

# **ARBORICULTURA PARA PRODUCCION DE MADERA DE ALTO VALOR**

**Una Nueva Alternativa Productiva para el  
Sector Silvoagropecuario Chileno**

Verónica Loewe M.<sup>1</sup>

Santiago, Enero 2003

---

<sup>1</sup>) Ing. Forestal (U. de Chile); Especialización en producción de maderas nobles (U. de Bolonia, Italia); MPA (U. de Harvard, EE.UU). Profesora Pontificia Universidad Católica de Chile. Jefe de Proyectos Instituto Forestal, Sede Centro Norte. Huérfanos 554. Santiago, Chile. vloewe@infor.cl



Registro Propiedad Intelectual: I 30.280  
ISBN: 956-7727-97-X

La información que entrega el presente documento es resultado del proyecto “Silvicultura de especies no tradicionales, una mayor diversidad productiva”, en ejecución entre 1998 y 2003. Dicho proyecto, así como la publicación de este documento, son impulsados y cuentan con el financiamiento de la Fundación para la Innovación Agraria (FIA).

Impreso por Editorial Pacífico  
Fecha de Impresión: Enero del 2003



# INDICE DE CONTENIDOS

INDICE DE CONTENIDOS	3
ESPECIES CONSIDERADAS EN EL DOCUMENTO	4
INTRODUCCION	5
CHILE: EL DESAFIO DE LA DIVERSIFICACION	5
¿POR QUE UNA ARBORICULTURA CHILENA?	6
BENEFICIOS PARA CHILE	8
ASPECTOS TECNICOS	9
Principios generales de la arboricultura	9
Clasificación con relación al aporte energético del cultivo	10
Peculiaridades de la arboricultura	11
Plantaciones de arboricultura factibles	12
Fases de desarrollo de un árbol	14
Plantaciones puras vs. plantaciones mixtas	16
Disposiciones o arreglos espaciales	16
Disposición de la plantación	18
Densidad de plantación	23
Cuidados culturales	23
1. Podas	23
2. Raleos	28
3. Protecciones individuales	31
4. Fertilización	33
5. Mulching	34
6. Producción de plantas en cajón	37
7. Nivel de los cuellos de las plantas	39
ANTECEDENTES SOBRE ALGUNAS ESPECIES DE INTERÉS	40
Nogal común	40
Cerezo común	43
Castaño	46
Fresno	47
Arce	48
Alisos	49
Otras menores	49
APLICABILIDAD DE LA ARBORICULTURA EN CHILE	50
CONCLUSIONES	52
BIBLIOGRAFIA	55



## ESPECIES CONSIDERADAS EN EL DOCUMENTO

Alamo	<i>Populus sp.</i>
Aliso	<i>Alnus sp.</i>
Aliso italiano	<i>Alnus cordata</i>
Aliso negro	<i>Alnus glutinosa</i>
Aliso rojo	<i>Alnus rubra</i>
Arce	<i>Acer sp.</i>
Avellano europeo	<i>Corylus avellana</i>
Avellano chileno	<i>Gevuina avellana</i>
Castaño	<i>Castanea sativa</i>
Cerezo común	<i>Prunus avium</i>
Cerezo americano	<i>Prunus serotina</i>
Ciavardello	<i>Sorbus torminalis</i>
Encino	<i>Quercus sp.</i>
Farnia	<i>Quercus robur</i>
Fresno mayor	<i>Fraxinus excelsior</i>
Manzano	<i>Malus communis</i>
Nogal común	<i>Juglans regia</i>
Nogal negro	<i>Juglans nigra</i>
Olivo ornamental	<i>Elaeagnus umbellata</i>
Olivo de Bohemia	<i>Elaeagnus angustifolia</i>
Olmo	<i>Ulmus sp.</i>
Peral	<i>Pyrus communis</i>
Pino	<i>Pinus halepensis, Pinus domestico, Pinus laricio</i>
Rovere	<i>Quercus petraea</i>
Roverella	<i>Quercus pubescens</i>
Sorbo domestico	<i>Sorbus domestica</i>
Tilo	<i>Tilia grandifolia, Tilia cordata.</i>

## INTRODUCCION

A la silvicultura tradicional, que tiene por objeto al bosque como sistema productivo con objetivos múltiples y que se caracteriza por complejos equilibrios ecológicos en constante dinámica, se suma la arboricultura, técnica que se centra en el cultivo de árboles a nivel individual.

La arboricultura nació en Italia en la década de los años 30 y evolucionó posteriormente en gran parte de Europa. Esta técnica nació como respuesta a la necesidad de:

- Ofrecer maderas que por su valor y características constituyen una alternativa a las maderas tropicales, cada vez más escasas y caras.
- Utilizar terrenos marginales a la agricultura en términos económicos, que pueden ser incorporados a la denominada reconversión productiva, con opciones rentables.
- Acumular reservas de madera de calidad.
- Disminuir la presión sobre las especies nativas, mientras se pone en práctica su manejo.

## CHILE: EL DESAFIO DE LA DIVERSIFICACION

El análisis de las tendencias mundiales pareciera indicar la necesidad de disponer de un sector forestal diversificado con respecto tanto a la composición silvícola (cantidad de especies cultivadas) como a su distribución territorial, lo que quedó demostrado con la crisis que atravesó Chile en los años 1998-99.

La arboricultura se centra en algunas especies latifoliadas, llamadas “nobles” o menores, porque generalmente no conforman bosques puros, permitiendo con ello que su empleo cumpla finalidades económicas, estéticas y ambientales, dando lugar a la generación de productos múltiples que junto con valorar el ambiente, constituyen una opción valiosa de diversificación, aplicable tanto a empresas como a propietarios pequeños, medianos o grandes.

En Chile, esto se acentúa por la gran variedad de ambientes disponibles y por la variabilidad genética que presentan algunas especies.

Dentro de éstas, hay numerosas especies que pueden seleccionarse con criterios económicos, de manejo, geográficos y socioculturales. Entre ellas se pueden citar el nogal común (*Juglans regia*), cerezo común (*Prunus avium*), cerezo americano (*Prunus serotina*), castaño (*Castanea sativa*), tulipero (*Liriodendron tulipifera*), olmo (*Ulmus cordata*), liquidambar (*Liquidambar styraciflua*), grevillea (*Grevillea robusta*), fresno (*Fraxinus excelsior*), arce (*Acer pseudoplatanus*), aliso rojo (*Alnus rubra*), aliso negro (*Alnus glutinosa*), aliso italiano (*Alnus cordata*), álamo (*Populus sp.*), avellano chileno (*Gevuina avellana*), notro (*Embothrium coccineum*), raulí (*Nothofagus alpina*), roble (*Nothofagus obliqua*), avellano chileno (*Gevuina avellana*), nogal negro (*Juglans nigra*), peral (*Pyrus communis*), aroma australiano (*Acacia melanoxylon*), encinos (*Quercus sp.*), entre otras.



En 1994, el Ministerio de Agricultura de Chile inició una campaña de diversificación silvícola, mediante la creación de un programa específico bajo el amparo de CONAF, iniciativa que se ha prolongado en el transcurso de los años a través de diferentes acciones.

Esto se debe a que la realidad forestal del país muestra una fuerte concentración silvícola (el 92% de las plantaciones están constituidas por pino (75%) o por eucalipto (17%)); así como una significativa concentración geográfica (un 77% de las plantaciones se concentran en 3 regiones, y el 90% en 5 regiones), a lo que se suma una concentración socioeconómica fuerte (dos empresas poseen el 42.5% del total de plantaciones).

Consiguientemente, resulta indispensable diversificar el abanico productivo por razones estratégicas, ecológicas, y económicas. De seguridad, para acceder mejor a los mercados internacionales; ecológicas, para generar ambientes equilibrados y escenarios de mayor belleza, aptos para la recreación y para reducir pérdidas por ataques de plagas o enfermedades; económicas, ya que existen alternativas de cultivo de real interés económico, que pueden complementar con éxito el recurso forestal del país.

Estratégicamente, la producción debería centrarse en las especies que originan productos de mayor valor, así como en la búsqueda de cultivos aptos para las zonas actualmente marginales en términos económicos a la producción silvoagropecuaria, a la luz de la transformación productiva sectorial, la que se intensificará cada vez más a la luz de la firma reciente de los tratados de comercio con la Unión Europea y con Estados Unidos.

