMACIÓN DE LA MAGNITUD DEL NEGOCIO DE VENTA DE MADERA DE NOGAL

Fase	Año	Ventas (Cantidad) m ³	Ventas (mill. de US\$)	% de exportación	Nº de empresas/ Unidades Negocio	Inversión (mill. US\$)	Ventas/año (mill. US\$)	Empleo
Gestación	1	100	0,1	0	1	0,001	0,1	4
Desarrollo	10	2.500	22,6	30	7	0,75	2,5	20
Consolidación	15	15.000	60,85	60	12	1,5	15	35
Madurez	25	25.000	310,85	90	15	2,5	25	50

Fuente: Elaboración propia

Se espera que en 25 años se establezcan 2.500 hectáreas con plantaciones de nogal para madera noble o madera noble y fruto, concentradas en 15 unidades de negocio productoras de madera noble, con una inversión total de US\$ 2,5 millones, que emplearán a 50 personas y lograrán ventas por US\$ 310,9 millones en el periodo; lo anterior sin considerar la transformación primaria ni secundaria de la madera.

A continuación se adjunta un análisis conocido como Diagrama de las Seis Fuerzas, al que se agrega una séptima de carácter estratégico, las regulaciones gubernamentales, para el desarrollo del negocio de madera noble de nogal.

1. Actuales competidores

- A nivel nacional: no existen productores especializados en las maderas o que las empleen como producto secundario.
- A nivel internacional: existen productores europeos, sin embargo, estos no constituyen competidores que pongan en peligro el desarrollo del negocio en Chile debido a que la especie crece mucho más lento en Europa (máximo 1 cm /anual en diámetro); a que más del 60 % de las plantaciones forestales establecidas en dicho continente no producirán maderas de calidad debido a las malas técnicas de manejo ligadas a aspectos culturales de gran arraigo; y a los problemas fitosanitario que presentan.

2. Complementos

El hecho que nogal produzca frutos cotizados por el mercado, hace que el negocio propuesto se presente como un complemento a dicha actividad. Así será posible producir madera y frutos en forma complementaria en el mismo árbol aplicando la técnica del injerto alto para producir frutos de calidad. A su vez, la producción de maderas finas puede aplicarse en forma complementaria a la actividad agrícola juntando espacialmente los árboles productores de madera o madera y fruto con otros cultivos de mayor duración, o con otras especies con las que pueden asociarse satisfactoriamente nogal.

3. Clientes

A nivel nacional no existe una demanda clara, debido a la falta de oferta y de un mercado de artículos de lujo asociados a esta madera. A nivel internacional sólo en Italia, principal procesador de esta madera, se requieren más de 20.000 m³/año; a nivel europeo se estima una demanda global insatisfecha de por lo menos el doble de dicho valor, es decir, de unos 40.000 m³/año.

4. Proveedores

Los proveedores involucrados en la actividad de producción de maderas valiosas no constituyen una amenaza para el desarrollo de este negocio, por cuanto su poder y fuerza son bajos, al estar repartidos entre varios proveedores de bienes (viveros que producen plantas de variedades certificadas) y servicios (asesorías técnicas), los que se habrán consolidado adecuadamente cuando el negocio madure, dentro de unas dos décadas.

5. Sustitutos

No existen sustitutos reales a la madera propuesta que pueda abastecer los segmentos de mercado específicos que las cubren. Otros que pueden considerarse como sustitutos, corresponden a:

- Impresiones fotográficas de maderas nobles sobre películas sintéticas, que sirven para enchapar. Con este material se elaboran muebles orientados a otro mercado, el de una clase media que aspira a poseer bienes de lujo, pero que corresponde a otro nicho en término económico.
- Maderas de menor valor teñidas: su valor es otro y apunta a segmentos de mercado también diferentes.

6. Competidores potenciales

Se estima que otros países de clima templado puedan incorporarse a la producción de maderas finas y nobles en el futuro, tal como ha sucedido con especies destinadas a plantaciones industriales (como pino y eucalipto). Sin embargo la experiencia y tiempo ganado permitirán que Chile se consolide como un "primer actor" (first mover), debido a que sus potencialidades productivas superan a las europeas, y a que sus potencialidades como cadena de valor se prevé superará por varias décadas a los países que ingresen al negocio.