## ¿POR QUE UNA ARBORICULTURA CHILENA?

La justificación del desarrollo y aplicación a nivel productivo de la arboricultura para producir madera de alto valor resulta de un análisis de las tendencias del mercado mundial, pues la producción nacional forestal está enfocada principalmente hacia el comercio exterior. En este análisis resultan relevantes los siguientes puntos:

- El mercado internacional está siendo condicionado en forma creciente y progresiva por presiones ecologistas o conservacionistas, que afectan principalmente el mercado de las maderas tropicales, así como la obtención de productos mediante procesos productivos contaminantes. Cada vez hay más sensibilidad acerca de temas como la biodiversidad y la influencia de la deforestación en los cambios climáticos a nivel mundial. Por ello, al menos en Europa y Norteamérica, en un futuro cercano se exigirá que la madera importada provenga de bosques o plantaciones manejados en forma sostenible, lo cual se comprobará por medio de la certificación, para lo cual existen diferentes sellos/instituciones involucradas.



- La oferta de maderas blandas (coníferas) se concentra en el hemisferio norte, y se destina principalmente a fines industriales (*commodities*).
- La demanda insatisfecha de maderas duras (latifoliadas), principalmente de especies de bosques templados, como los de Chile, representa una interesante alternativa productiva.
- Además, la inversión en este tipo de plantaciones se hace interesante al observar las tendencias del mercado. En los últimos años en Europa se ha producido un alza de los precios de las maderas duras (latifoliadas), que se usan principalmente en la industria del muebles y decoración. Por la baja oferta interna, se observa un fuerte flujo de importaciones desde Europa del Este y desde países tropicales.
- El notable avance y desarrollo de la arboricultura en Europa. A la fecha, en dicho continente se están forestando terrenos agrícolas mediante subsidios muy importantes para disminuir los excedentes agrícolas y a la vez reducir el déficit existente de madera de calidad. El último corresponde al Reglamento CE N° 1257/99 del Consejo del 17 mayo 1999 sobre el apoyo al desarrollo rural por parte del Fondo Europeo Agrícola de Orientación y de Garantía (FEAOG) y que modifica y reemplaza los reglamentos oficiales N° LI 60 del 26/06/1999; CONSLEG-92R1600 del 26/06/1999; y CONSLEG-92R1601 del 26/06/1999, y que se conoce como Agenda 2000. Estas especies cultivadas (nogal común, cerezo común, fresno, arce, entre muchas otras) están sustituyendo a las maderas tropicales.

De lo anterior se desprende que:

- 1) Existe un conocimiento técnico disponible, tanto a nivel europeo como nacional, factible de aplicar a nivel productivo.
- 2) Existe un mercado insatisfecho de madera de alta calidad y valor.
- 3) Existen varias especies de interés que en el país pueden ser cultivadas en este ámbito con éxito.
- 4) Se está ante una oportunidad interesante, pues debido a los mayores crecimientos registrados en el país, aún plantando con retraso respecto a los países del hemisferio norte, se podrían obtener en forma anticipada cosechas económicamente significativas.
- 5) La arboricultura representa una oportunidad valiosa para romper el círculo de la concentración silvícola, socioeconómica y geográfica de las plantaciones. Igualmente, implica actuar de manera acorde con relación a las demandas de la sociedad en cuanto a incrementar la diversidad biológica.
- 6) Permite influir positivamente sobre aspectos sanitarios de incidencia en la actividad forestal. Gran parte de las plantaciones de *Pinus radiata* se encuentra afectada por la polilla del brote a lo largo de toda su distribución, y está presente la amenaza del *Fusarium* y *Sirex*, que producen graves pérdidas. En el caso del eucalipto, *Phoracantha* está presente desde la III a la X Región.
- 7) Estratégicamente, para el país es recomendable no concentrar su potencial solamente en pocas especies dirigidas al sector de los *commodities* (negocios de grandes volúmenes). Los países de mayor desarrollo han cambiado sus decisiones estratégicas de producción,



orientándose hacia productos de mayor valor, que presentan un mayor margen de ganancia por unidad de volumen.

8) Resulta recomendable diversificar productivamente el sector forestal, incorporando cultivos más rentables que los actualmente utilizados.

Para sitios y/o tecnologías adecuadas existen especies de alta significación económica, tales como el nogal común (*Juglans regia*), cuya madera en Europa alcanza valores de US\$500-2.500/m<sup>3</sup> en pie y el cerezo americano (*Prunus serotina*), cuya madera elaborada en USA alcanza valores de US\$ 900-1.100/m<sup>3</sup>, por citar algunos ejemplos.

## BENEFICIOS PARA CHILE

Los beneficios que el país podría recibir de la arboricultura son importantes. En el orden económico, podrían desarrollarse cultivos tanto o más rentables que los tradicionales, los que pueden constituir una alternativa para parte de las superficies deforestadas o con cultivos poco rentables, considerando diferentes clases de suelos y tipos de propietarios/empresas.

En lo ecológico, permitiría un mejoramiento de la calidad ambiental, una disminución del riesgo de pérdida por plagas y enfermedades, y una mejor utilización de los terrenos disponibles.

En lo estratégico, Chile podría diversificar sus mercados, teniendo una mayor elasticidad para enfrentar eventuales cambios estructurales.

En este punto es importante destacar que al menos los europeos tienen la intención de importar maderas valiosas ya elaboradas, por lo que para el sector industrial se presentaría una oportunidad de incorporar tecnologías de avanzada, que ya están siendo introducidas a otros países latinoamericanos.

Diversificar el sector forestal chileno es nuestro desafío para el presente siglo XXI.



Figura 1: Aspecto general de plantaciones para producir madera de alta calidad, en su mayoría mixtas, de 15 años de edad, Lanco, X región, Chile.

## ASPECTOS TÉCNICOS

La **arboricultura** se define como una ciencia aplicada que se dedica al cultivo temporal de árboles individuales o de un conjunto de árboles con el objetivo de producir madera con determinadas características. Dicha disciplina se caracteriza por la aplicación de técnicas culturales repentinas, racionales, fundadas sobre bases económicas, ecológicas, agronómicas y/o silviculturales. Por ello la arboricultura no puede ser clasificada completamente ni en el ámbito agrario ni en el ámbito forestal, sino que se ubica en una posición intermedia<sup>2</sup>.

Existen dos conceptos diferentes asociados al término: la arboricultura de cantidad, y la arboricultura de calidad.

La **arboricultura de cantidad** tiene por objetivo producir grandes volúmenes de madera de determinadas características dimensionales, en períodos relativamente breves, sin prestar mucha atención a la calidad estética y tecnológica de la madera producida. En este caso el elemento base de referencia es el conjunto de árboles, y la duración del ciclo productivo está condicionada por alcanzar, en el menor tiempo posible, determinadas dimensiones. Se aplica a especies como álamo, eucaliptos y pinos, entre otras, y se conoce normalmente como silvicultura intensiva tradicional.

La **arboricultura de calidad** tiene por objetivo producir, también en períodos relativamente breves, madera con determinadas características dimensionales, estéticas y tecnológicas que permitan su colocación en los segmentos altos del mercado. El elemento base de referencia es cada árbol individual de la(s) especie(s) principal(es) debido a que la mayor parte del ingreso depende directamente de la idoneidad y de la calidad de cada individuo en particular con relación a un objetivo específico, en general asociado a productos lo más rentable posible con relación a la(s) especie(s) seleccionada(s). En este caso la duración del ciclo productivo está condicionada por alcanzar, en el menor plazo posible, las características dimensionales, estéticas y tecnológicas en cada individuo de la especie principal que compone la plantación.

La silvicultura y la arboricultura de calidad tienen diferentes objetivos. La primera tiene por sujeto al ecosistema forestal íntegro y cada intervención se realiza considerando su evolución; en la segunda el sujeto es cada árbol de la plantación, al que se le da mucha importancia pues cada árbol debe generar un ingreso importante al final de la rotación (Buresti, 1994).