7. Regulaciones Gubernamentales

De un análisis detallado de las regulaciones vigentes, se considera que éstas favorecerán considerablemente el desarrollo del negocio en Chile. Estas se refieren a:

- Bonificación de plantaciones con fines forestales: a partir del año 2000 se incluyó castaño y otras especies dentro de las especies bonificables, y recientemente fue publicado un instructivo en que se amplía este grupo a especies frutales que produzcan maderas valiosas, entre las que se cuenta nogal.
- Promoción de exportaciones: existe una clara preferencia por negocios que generen divisas para el país, y éste es claramente uno de estos casos.
- Otros subsidios vigentes para el sector agrícola (riego, mejoramiento de praderas, otros) facilitarán la incorporación de la especie como productora de madera noble al panorama productivo sectorial.

- Compromisos sobre sustentabilidad de la actividad forestal: a nivel internacional donde se encuentran los principales mercados para estas maderas, se promoverá la importación desde países que apliquen un manejo sustentable, y sobre todo la producción de maderas finas a partir de plantaciones artificiales con el fin de reducir la presión sobre los bosques tropicales y otros bosques naturales en regresión.

Por todo lo anterior se tiene confianza en que no existen regulaciones que puedan dejar fuera el negocio. Muy por el contrario, éstas lo favorecen y estimulan.

En este sentido resulta interesante considerar que entrar en el desarrollo de un nuevo producto como el propuesto en forma temprana y anticipada es la estrategia más viable y menos riesgosa, y por lo tanto más recomendable en casos como este²⁸.

El comercio internacional ha sido especialmente importante para el desarrollo tecnológico de las naciones en vías de desarrollo; teniendo el capital humano se pueden emprender proyectos de I&D de gran envergadura y diversidad²⁹. Los productos de mayor importancia a desarrollarse, las maderas finas y nobles, se rigen por el mercado internacional, lo que valida la afirmación anterior. En este sentido se considera la producción de plantas certificadas como una tecnología intermedia orientada al desarrollo del producto final de mayor importancia y valor, las maderas.

Todas las actividades orientadas al desarrollo de nuevos productos están acompañadas de considerables incertidumbres. Sin embargo, la decisión de hacer estos negocios considerando un enfoque secuencial corresponderá a una etapa intermedia en que existen conocimientos científico-tecnológicos desarrollados previamente, lo que es de utilidad para reducir dichos riesgos.

28. Utterback. 1994. Mastering the dynamics of innovation. Dominant product design.

29. Archibugi D.; Pianta M. 1992. The technological specialization of advanced countries.

M A D E R A S N O B L E S

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFÍA CITADA

ALARY, M. 1997. Noce e salute. In: Con le noci?... perchè no! . Istituto Nazionale della Nutrizione - Istituto Sperimentale per la Frutticoltura Roma - Sezione Caserta. pp 61-64.

ASTORGA, E. 1969. El nogal. El Campesino. Octubre, pp. 54-71.

_____. ; ASTORGA, M. E 1983. Rehabilitación de huertos de nogales por injertación. El Campesino 114 (7): 40-41.

_____. ; ASTORGA, M. E. 1987. Poda de nogales adultos. El Campesino 118 (7): 19-21.

_____. 1991. Un pionero de los nogales en Chile. Chile Agrícola. Enero/Febrero. pp. 40-43.

BARONE, E.; BURESTI, E.; CANNATA, F.; DI MARCO, L.; MERCURIO, R.; MINOTTA, G.; PARIS, P. 1997. Modelli colturali e tecniche di coltivazione. In: Giannini, R. y Mercurio, R. Il noce comune per la produzione legnosa. Edizioni Avenue media. Bologna, Italia. pp. 115-164.

BARRIGA, C.; ASTORGA, E.; ASTORGA, M.E.; SEPÚLVEDA, N.; BRUNA, G.; SAAVEDRA, M.; KERN, W. 1991. Nueces y Almendras. Situación actual y perspectivas. Universidad de Chile. Fac. Cs. Agrarias y Forestales. 112p.

_____. 1992a. Nueces. Situación actual y perspectivas. El Campesino. Mayo pp. 17-53.

_____. 1992b. Todo lo que Ud. desea saber sobre: Nogales. Aspectos tecnológicos en la producción. Chile Agrícola. pp. 284-288.

BAYER. S.F. Tratamientos en nogales. BAYER Químicas Unidas S. A. en Chile, Sección técnica del departamento Fitosanitario.

BECQUEY, J. 1997. Les Noyers à Bois. Institut pour le Développement Forestier (IDF), Francia.

BELLINI, E.; PONCHIA, G. 1980. La coltura del noce in California. L'Informatore Agrario. Sommario (48): 13153-13170.

BRINKMAN, K. 1974. Juglandaceae - Walnut family. Juglans L. Walnut. In: U.S.D.A. Forest Service. Seeds of Woody Plants in the United States. Agriculture Handbook N° 450: 454 - 459.

BURESTI, E. 1992. L'allevamento in cassone. Note di Informazione sulla Ricerca Forestale, Istituto Sperimentale per la Selvicoltura, Arezzo. N° II, 2.

_____. 1993a. L'allevamento in cassone. *Agricoltura Ricerca* (147/148): 107-110.

_____. 1993b. Orientamenti tecnici sull'impianto e la coltivazione del noce da legno. Arezzo, Italia, Istituto Sperimentale per la Selvicoltura. *Linea Ecologica* 24 (1): 12-18.

_____.; FRATTEGIANI, M. 1995. Impianti misti in arboricoltura da legno. *Sherwood - Foreste e Alberi Oggi* (3): 11-17.

_____.; DE MEO, I. 1998a. Osservazioni su un gruppo di noci cresciuti nella media valle del Serchio. *Sherwood - Foreste e Alberi Oggi* (40): 13-16.

_____.; DE MEO, I. 1998b. Due esempi sull'effetto della protezione laterale nel noce. *Sherwood - Foreste e Alberi Oggi* (37): 11-14.

_____.; DE MEO, I. 1998c. Un impianto di noce in golena con «specie paracadute». *Sherwood - Foreste e Alberi Oggi* (35): 27-31.

CHENEVARD, D.; FROSSARD, J.S.; LACOINTE, A. 1994. Lipid utilization and carbohydrate partitioning during germination of English walnut (*Juglans regia*). *Annales des Sciences Forestieres*. N° 51: 373-379.

CIANCIO, O.; LA MARCA, O.; MERCURIO, R.; SANESI, G. 1992. Le problematiche dell'arboricoltura da legno di qualità e di quantità. *Cellulosa e Carta* (3): 19 - 31.

CICCARESE, L. 1995. Influenza della disposizione e del livello di interrimento del seme sulla germinazione, sviluppo e conformazione di *Juglans regia* in vivaio. *Monti e Boschi* (2): 56-60.

_____. 1998. Performance in campo di noce comune (*Juglans regia*) da legno: confronto dopo 4 anni dall'impianto tra semina diretta, semenzali a radice nuda e in contenitore. *Monti e Boschi*. (3/4): 51 - 58.

CONCA, E.; BARRIA, M. 1991. Nueces. Análisis y perspectivas de las exportaciones. *Chile Hortofrutícola*. pp 27-32.

CORNU, D; JAY-ALLEMAND, C. 1989. Micropropagation of hybrid walnut trees (*Juglans nigra* x *Juglans regia*) through culture and multiplication of embryos. *Annales des Sciences Forestieres*. N° 46: 113-116.

COSSIO, F.; MINOTTA, G. 1983. Prove preliminari di colture "in vitro" di embrioni isolati di noce (*Juglans regia* L.) e confronto tra differenti combinazioni di sali minerali. Estratto da Riv. Ortoflorofrutt, Ital, N° 4. Istituto di Coltivazione Arboree-Cattedra di Selvicoltura. Università di Bologna. Pubblicazione N° 48: 287 -298.

COVARRUBIAS, C.; ESPINOZA, J. 1991. Rentabilidad de la producción de nueces. In: IPA. La Platina. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. (64): 13-17.