### Principios Generales de la Arboricultura

Existen seis principios generales comúnmente aceptados que caracterizan la arboricultura, y que pueden ser sintetizados de la siguiente forma (Mercurio, 1988) (Buresti y Frattegiani, 1995):

---

2) Dr. Buresti E. 2000. Comunicación personal. Istituto per la Selvicoltura di Arezzo, Italia



1. **Temporalidad y reversibilidad del cultivo:** Las plantaciones se caracterizan por destinar exclusivamente a dicho objetivo el terreno durante la duración del ciclo productivo, asimilándose a cualquier cultivo agrícola.
2. **Objetivo productivo:** Las plantaciones de arboricultura, aún cuando generan beneficios adicionales relacionados con la presencia de una plantación o de determinadas especies, se realizan con el objetivo principal de producir madera y generar ingresos. Ninguna operación de tipo cultural realizada para maximizar un beneficio secundario debe obstaculizar el logro del objetivo productivo.
3. **Duración del ciclo productivo:** La duración del ciclo productivo no puede ser definida a priori, ya que ésta depende de numerosas variables, algunas de las cuales no se pueden individualizar y/o cuantificar con la precisión requerida (por ejemplo, adaptación de la especie al sitio, magnitud de su reacción frente a los cuidados culturales realizados, variaciones de las características de los productos demandados con relación a nueva maquinaria para la transformación de la madera, fluctuaciones de precios de los mercados, entre otras variables). El profesional debe tener la libertad de escoger el momento oportuno para obtener los frutos de la inversión realizada.
4. **Diversificación:** Las plantaciones deben ser lo más diversificadas posible para limitar y repartir los riesgos bióticos, abióticos y económicos, permitiendo tener siempre un cierto margen de acción. Las plantaciones monoclonales son poco aconsejables sobre la base de experiencias pasadas, entre ellas el cultivo del álamo.
5. **Complementariedad de funciones:** Aunque se trata de plantaciones con objetivo principalmente productivo, también desarrollan una serie de funciones complementarias tanto en términos privados como sociales. En muchos casos las ventajas derivadas de las funciones complementarias son muy importantes porque generan un ingreso en plazos inferiores respecto a la producción principal, lo que ayuda en forma importante a reducir los costos de operación.
6. **Compatibilidad ecológica:** Todas las intervenciones deben ser realizadas tratando de minimizar el impacto ambiental y las repercusiones ecológicas negativas (Buresti, 1994), buscando soluciones técnicas que permitan maximizar el nivel de autosuficiencia de la plantación, disminuyendo los aportes energéticos externos (Buresti y Frattegiani, 1995).

### Clasificación con relación al Aporte Energético del Cultivo

Existen tres tipos de arboricultura en función del aporte energético externo, que corresponden a (*Op. cit.*):



1. **Arboricultura Extensiva:** Generalmente se trata de arboricultura de cantidad. El aporte energético externo se limita al menor posible necesario para tener buenos resultados con la plantación. Normalmente consiste en el establecimiento mismo, replante de la mortalidad y remoción superficial del suelo en forma localizada durante los primeros 2 a 3 años. En general deben usarse especies ya experimentadas en zonas representativas similares al sitio.
2. **Arboricultura Semi Extensiva:** Tanto la arboricultura de cantidad como la de alto valor pueden ser consideradas como semi extensivas cuando existe un bajo aporte energético, limitado a las actividades estrictamente necesarias para el éxito de la plantación (por ejemplo remoción del terreno durante los primeros años, podas, raleos y protección fitosanitaria).
3. **Arboricultura Intensiva:** Tanto la arboricultura de cantidad como de calidad (de alto valor) pueden ser consideradas como intensivas cuando hay un elevado aporte energético externo, que va más allá de las actividades estrictamente necesarias para el éxito de la plantación. Tal aporte puede ser suministrado bajo la forma de trabajos adicionales al terreno, fertilizaciones y riego, entre otras.

## Peculiaridades de la Arboricultura

Existen ciertas características que demuestran la peculiaridad de esta innovadora técnica, las que corresponden a:

1. **No existen recetas:** No existen modelos de diseño y de cultivo predefinidos, sino que un conjunto de experiencias, datos e informaciones que, hábilmente seleccionadas por el profesional, permiten definir las características de cada iniciativa en particular.
2. **No existen modelos previos:** Dada la gran variedad de sitios, de especies y de técnicas culturales, así como la escasez de plantaciones similares que tengan características comparables y homogéneas, no es posible definir a priori la evolución futura de una plantación, la que sólo se puede estimar.  
Por ello el arboricultor se asemeja a un artista: interpreta la naturaleza, y dentro de sus reglas, encuentra infinitas variaciones que se adaptan a las exigencias particulares, considerando un análisis profundo de las características de la empresa/propietario, del ambiente pedoclimático y socio-económico. Por ello debe poseer profesionalismo, sensibilidad y creatividad.
3. **Análisis integral:** Al tratarse de una decisión que involucra el mediano y largo plazo, es indispensable que la inversión sea el fruto de un análisis y programación detallada que considere los siguientes parámetros:
  - a) **El sitio:** debe efectuarse una cuidadosa evaluación del sitio, incluyendo aspectos climáticos (temperatura, humedad, evapotranspiración, velocidad y dirección del viento), edáficos (disponibilidad hídrica y nutricional, capacidad de penetración de las raíces en el suelo), topográficos (altitud, posición orográfica, pendiente, exposición), tipos de cultivos, entre los



que destacan los cultivos establecidos previamente en el sitio, y elementos bióticos (actividad de microorganismos, influencia de patógenos).

- b) **Las especies:** es necesario evaluar varias especies consideradas como “candidatas”, interesantes desde el punto de vista del mercado, para verificar su aptitud al sitio a forestar. Al respecto se recomienda realizar un análisis a nivel del micrositio, para incrementar la probabilidad de éxito.
- c) **El capital disponible:** este factor define básicamente dos aspectos, la inversión inicial posible de realizar y el tipo de manejo que se podrá realizar durante la rotación. En este sentido, si el capital disponible es bajo, será necesario implementar un diseño tal que permita reducir a un mínimo las intervenciones durante la rotación, minimizando las podas, limpiezas y fertilizaciones, y que generalmente implicará una mayor rotación; por el contrario, si se dispone de un capital elevado, podrán incorporarse en el diseño elementos que intensifiquen el manejo, reduciendo la rotación (como por ejemplo la fertirrigación).
- d) **La economía local:** las características de la economía local pueden ser importantes en la definición de las especies secundarias a incluir en el diseño. Por ejemplo, si se trata de una zona turística, podrían privilegiarse especies melíferas (por la venta de miel), o que produzcan un fruto atractivo para las aves (por la observación), o que permitan alimentar animales de caza, entre otras muchas posibilidades.
- e) **Las economías nacional e internacional:** cada plantación debe ser diseñada en función a un producto final que se desea obtener, que se prevé tendrá una demanda interesante en el futuro. Al respecto se recomienda identificar muy bien cuál(es) es(son) el(los) producto(s) objetivo de la plantación, y los estándares de calidad que exige el mercado, para en función a ello definir un diseño y un tipo de manejo que permitan o faciliten su obtención.
- f) **Los objetivos y capacidad de gestión del propietario:** tanto los objetivos como su capacidad de gestión, entendida ésta como la capacidad de gestión en el ámbito operativo, son relevantes para definir el diseño a emplear. En este sentido, un propietario con los objetivos claros y con capital elevado difícilmente podrá tener éxito en una plantación que requiere de un manejo intensivo si su capacidad de gestión es limitada. Generalmente puede afirmarse que los propietarios o inversionistas que no viven cerca del lugar de plantación poseen una capacidad de gestión limitada, aun cuando cuentan con personal permanente en el predio.  
La capacidad de síntesis y de interpretación de los factores anteriormente señalados define la habilidad del profesional que realiza el diseño, y ésta a su vez define el grado de éxito que tendrá una plantación.

Como se trata prácticamente de un arte, pocas recomendaciones específicas pueden realizarse, salvo que los diseños resultan mejor cuando son largamente discutidos con el propietario y con el encargado de la plantación.