CRAVE, M. F. 1990. L'effet du vent sur les noyers. Forêt Enterprise (66): 13-17.

_____. 1991. Noyers hybrides: vers l'an 2000. Forêt Enterprise (76): 10-11.

CRAWFORD, M. 1996. Walnuts: Production and Culture. Agroforestry Research Trust. 28 p.

DEL SOLE, E. 1983. Il noce nostrano, preziosa specie per il recupero di terreni marginali. pp. 48-53.

DENCI, L.; MERCURIO, R.; MORONI, M.; TOCCI, A. 1982. Le possibilità di coltivazione del noce da legno. Agricoltura Ricerca (14): 36-41.

DESCH, H. E. 1981. Timber, its structure, properties and utilization. Oregon, USA, Timber Press. 410 p.

DUCCI, F.; TANI, A. 1997. Propagazione e tecnica vivaistica. In: Giannini, R. y Mercurio, R. Il noce comune per la produzione legnosa. Edizioni Avenue media. Bologna, Italia. pp 91-114.

EU AIR Project. 1996. Proposal AIR3-CT92-0142, 1993-1996.

EU BRAINS Project. 1996. Proposal PL 96-1887, FAIR III, 1996-2000.

EU BRAINS Project. 1998. Individual Progress Reports 01/02/97-31/01/98. Contract CT96-1887.

FALCIONI, S.; DE MEO, I.; BURESTI, E. 1996. La potatura del noce: descrizione delle tecniche più utilizzate. Sherwood - Foreste e Alberi Oggi (12): 11-16.

_____. ; BURESTI, E. 1997. Confronto tra intervento autunnale ed invernale e tra diversi livelli di intensità nella potatura di produzione del noce comune. Ann. Ist. Sper. Selv. N° 25 y 26: 309-322

FAO. 1988. Anuarios de Producción. Roma. Italia. Vol. N° 42.

_____. 1989. Anuarios de Producción. Roma. Italia. Vol. N° 43.

FORDE, H. E. 1979. Variedades del nogal. In: El cultivo del nogal. Departamento de Sanidad Vegetal. Facultad de Agronomía. Universidad de Chile. Santiago, Chile. pp. 36-45.

FOREST PRODUCTS RESEARCH. 1956. The Timbers. In: A Handbook of hardwoods. H. M. Stationery Office, London. 269p.

FORNARI, B.; CANNATA, F.; SPADA, M.; MALVOLI, M. E. 1999. Allozyme analysis of genetic diversity and differentiation en European and Asiatic walnut (*Juglans regia*) populations. *Forest Genetics* 6(2): 115-127

FORTE, V. 1982. Il Noce. 3ª. Edizione aggiornata. Universale Edagricole N° 16. Bologna, Italia. 80 p.

FOZZER, F. 1986. Impiantiamo il noce comune o il noce nero?. *Informatore Agrario* (18): 47-50.

FRATTEGANI, M; MORI, P. 1996. Considerazioni su alcuni impianti di arboricoltura (seconda parte). *Sherwood - Foreste e Alberi Oggi* (8): 6-14.

FRITSCH, N. 1979. Riego y suelo. In: El cultivo del nogal. Departamento de Sanidad Vegetal. Facultad de Agronomía. Universidad de Chile. Santiago, Chile.pp: 46 - 58.

GELONE, R. 1997. Il noce, una coltura in crisi. *L'Informatore Agrario. Speciale*. (10): 37-40.

GONZALEZ, R. 1979. Plagas del nogal. In: El cultivo del nogal. Departamento de Sanidad Vegetal. Facultad de Agronomía. Universidad de Chile. Santiago, Chile. pp: 85 -94.

GORDON, A. G.; ROWE, D.C.F. 1982. Seed manual for ornamental trees and shrubs. Forestry Commission, Bulletin N° 59. 132 p.

HAN, B.; LIU, S. 1990. Walnut. In: Chen Z., ed. et al. Handbook of plant cell culture: perennial crops. Volume 6. Part D. 506p.

IBACACHE, A.; VALENZUELA, J. 1994. Nutrición del nogal. INIA. Julio - Agosto. IPA La Platina N° 83: 5-10.