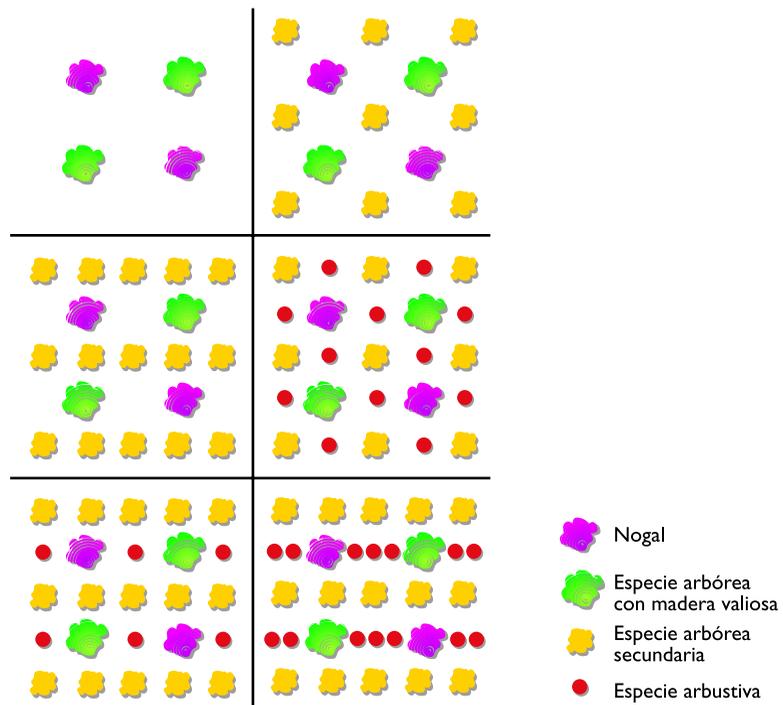
4. **Evaluación dinámica:** Las intervenciones de manejo que se realicen en una plantación dada se determinan en forma específica para esa situación una vez que se haya evaluado aspectos claves de su desarrollo, en particular la competencia intra o interespecífica, respuesta de alguna

de las especies al sitio, etc. Es necesario efectuar evaluaciones permanentes de la dinámica de desarrollo de una asociación mixta, ya que la misma plantación mixta establecida en diferentes sitios o con distintas intensidades de manejo puede presentar desarrollos diferentes.

## Plantaciones de Arboricultura Factibles

Las plantaciones de arboricultura factibles de realizar consideran cuatro alternativas principales:

1. **Plantaciones puras:** Se trata de plantaciones puras (monoespecíficas) constituidas por la especie principal seleccionada.
2. **Plantaciones mixtas:** Se trata de plantaciones poliespecíficas, que pueden estar constituidas por una o varias especies principales y por una o más especie(s) secundaria(s), arbóreas o arbustivas (Figura 2).



Fuente: Provincia di Bologna, 1994

Figura 2: Varios esquemas de plantaciones mixtas con nogal.

3. **Plantaciones en hilera:** Se trata de producir madera en hileras alrededor de campos, caminos, calles o huertos, obteniéndose una mejor utilización del espacio disponible, y complementando las posibilidades de ingreso de la unidad productiva.
4. **Producción de maderas finas dentro de cortinas cortaviento:** Se trata de producir madera fina dentro de cortinas cortaviento, obteniéndose un producto adicional de alto valor, además de la función de protección original de la cortina.

### Fases de Desarrollo de un Arbol y su relación con las Técnicas de Manejo a aplicar

Un concepto de gran utilidad práctica es el de las etapas de desarrollo que considera el crecimiento de un árbol, y que se representa en la Figura 3.

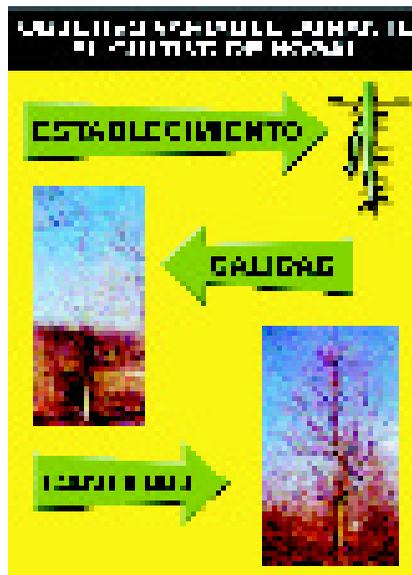


Figura 3: Fases de desarrollo de un árbol y su relación con las técnicas de manejo a aplicar en cada una de ellas.

- 1) **Establecimiento del sistema radicular:** primera etapa que puede abarcar 1-3 años después de la plantación y consiste en el establecimiento de un sistema radicular frondoso, equilibrado y armónico con relación al tamaño y forma del individuo. En esta etapa lo más importante no es que la planta crezca, sino que concentre sus reservas energéticas en el establecimiento de su sistema radicular, el que constituye la base de su desarrollo posterior. La presencia de micorrizas en esta etapa puede ser de gran importancia.

- 2) **Definición del eje productivo:** segunda etapa durante la cual la planta se forma estructuralmente; en este período se forma el eje central que constituirá el fuste de valor. Por ello se deben efectuar podas de formación y de levante (incremento de la porción de fuste sin ramas) que permitan, al momento de su finalización, contar con un eje (fuste) sin ramas, defectos ni deformaciones. Esta etapa cobra gran importancia en el manejo, ya que sienta las bases para la calidad del producto final a obtener (forma, defectos).
- 3) **Definición del volumen:** en tercer lugar viene la etapa de engrosamiento del individuo, el que ya establecido como tal comienza a crecer en diámetro, centrándose en la “cantidad” de material a producir. Para efectos de producción de madera de alto valor, este período es de gran importancia, ya que se deben mantener incrementos diamétricos constantes en el tiempo (Figura 4). Esta característica marca una profunda diferencia con las técnicas de cultivo de las plantaciones industriales, en que se fija un diámetro objetivo final sin importar los anchos de los anillos, ni el ritmo de crecimiento. Lograr lo anterior no es fácil, y requiere de gran habilidad, conocimientos, técnica y destreza.



*Figura 4: Para producción de madera foliada (aquella de mayor valor), la industria exige que los anchos de los anillos de crecimiento sean lo más homogéneos posible, exigencia que tiene gran incidencia en los precios.*

La mantención de los incrementos diamétricos constantes en el tiempo puede ser logrado con un mayor input energético, a través de un mayor número de intervenciones (raleos) en plantaciones puras, o con un menor input energético a través del condicionamiento de la(s) especie(s) principal(es) por medio de la introducción de especie(s) acompañante(s) (Buresti y Mori, 1998). Para ello se deben seleccionar especies que puedan modificar la estructura y la arquitectura de la especie principal, el microclima y/o el terreno; en este sentido se trata de “usar” elementos de la naturaleza que ayuden a lograr el objetivo fijado.

En este caso puede ser necesario controlar la competencia entre la especie principal y la(s) secundaria(s) por medio de raleos, cuando se usan especies secundarias de mayor velocidad de crecimiento, lo que en determinados casos es útil para estimular el desarrollo longitudinal inicial y una arquitectura adecuada (*Op. cit.*).

### **Plantaciones Puras versus Plantaciones Mixtas**

Una técnica más sostenible y rentable que permite aumentar la biodiversidad y estabilidad de los sistemas es la utilización de asociaciones de especies forestales (plantaciones mixtas), orientadas a la obtención de madera de alto valor y a un aprovechamiento óptimo del recurso suelo.

Las plantaciones mixtas corresponden a modelos que asocian especies principales que generan productos de alto valor al final de la rotación (madera aserrable y foliable), posibles de ser comercializados en el mercado internacional, y especies secundarias o acompañantes que originan otros productos (postes, polines, frutos u otros), a obtener en el transcurso de la rotación. Pero estas especies secundarias favorecen sobretudo el crecimiento de la especie principal y mejoran su forma, lo que conduce a una mayor calidad del producto.

Las plantaciones mixtas, si se realizan adecuadamente, permiten diversificar la producción, disminuir los riesgos fitosanitarios, facilitar las intervenciones del cultivo (sobretudo las podas y limpiezas), mejorar la calidad de la madera, embellecer el paisaje y aumentar la productividad de la plantación (Buresti, 1994). Especialmente en el caso de la asociación de nogal común con especies fijadoras de nitrógeno se registran incrementos en diámetro y altura superiores en un 50-80% respecto a las plantaciones puras de la misma especie.