IL DIVULGATORE. 1994. Il noce da legno. In: Il Noce da frutto e da legno. Periodico di Informazione Agricola Zootecnica e Forestale. Bologna, Italia. pp. 28 - 37

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS. 1998. VI Censo Nacional Agropecuario año 1997. Santiago, Chile, INE. 214p.

INFOR; FIA; FONSI. 1998. Informe Técnico Final Proyecto "Silvicultura de especies no tradicionales: una mayor diversidad productiva". Santiago INFOR. Documento de trabajo 0199. INFOR. 230p.

INSTITUT POUR LE DÉVELOPPEMENT FORESTIER 1983. Les noyers a bois. Francia, IDF. 133 p.

JAYNES, R.A. 1969. Breeding Improved Nut Trees. In: Handbook of North American Nut Trees. Northern Nut Growers Association, Knoxville, Tenn. 421p.

JAY-ALLEMAND, C. 1996. Final Synthesis Report (01/01/93-04/30/96), Project European Development of walnut trees for wood and fruit production as an alternative and extensive system to agricultural crops. Contract EU AIR3-CT92-0142.

KERR, G. 1993. Establishment and provenance of walnut in Britain. *Forestry* 66 (4): 381-393

LATORRE, B. 1979. Enfermedades del nogal. In: El cultivo del nogal. Departamento de Sanidad Vegetal. Facultad de Agronomía. Universidad de Chile. Santiago, Chile. pp: 75 -84.

LOEWE, V. 1990. Analisi isto-anatomica sulla radicazione del noce (*Juglans regia* L.) "in vitro". *Rivista Frutticoltura* (12): 57-61.

_____. 1991a. Apuntes sobre algunas latifoliadas de maderas valiosas. *Ciencia e Investigación Forestal* 5 (1): 165-179.

_____. 1991b. Nuevas alternativas para diversificar la producción forestal: Nogal (*Juglans regia* L.) y Cerezo (*Prunus avium* L.), dos especies de maderas nobles. *Chile Forestal*. Documento Técnico N° 56. 8p.

_____.; DIAZ-VAZ, E.; GONZÁLEZ, M.; CUEVAS, R. 2000. Determinación de las características físico - mecánicas del castaño (*Castanea sativa*), nogal común (*Juglans regia*), arce (*Acer pseudoplatanus*) y aliso negro (*Alnus glutinosa*). *Ciencia e Investigación Forestal*. Edición electrónica.

_____.; CABRERA, J.; LAFITTE, C.; CARRASCO, A. 1998. Antecedentes de mercado de especies promisorias para Chile. Santiago. INFOR. Documento de Trabajo N° 0599. 132p.

_____.; GONZALEZ, M.; PINEDA, G. 1999. Madera de nogal, ¿Una opción productiva para Chile?. In: Actas Seminario Investigación y desarrollo forestal en la pequeña propiedad (9 y 10 de noviembre de 1999). Santiago, INFOR. Pp.151-165.

LUISE, N.; MAGNANO DI SAN LIO, 1997. Malattie. In: Giannini, R. y Mercurio, R. Il noce comune per la produzione legnosa. Edizioni Avenue media. Bologna, Italia. pp. 181-223.

MALVOLI, M. E.; PACIUCCI, M.; CANNATA, F.; FINESCHI, S. 1991. Genetic variation in italian populations of *Juglans regia*. *Acta Horticulturae* (311): 86-94

_____.; FINESCHI, S.; MORGANTE, M.; VENDRAMIN, G. G. 1995. Mating system of a naturalized *Juglans regia* population in Italy. In: Baradat, Adams y Muller-Starck (eds). Population genetics and genetic conservation of forest trees. pp. 305-308.

_____. ; SPADA, M. 1997. Differentiation of walnut hybrids (*Juglans regia* x *Juglans nigra*) through RAPD markers. In: Gomez Pereira J.A. (ed). Proc. III Int. Walnut Cong.

_____. ; BERITOGNOLO, I.; SPADA, M.; CANNATA, F. 1997. Ricerche sulle risorse genetiche e sulla biologia riproduttiva di *Juglans regia* in Italia mediante marcatori molecolari. Ann. Ist. Sper. Selv. 25-26: 9-34.