El módulo básico, sea éste simple o complejo, debe estar bien estructurado para permitir un crecimiento equilibrado de las plantas a lo largo de todo su desarrollo.

### **Disposiciones o Arreglos Espaciales**

Las plantaciones mixtas pueden realizarse con diferentes disposiciones o arreglos espaciales, los que se sintetizan a continuación:

**Plantaciones en grupo:** Constituidas por grupos puros (monoespecíficos), en los cuales el efecto de la asociación es más marcado en los márgenes de los mismos, y en forma limitada al centro de ellos. Su ventaja es que los esquemas de plantación son más simples y pueden adoptarse distanciamientos menores, de forma de poder garantizar una selección al interior de cada grupo. Además, este tipo se puede emplear en el caso que existan condiciones de sitio diferenciadas en el área.

**Plantaciones en hilera:** constituidas por hileras puras, en que cada hilera puede tener al lado hileras de la misma especie o de otras especies. Permite tener un mayor efecto lateral, garantizando la posibilidad de seleccionar los mejores individuos al interior de cada hilera. Cuando se usan especies de rotaciones distintas este esquema favorece las operaciones de cosecha (Figura 5).

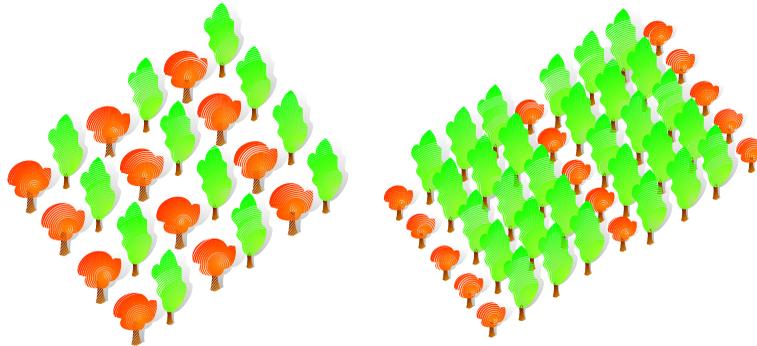


Figura 5: Ejemplos de plantaciones mixtas en hilera.

**Asociaciones a nivel de árbol individual (pie a pie):** cada planta puede estar rodeada de plantas de especies distintas según un esquema simétrico y repetitivo. Esta tipología exalta al máximo el efecto de la asociación, pero hace más difícil la selección de los mejores individuos. Si las especies tienen rotaciones distintas es muy importante estudiar el esquema de plantación, de modo de facilitar al máximo las operaciones de cosecha y extracción (Figura 6).

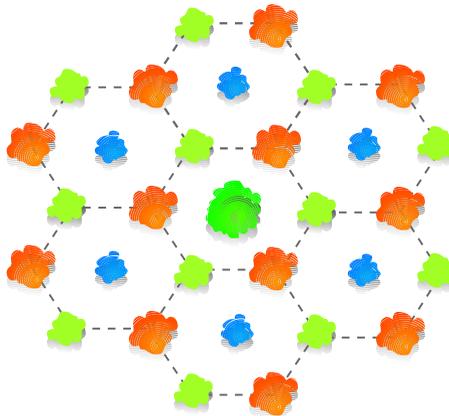
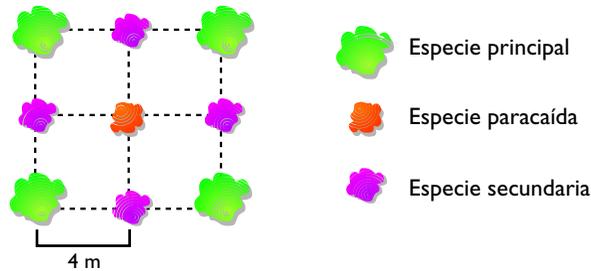


Figura 6: Ejemplo de un complejo esquema de asociación a nivel de árbol individual. Este esquema representa una unidad repetible sobre toda la superficie.

En sitios de cierto riesgo se puede considerar el uso de especies alternativas o “paracaídas”, que pueden reemplazar a la especie principal si ésta fracasa (Figura 7).



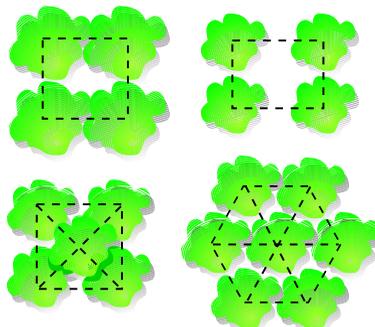
Fuente: Buresti y Mori, 1995

Figura 7: Módulo base de plantación mixta en situación de riesgo, en que se considera una especie principal, una especie secundaria y una especie “paracaídas”, que puede reemplazar a la especie principal original si es que esta llega a fracasar.

## Disposición de la Plantación

La disposición de la plantación corresponde a una referencia geométrica modular que una vez llevada al terreno permite distribuir las plantas y establecer relaciones específicas y determinadas entre sus diferentes componentes.

Una plantación puede realizarse en esquema cuadrado, en rectángulo, a tres bolillos (cuya base es un triángulo isósceles, y en la práctica se obtiene poniendo una planta al centro de un cuadrado), y en rombo con 7 plantas (Figura 8).



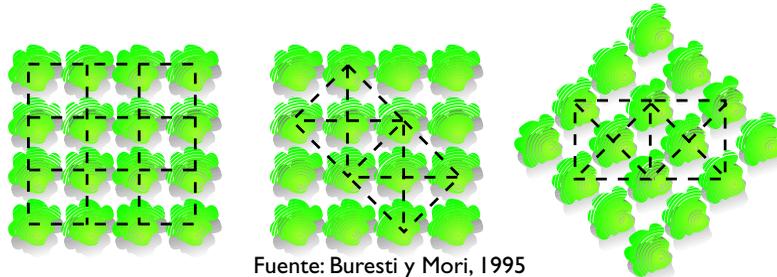
Fuente: Buresti y Mori, 1995

Figura 8: Cuando las copas de los árboles se juntan, es posible ver como las diferentes disposiciones de plantación conducen a una diferente utilización del espacio disponible.

La disposición cuadrada facilita la distribución de las plantas, la plantación misma y simplifica la remoción mecánica del suelo. Las plantas gozan de la misma iluminación, pero quedan significativas superficies inutilizadas.

La disposición rectangular tiene las mismas características pero se diferencia en que, al disminuir el distanciamiento de plantas sobre la fila se reduce la cantidad de plástico para el mulch así como de material para las instalaciones de riego. El porcentaje de terreno cubierto por las copas es el menor de todos los casos y la iluminación no es uniforme, lo que puede llevar a la formación de copas asimétricas, lo que podría causar irregularidades o curvaturas del tronco.

La disposición a tres bolillos, en general, tiene las mismas características que el cuadrado porque en realidad se trata de la misma figura geométrica que ha sufrido una rotación de  $45^\circ$ , aunque se presenta como más compleja (Figura 9).



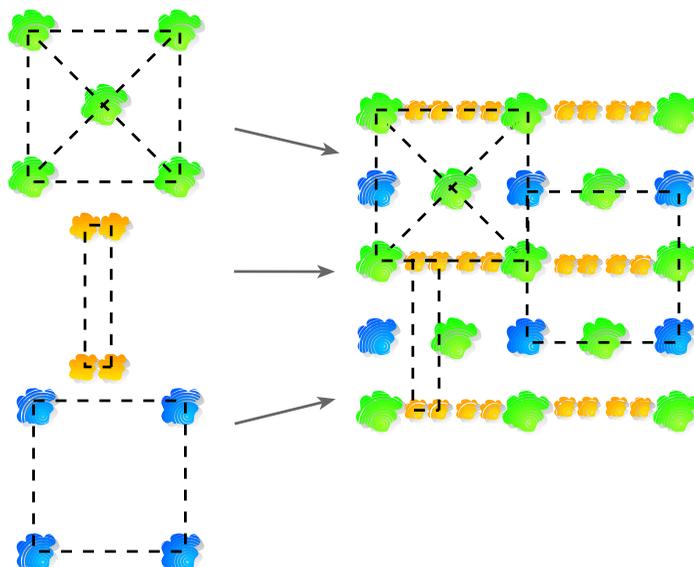
Fuente: Buresti y Mori, 1995

*Figura 9: En este ejemplo las plantas se disponen de la misma manera, y es posible apreciar que la disposición puede ser considerada cuadrada o a tres bolillos en función de una rotación de los ejes de referencia.*

El rombo con 7 plantas tiene la ventaja de establecer una distancia constante entre ellas y de maximizar la superficie cubierta por las copas. En una misma superficie y distancia entre las plantas cabe un 15,5% más de plantas respecto a la disposición cuadrada. Denci *et al.*, (1982) la definen como la más recomendable desde el punto de vista de la utilización del sitio y del condicionamiento que efectúa sobre la arquitectura de los árboles, aunque es menos práctica (la distribución de las plantas resulta más compleja).

Queda de manifiesto que la disposición que usa de mejor forma el espacio disponible es la última mencionada, mientras que aquellas que consideran disposiciones cuadradas o rectangulares presentan una baja utilización del terreno, además de una interacción entre los individuos poco conducente a la obtención de madera de calidad.

En la arboricultura existe la posibilidad de adoptar varias disposiciones contemporáneamente, obteniéndose una disposición compuesta (Figura 10), que normalmente se adopta en el caso de las plantaciones mixtas más complejas. Esta opción permite una mejor adaptación a las exigencias de la empresa/propietario.



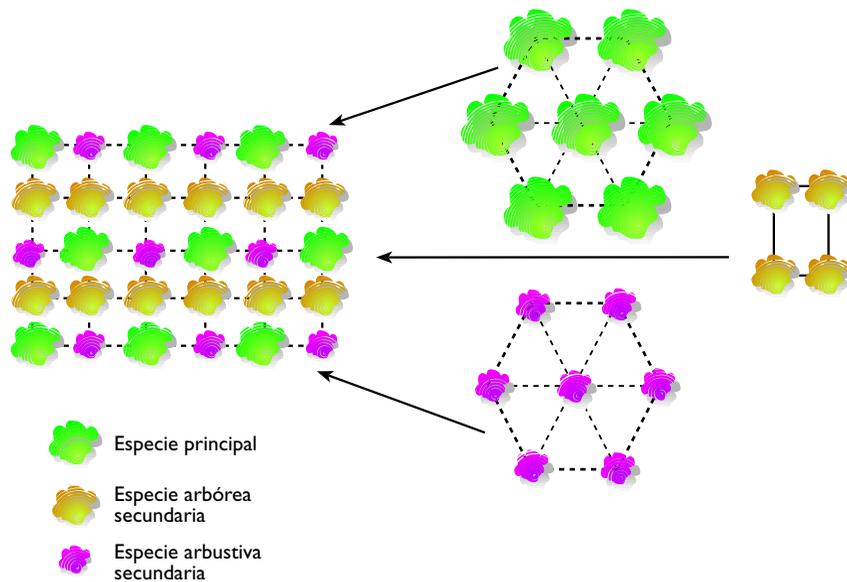
Fuente: Buresti y Mori, 1995

Figura 10: Ejemplo de disposición compuesta que incluye cuadrado, rectángulo y rombo con 5 plantas.

Los árboles son beneficiados por una protección lateral y crecen mejor en un ambiente “forestal” que aislados, a condición de que esta protección no cree una fuerte competencia ni una cubierta invasora. La compañía mejora la forma de los nogales y facilita la formación de un buen tronco (Buresti y Mori, 1995). Si se realizan plantaciones densas deberá efectuarse una serie de raleos cuando las copas empiecen a toparse. Por ello, en la fase de diseño, es importante evaluar la disposición del propietario de efectuar raleos repentinos, y si hubiese dudas al respecto se aconseja adoptar distancias de plantación mayores, aunque requieran de un mayor número de limpieas y otros cuidados, pero que reducen o eliminan la necesidad de ralear.

En casos de especies que no son fáciles de seleccionar en el vivero, como por ejemplo encino (*Quercus robur*), se ha probado un sistema de plantación de 2 plantas de la misma especie juntas (separadas por 30-50 cm), con el objetivo de poder elegir la planta mejor adaptada al sitio luego de haber probado directamente la rapidez de desarrollo y el hábito que presentan (Buresti y Mori, 1999). El esquema considera colocar de a dos, el mismo número de plantas de la especie principal a una distancia inicial de 3,5 m, en la posición que habrían tenido con un distanciamiento de 7 x 7 m. Así se liberan 204 hoyos/ha, en los que se colocan las plantas de la(s) especie(s) secundaria(s). Las 204 plantas adicionales son el único costo extra respecto a la plantación mixta con disposición cuadrada a 3,5 x 3,5 m; de esta forma se obtiene una plantación compuesta de 1.020 plantas/ha, de las cuales el 40% corresponde a encino y el 60% a la especie secundaria (Figura 11).





Fuente: Buresti y Mori, 1998

*Figura 12: Tres disposiciones diferentes se intersectan formando una disposición rectangular de fácil realización.*

Para obtener los resultados deseados se seleccionó una disposición para la especie arbustiva acompañante igual a la de la especie principal; en cambio la secundaria arbórea se dispone de forma rectangular, lo que permite colocarla en hileras alternadas respecto a las hileras en que se ubica la especie principal y la secundaria arbustiva.

Este complejo módulo puede ser resumido como la combinación de una especie principal, una secundaria arbórea y una secundaria arbustiva empleando dos disposiciones, que se intersectan o superponen de modo de permitir una distribución equilibrada de las plantas. Aunque este módulo parece complejo, su aplicación en terreno es fácil.

Si las especies seleccionadas son las correctas, en la primera fase el crecimiento de la especie principal será modificado por la especie arbórea secundaria. Una vez que haya desempeñado su función, y antes de entrar en competencia, ésta deberá ser raleada, generando un pequeño ingreso intermedio. Enseguida el rol de la arbustiva será mayor, reduciendo el impacto del raleo y protegiendo los fustes de la aparición de brotes epicórmicos.

Este módulo puede ser modificado según las características del sitio y las exigencias del propietario; también se pueden usar varias especies principales a la vez, incrementando la flexibilidad de la

plantación ante problemas biológicos o fluctuaciones de los mercados; el mismo criterio puede aplicarse a las especies secundarias.

## Densidad de Plantación

Mercurio (1993) clasifica las plantaciones en función de la densidad en:

- a) Módulos a densidad variable: las plantaciones se establecen con una densidad mayor a objeto de contener el desarrollo lateral de las ramas, de favorecer el crecimiento en altura y de obtener productos intermedios;
- b) Módulos a densidad definitiva: la densidad permanece constante durante toda la rotación, sus ventajas son la simplicidad del manejo y los costos inferiores respecto a aquellas de densidad variable.

La densidad de plantación varía según la especie, el objetivo productivo y la calidad del material genético.

## Cuidados Culturales

Para obtener madera de elevadas características tecnológicas, capaz de alcanzar mercados exigentes, es necesario efectuar cuidados culturales diferentes a los aplicados en el cultivo a nivel del rodal, como en el caso del álamo, pino o eucalipto.

La inversión realizada condicionará por 15-50 años el terreno, por lo que para obtener buenos resultados se debe asegurar una continuidad en la gestión de la plantación.

Los cuidados culturales se deben ejecutar en forma anual por alrededor de 10-15 años, pero con modalidades e intensidades diferentes según el tipo de plantación de que se trate.

## I. Podas

Las podas se justifican en las plantaciones de alto valor porque permiten (Mezzalira, 1989):

- Aumentar el valor de la madera obtenida;
- Aumentar la producción de madera utilizable (favorecen la rectitud del fuste y aumentan el largo utilizable de las trozas y su cilindricidad);
- Mejorar la solidez de los árboles, ya que se disminuyen las bifurcaciones presentes en las partes bajas de los fustes, que constituyen puntos débiles;
- Disminuir la densidad de la plantación; y
- Disminuir la duración de la rotación (plantando a menores densidades se aumenta en forma considerable el rendimiento de la plantación).

En el sector forestal no existe tradición sobre esta práctica cultural en el caso de las latifoliadas nobles, como nogal, cerezo, fresno y otras (Falcioni y Brunori, 1997). A los operadores y técnicos les falta preparación y a menudo están mal informados.