MARTINET, J. D.; PELOUX, T. 1994. Le noyer, un arbre a cultiver a tout prix. Forests de France (373): 26-31

MERCURIO, R.; TABACCHI, G. 1997. Produzione legnosa. In: Giannini, R. y Mercurio, R. Il noce comune per la produzione legnosa. Edizioni Avenue media. Bologna, Italia. pp. 165 - 178.

MINISTERE DE L'AGRICULTURE ET DE LA FORÊT. s.f. Boiser et après.... Ministère de l'agriculture et de la forêt, Direction de l'espace rural et de la forêt. Francia. 64 p.

MINOTTA, G. 1981. Il noce: una pianta preziosa per la montagna. Monti e Boschi. (6): 89-94.

_____. 1989. La coltura del noce da frutto ed a duplice attitudine produttiva in Italia. Rivista Frutticoltura (7): 23-29.

_____. 1990. La coltura del noce da frutto ed a duplice attitudine produttiva in collina ed in montagna. Monti e Boschi (1): 27-33.

_____. ; LOEWE, V; FERRI, D. 1993. Indagine sulla coltivazione del noce da legno (*Juglans regia* L.) in alcuni ambienti dell'Appennino Settentrionale. Monti e Boschi (3): 46 -56.

_____. 1994. Ciliegio e noce: ritorno di due specie da legno. Terra e Vita. (42): 30-33.

NATALE, F. 1993. Ruolo economico degli imboschimenti con noce. Linea Ecologica 24 (1): 8-12.

_____. ; CANNATA, F.; MALVOLTI, M. E. 1993. "Filiere" of persian walnut for wood production in Italy. Acta Horticulturae (311): 240-248.

NOVELLI, S.; CANNATA, F. 1998. Interest of primary processing wood industries on common walnut (*Juglans regia*) timber in Italy. EU Project Walnut B.R.A.I.N.S., Meeting 5-9 October, 1998.

NUTS with commercial potential for America's heartland. 1994. www.hort.purdue.edu/newcrop/NewCropsNews/94-4-1/nuts.html

ODEPA 1995. Estadísticas de Exportaciones Nacionales. Asociación de Exportadores de Chile A.G. Santiago, Chile. pp. 5-7.

PARIS, P.; CANNATA, F.; OLIMPIERI, G. 1995. Influence of alfalfa (*Medicago sativa* L.) intercropping and polyethylene mulching on early growth of walnut (*Juglans spp.*) in central Italy. *Agroforestry Systems* 31: 169-180.

_____. ; PISANELLI, A.; TODARO, L.; OLIMPIERI, G.; CANNATA, F. 1996. Early responses in growth and leaf water potentials of common walnut (*Juglans regia*) associated to subterranean clover (*Trifolium subterraneum*) in central Italy. In: Jay-Allemand, (ed.). European development of walnut trees for wood and fruit production as an alternative and extensive system to agricultural crops. Final publications. European Commission CT92-0142.

_____. ; OLIMPIERI, G.; TODARO, L.; PISANELLI, A.; CANNATA, F. 1998a. Leaf-water potential and soil-water depletion of walnut mulched with polyethylene and intercropped with alfalfa in central Italy. *Agroforestry Systems* 40: 69-81

_____. ; OLIMPIERI, G.; TODARO, L.; CANNATA, F. 1998b. Growth and soil-plant water relations of *Juglans regia* with polyethylene mulching and intercropped with *Medicago sativa* in Central Italy. *Agroforestry Systems* 00: 1-13

PELLEGRINO, S.; BASSI, R. 1993. Aspetti della tecnica colturale del noce. *Rivista Frutticoltura*. (12): 53-59.

PETILLO, G. 1993. Le esigenze delle industrie di trasformazione riguardo al legno di noce. In: *Linea Ecologica* 24 (1): 26-30.

PISANELLI, A.; PARIS, P.; OLIMPIERI, G.; CANNATA, F. 1998. La pacciamatura plastica e le consociazioni con specie erbacee nella nocicoltura: risultati e potenzialità emerse dall'attività di ricerca. *Linea Ecologica*. (4): 37-45.