El objetivo de las podas es obtener madera de calidad, sin nudos, o trozas en que éstos se concentran al interior de un cilindro central de 8-10 cm. Las condiciones actuales de mercado requieren trozas de 220-250 cm de largo, el que al aumentar incrementa su valor en forma más que proporcional (Falcioni *et al.*, 1996), por lo que obtener trozas de 300-400 cm de largo es un resultado más que deseable. El diámetro debe ser de 30-35 cm, aunque también en este caso aumentándolo, el valor de la troza aumenta más que proporcionalmente. Para obtener trozas de estas características la poda es un instrumento indispensable desde los primeros años de la plantación, y resulta esencial para producir madera de buena calidad tecnológica.

El CBRP (1995) recomienda comenzar la poda de formación al segundo año, después de superada la crisis de trasplante. Se debe limitar a eliminar bifurcaciones, sustitución de ápices dañados y eliminación de ramas gruesas y vigorosas. En cada intervención no se debe eliminar más del 30-40% de las yemas del árbol, ya que podas muy severas pueden determinar la formación de fustes muy delgados que se pueden doblar o quebrar. Se aconseja realizarla sólo en aquellas plantas que serán seleccionadas para llegar a la cosecha.

Entre los criterios a tener presente para hacer la poda se encuentran los siguientes (Buresti, 1992b; Buresti, 1993<sup>a</sup>; Falcioni *et al.*, 1996):

- La poda debe ser moderada y no reducir drásticamente la superficie fotosintéticamente activa;
- La poda debe ser progresiva;
- Las herramientas de corte deben estar bien afiladas para obtener un corte neto y para evitar heridas o desgarros, y debe respetarse el anillo cicatricial localizado en la base de las ramas.
- La altura de poda no debe superar un tercio de la altura total de la planta;
- No se debe eliminar más del 25-30% de la superficie foliar anualmente;
- Las ramas deben ser eliminadas de manera de mantener una copa homogénea y equilibrada a lo largo del eje vertical.

Existen cuatro tipos de poda de formación de importancia: poda a modo de plumero, poda progresiva, poda estival y poda iterativa.

- a) **Poda a modo de plumero:** Conocida también como desyeme total o poda de varillas, es una técnica muy difundida en Italia, y corresponde a la típica poda utilizada para obtener una planta con objetivo múltiple (fruta y madera).

Consiste en la eliminación primaveral de las yemas que se han formado a lo largo del fuste, dejando exclusivamente la yema apical. Se aplica a partir del primer año; 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.

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 producen fustes sin nudos, cilíndricos pero débiles y sensibles al viento, sobretodo en el momento en que la copa comienza a adquirir dimensiones de cierta importancia, por lo que es indispensable la utilización de tutores para apoyar el fuste que aún no es capaz de sostener la parte aérea, y evitar su curvatura.

Este tipo de poda es una intervención drástica, que expone a la planta a una condición de estrés (Figura 13), y puede ser aplicada solamente cuando se cultiva una especie en un sitio óptimo y presenta crecimiento vigoroso (Figura 14) (Falcioni et al., 1996).



*Figura 13: Poda a modo de plumero efectuada en una plantación pura de nogal establecida en un sitio poco apropiado para la especie, dando origen a problemas significativos de manejo. Las amarras se han instalado para evitar la caída de los árboles por los problemas de estabilidad asociados a la arquitectura obtenida con dicha técnica.*

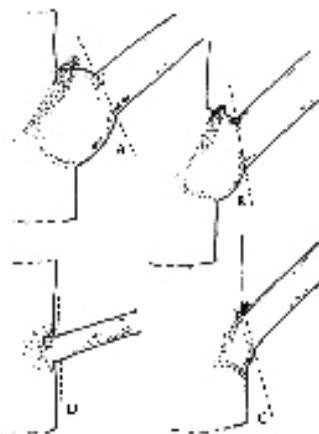


*Figura 14: Poda a modo de plumero efectuada en una plantación pura de nogal (6 años) establecida en un sitio apropiado para la especie. Obsérvese el uso de tutores largos y firmes (2 por árbol) para evitar la caída de los árboles por los problemas de estabilidad asociados a la arquitectura obtenida con dicha técnica.*

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

Este tipo de poda no causa un estrés elevado a la planta y da buenos resultados aún en sitios poco favorables. El objetivo de esta poda de formación es la obtención de una planta con un eje central único, ramas horizontales y distribuidas uniformemente.

Para ello se deben eliminar las ramas excesivamente vigorosas o de diámetros elevados (hasta 3 - 4 cm). Éstas deben ser cortadas a ras del tronco, pero sin dañar el anillo situado en el nivel de inserción de la rama, denominado anillo cicatricial (figura 15), que corresponde a un tejido pre cicatrizado que impide la entrada de patógenos y la decoloración de la madera. Es importante destacar que la rápida cicatrización es influenciada por el vigor del individuo.



*Figura 15: Anillos cicatriciales y ángulos de corte: una poda correcta de una rama viva se logra con un corte apegado al anillo cicatricial, pero sin dañarlo. No existe un ángulo definido para una poda correcta. Los cortes A, B, C, y D son todos correctos, y corresponden a la conformación de especies distintas (Shigo, 1997)*

Se deben cortar las ramas muy vigorosas y verticales en cualquier punto donde se encuentren, antes de que alcancen diámetros a la base de 3-4 cm.

- c) **Poda estival:** Se realiza en junio (hemisferio norte) o diciembre (hemisferio sur), con el fin de eliminar los brotes ubicados en la parte basal del fuste o bien los brotes que compiten con la flecha central y que se han desarrollado durante los primeros meses de la temporada, generalmente de gran vigor, y para reducir el vigor de ramas demasiado competitivas con el ápice.

- d) **Poda iterativa:** técnica desarrollada recientemente, que se ha mostrado muy interesante para nogal común (Buresti *et al.*, 2001). Nació de la observación de que el nogal puede asumir una estructura arquitectónica diferente según las condiciones de crecimiento. Esta especie generalmente tiende a replicar o iterar su estructura durante ciclos vegetativos sucesivos, y tal iteración puede ser parcialmente condicionada según la presencia o ausencia de las ramas que cubren el crecimiento apical del último año. La planta se puede comportar de manera diferente si en el invierno precedente se dejan o se sacan las ramas gruesas ubicadas en la flecha.

Cuando se dejan esas ramas la planta tiende a producir una flecha apical y pocas ramas sobre la sección del año anterior, de las cuales sólo una o dos cubren buena parte de su superficie; esas ramas, especialmente las que se insertan cerca del ápice del crecimiento del año anterior pueden alcanzar un diámetro de más de la mitad del diámetro del fuste en el mismo punto, lo que provoca un estrechamiento de la parte superior (*Op. cit.*). Al conjunto de ramas que rodean al ápice se le denomina “corona”.

Cuando esas ramas son eliminadas, el crecimiento del año se desarrolla libre de la “cobertura” de otras ramas, adoptando el aspecto de una poda a modo de plumero. En el crecimiento del año anterior en cambio se desarrollan ramas pequeñas que pueden crecer libremente al no estar “cubiertas” por otras ramas.

La poda iterativa tiende a replicar esta última situación: una flecha del año larga y sin cobertura, seguida por el crecimiento del año anterior con muchas ramas pequeñas (Figura 16).

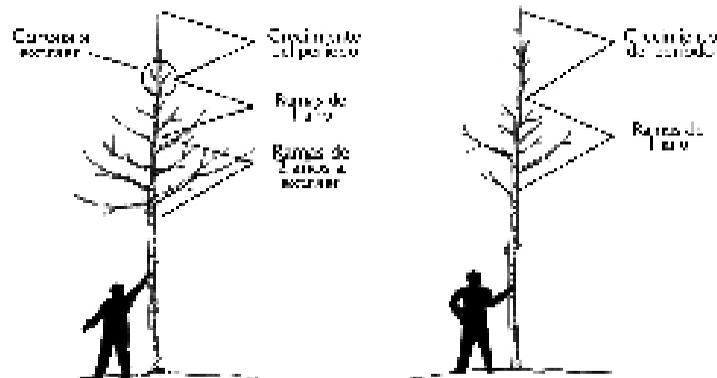


Figura 16: Árbol condicionado por medio de la poda iterativa antes y después de la intervención (efectuado en invierno solamente con fines didácticos)

Esta poda se ubica entre la poda a modo de plumero y la progresiva ya que, por una parte, se trata de obtener lo más rápidamente posible el largo deseado del fuste reduciendo al mínimo el cilindro

central nudoso y; por otra, se trata de condicionar la planta a desarrollar un elevado número de ramas pequeñas para incrementar la superficie fotosintetizante y consolidar el fuste. De esta forma la planta se desarrolla según una estructura determinada, como en la poda a modo de plumero, pero se reducen los riesgos de estrés y de inestabilidad mecánica. Con plantas vigorosas y adaptadas al sitio se puede obtener fustes largos como en la poda progresiva, pero en menos tiempo y con un cilindro central de dimensiones inferiores y cicatrices más pequeñas respecto a las que se presentan en la poda progresiva.