POPOV, S. 1983. Particularidades fenológicas de algunas especies, variedades y tipos del género *Juglans*. Bulgaria. *Gorskostopanska Nauka* 29 (5): 26-34.

RADICATI, L.; ME, G.; SACERDOTE, S.; VALLANIA, R. 1983. Prime valutazioni di cultivars di noci americane e francesi per le zone montane. *Rivista di Frutticoltura e di Ortofloricoltura*. 45 (3-4): 19-23.

RAZETO, B. 1979. Nutrición y fertilización del nogal. In: *El cultivo del nogal*. Departamento de Sanidad Vegetal. Facultad de Agronomía. Universidad de Chile. Santiago, Chile. pp. 58-74.

REVILLA, M.A.; MAJADA, J.; RODRIGUEZ, R. 1989. Walnut (*Juglans regia* L.) micropropagation. *Forest Tree Physiology*. *Ann. Sci. For.* 46: 149-151.

RIPA, R. 1990. Plagas del nogal. *Chile Hortofrutícola*. 3(18): 9-11.

ROSSI, M. A. 1995. Confronto di sustratti per l'allevamento di *Juglans regia* in contenitore. Monti e Boschi (5): 35-38.

SERR, E.F. 1969. Persian Walnuts in the Western States. In: Richard A. Jaynes (ed). Handbook of North American Nut Trees. Northern Nut Growers Association, Knoxville, Tenn. (18). pp. 240-263.

SHEMAJANOVA, N.M.; MAZUR, D.P. 1968. Mycorrhizae of *Juglans regia* and the conditions for their formation. Izv. Akad. Nauk SSSR (Ser. biol.). (4): 517-529.

TAMPONI, G.; MANZO, P. 1980. Osservazioni Pomologiche ed Agronomiche su cultivar di Noce. Estratto da: Atti VI Convegno Pomologico-Incontro Frutticolo S.O.I. su "Frutta secca". Istituto Sperimentale per la Frutticoltura - Roma, Italia. pp. 225-240.

VARGAS, F. J. 1989. Primer Simposium Internacional de Frutales Situación Actual y Perspectivas de la Obtención de Material en Nogal, Avellano y Pistacho. Fruticultura 4 (6): 312-321.

WOOD, M. 1991. Mothproofing Walnut Trees of the Future. USDA, Agricultural Research Washington. 39 (6): 10-11.

www.odepa.cl/base-datos/estadisticas/produ/Agr/frutas-ps.html (febrero, 2001)

www.odepa.gov.cl/servicios-informacion/Mercados/N97.html (febrero, 2001)

www.fas.usda.gov/ffpd/wood-circulars/ (febrero, 2001)

<http://apps.fao.org/page/form?collection=Production.Crops.Primary&Domain=Production&servlet=1&language=ES&hostname=apps.fao.org&version=default>

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA NO CITADA

ASCIUTO, A. 1993. La convenienza economica di un progetto di noce a duplice attitudine legno-frutto in Sicilia. Linea Ecologica 24 (1): 34-35.

ASTORGA, E. 1978. El nogal. Elección de variedades. El Campesino. Mayo. pp. 42-47.

_____; ASTORGA, M. E. 1980. Reconstrucción de huertos de nogales. El Campesino 111(7): 34-41.

_____; ASTORGA, M. E. 1987. Peste negra del nogal o bacteriosis y su control. El Campesino 118(9): 58-61.

BECQUEY, J. s.f. Alcuni elementi di riflessione sugli impianti di noce da legno a partire dall'esperienza francese. Francia, Istituto per lo Sviluppo Forestale - Lione. pp. 23-25.

BURESTI, E.; MORI, P. 1995. Sesti e distanze d'impianto per il noce. Sherwood - Foreste e Alberi Oggi (6): 6-14.

EDLIN, H.R. 1985. Broadleaves. Londres, Reino Unido. Forestry Commission. Booklet N° 20. 104p.

FORSYTH, J. 1991. Temperate Nut Growing. Agnote DPI/22. Sydney, Australia.

FRATTEGANI, M.; MERCURIO, R. 1991. Il fattore di competizione delle chiome (CCF) nella gestione delle piantagioni da legno di noce comune (*Juglans regia* L.). Monti e Boschi. (5): 59-62.

GERMAIN, E. 1986. Amélioration génétique du noyer. Arboriculture Fruitiere. 33 (389) : 37-41.

GERMAIN, E.; JOLINAT, J.; LÉGLISE, P.; MASSERON, A.; TRONEL; CHARTIER. 1983a. Le noyer résultats de 20 ans d'expérimentation (partie I). Arboriculture Fruitiere 30 (356) : 55-60.

_____. ; JOLINAT, J.; LÉGLISE, P.; MASSERON, A.; TRONEL; CHARTIER. 1983b. Le noyer résultats de 20 ans d'expérimentation (partie II). 30 (357): 43-49.

HARTMANN H.T.; KESTER D.E. 1990. Propagación de plantas. Principios y prácticas. México, CECSA. pp. 657-658.

IMPIUMI, G.; RAMINA, A. 1967. Ricerche sulla biologia fiorale e di fruttificazione del noce (*J. regia*). Rivista dell' Ortoflorofruitticoltura Italiana, Firenze (51): 538-543.

LATORRE, B.; ESTERIO, M. 1981. La peste negra del nogal. El Campesino. 112 (7): pp. 16-18.

LUNA, L. F. 1990. El nogal. Producción de frutos y madera. Madrid., Mundi-Prensa. 155p.

MALVOLI, M.E.; PACIUCCI, M.; CANNATA, F.; FINESCHI, S. 1993. Genetic variation in italian populations of *Juglans regia*. Acta Horticulturae (311): 86-94.

MANZO, P.; TAMPONI, G. 1973. Prime osservazioni su alcune cultivar di noce introdotte dalla California. Estratto dagli Annali Istituto Sperimentale per la Frutticoltura. 4: 89-107.

MATHERON, M. E.; MIRCETICH, S. M. 1985. Relative resistance of different rootstock of english walnut to six Phytophthora spp. that cause root and crown rot in orchard trees. Plant Disease. 69 (12): 1039-1041.

MERCURIO, R.; SACCHETTI, P.; TASSINARI, G. 1992. *Zeuzera pyrina* nelle piantagioni di noce da legno: prevenzione e lotta. Arezzo, Italia. Istituto Sperimentale per la Selvicoltura. Note de Informazione Sulla Ricerca Forestale 2 (2): 6 - 7.

MINOTTA, G.; TAMPONI, G. 1983. La coltura del noce a duplice attitudine produttiva nelle zone montane. Cattedra di Selvicoltura. Istituto di Coltivazioni Arboree, Università di Bologna. Italia. Rivista di Frutticoltura e di Ortofloricoltura. 45 (12): 55-58.

PICCINI, C.; SPERANDIO, G. 1996. Primi risultati di una prova di pacciamatura e diserbo in piantagione di *Juglans regia* L. Linea Ecologica (3): 46-51.

PUENTES, O. 1984. Protección fitosanitaria forestal. Ministerio de Agricultura. Corporación Nacional Forestal. Programa control de plagas y enfermedades forestales. Agosto. Concepción.

PUTTOO, B. L.; BASU CHOUDHARY, K. C. 1984. Canker of walnut trees and its control in Kashmir. Pesticides 23 (4): 38-39.

S.A. 1987. Access to Japan's import market. Tradescope August, pp 9-18.

S.A. 1995. Soil and water management for walnut trees. Quandong 21 (2) 29

S.A. 1997. Walnuts doing well on marginal soils. Quandong 23 (2): 7-8

SIBBETT, G. S.; RAMOS, D. E.; BROWN, L. C. 1980. Establishing a new walnut orchard. USA. University of California. Leaflet N°21157.

SNELLGROVE, M.J.; MAYHEAD, G.J. 1995. The effect of plant type and age on the stumping of common walnut (*Juglans regia* L.). Quarterly Journal of Forestry 89(1):46 - 51.

VALENZUELA, J.; ESPINOZA, J.; PARRA, A. 1992. Variedades comerciales de nogal. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Estación Experimental La Platina. Serie La Platina N° 34. 3