En comparación con la poda a modo de plumero, este tipo de poda permite tener una mayor superficie fotosintéticamente activa, y se pueden controlar las ramas con mayor facilidad. Esta poda ha sido probada con éxito en nogal común.

Con esta poda generalmente no se necesitan tutores, sino que a veces cañas para enderezar o guiar la flecha del año. Además es relativamente fácil de ejecutar, incluso en individuos vigorosos, y puede aprenderse en poco tiempo.

Posteriormente a las podas de formación se deben efectuar las podas de producción o de levante, que sirven para obtener madera con buenas características tecnológicas. Deben alcanzar una altura máxima de un tercio de la altura de la planta (Buresti, 1993a).

Cuando la planta ha alcanzado los 3-4 m de altura y estabilidad biológica, se inicia la poda de levante (Falcioni *et al.*, 1996), cuyo objetivo es alzar la altura de inserción de la copa en forma progresiva y gradual, liberando al tronco de las ramas antes que éste alcance un diámetro máximo de 8-10 cm, de modo de concentrar los nudos en la parte central del mismo (10-12 cm).

Observaciones realizadas sobre los brotes epicórmicos que aparecen a lo largo del fuste han evidenciado que su aparición está controlada por muchos factores (genéticos, vigor de los árboles, localización de los mismos y condiciones de exposición), los que a menudo actúan de forma sinérgica.

Pareciera que las aperturas de dosel provocadas por los raleos no son un factor que favorece en modo determinante la aparición de rebrotes, al menos en los casos de árboles con copas amplias, bien conformadas y equilibradas. En estos casos la emisión de brotes pareciera ser inducida por las drásticas podas que se realizan inmediatamente después de los raleos, lo que lleva a poner en duda de la conveniencia de ejecutar ambas labores en forma simultánea (Buresti *et al.*, 1998).

## 2. Raleos

La función de los raleos es reducir la competencia entre los árboles, estimular el crecimiento en diámetro

y el volumen de los individuos a obtener, lo que determina un mejoramiento productivo al final de la rotación. También aumentan la estabilidad física y biológica del sistema, se obtiene un producto maderero deseado, regulan la composición del rodal y crean condiciones favorables para el establecimiento de la regeneración (Piusi, 1994, citado por De Meo *et al.*, 1999). Cada intervención tendrá como objetivo una o más de estas funciones, según el objetivo con que se realiza.

El raleo de una plantación de arboricultura tiene por objetivo principal impedir que se establezca competencia entre los individuos (De Meo *et al.*, 1999). Considerando el objetivo económico de estas plantaciones, las otras funciones de los raleos tienen un rol secundario. Además, mientras que en un bosque se hace referencia a la dinámica evolutiva de la población, en arboricultura se considera la dinámica de cada planta en particular.

Es de vital importancia que las plantas tengan un crecimiento diametral anual constante en el tiempo, ya que sólo de este modo se obtendrá al final de la rotación una madera homogénea con las características tecnológicas que la hacen más apetecida por la industria (Buresti *et al.*, 1998). Por ello es necesario intervenir con raleos en forma repentina, antes que los individuos inicien un proceso de competencia, la que lleva a una reducción del crecimiento anual, lo que puede llevar a una depreciación de la madera, e incluso al fracaso completo de la plantación.

Debido a ello los raleos deben ser ejecutados de manera que los individuos remanentes tengan un espacio suficiente para mantener un ritmo de crecimiento constante en el tiempo, compatibilizando costos y beneficios.

El crecimiento diamétrico de un árbol puede clasificarse en cuatro fases:

- a) Establecimiento: incrementos diamétricos crecientes progresivamente;
- b) Fase de crecimiento intenso: incrementos crecientes en volumen y constantes en diámetro;
- c) Primera fase de crecimiento reducido: se inicia la reducción de los incrementos diamétricos;
- d) Segunda fase de crecimiento reducido: los incrementos se reducen fuertemente debido al envejecimiento fisiológico.

En las plantaciones de arboricultura la primera fase se reduce a muy pocos años debido a los inputs energéticos otorgados (riego, fertilización, etc.). En la segunda fase se concentra todo el ciclo productivo de la plantación, y se corta al comienzo de la tercera fase. En el caso de la silvicultura se cosecha al final de la tercera fase.

Durante la fase de crecimiento intenso es importante que no se modifiquen las condiciones de desarrollo, ya que ello determinaría variaciones en los ritmos de los incrementos, con la consiguiente depreciación de la madera (*Op. cit.*).

Si los raleos se ejecutan tarde, es decir, cuando ya se ha instaurado competencia entre los individuos, se habrán reducido los anchos de los anillos de crecimiento, lo que significa obtener un menor precio por la madera.

Además del distanciamiento de plantación, hay otros elementos que influyen en el momento en que hay que realizar el primer raleo, como los cuidados culturales, en particular el tipo de poda aplicado (esto porque diferentes técnicas tienen diferentes efectos en la arquitectura de las plantas y, por lo tanto, sobre el momento en que empieza la competencia entre ellas). También la distribución y el número de especies presentes en la plantación influyen en esta decisión.

Los sistemas de raleos se pueden agrupar en las siguientes categorías:

- a) Raleos geométricos (sistemáticos)
- b) Raleos selectivos
- c) Raleos mixtos (geométrico-selectivos).

En una plantación de arboricultura bien realizada y gestionada, los individuos son prácticamente homogéneos, situación en la que se debería realizar un raleo geométrico, el que tiene la ventaja de espaciar las plantas en forma regular, permitiendo a cada una desarrollar una copa equilibrada (Figura 17). Copas asimétricas pueden causar tensiones internas en la madera y determinar irregularidades en la sección del tronco. También se trata de una operación más barata, ya que no se requiere personal especializado, y se efectúa en menor tiempo. Una forma de evitar que empiece la competencia es monitorear el incremento diamétrico anualmente, y cuando disminuya dar la voz de alarma e iniciar el raleo (De Meo et al., 1996; Buresti et al., 1998).

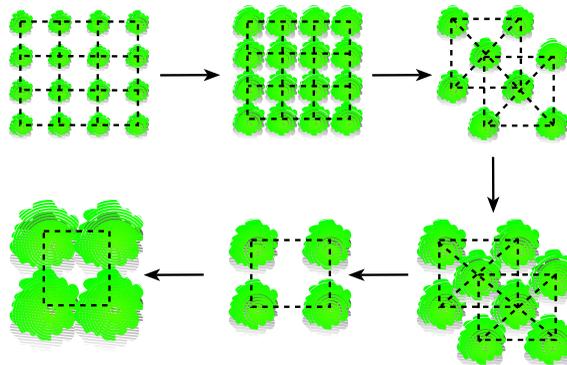


Figura 17: Ejemplo de un esquema de raleos en una plantación de arboricultura para producir maderas de alto valor.

No obstante lo anterior, frecuentemente se encuentran situaciones más o menos heterogéneas, debido a que:

- Ha iniciado la competencia;
- Los cuidados culturales aplicados no han sido correctos;
- Perturbaciones externas han dañado parte de las plantas;
- Las plantas empleadas no eran de buena calidad.

En estos casos la eliminación geométrica puede llevar a perder plantas de calidad, por lo que es recomendable efectuar un raleo selectivo a pesar de los mayores requerimientos técnico-económicos que conlleva. Para ello no es posible dar indicaciones de aplicación general, sino que se deberá evaluar cada situación en particular, recordando que las decisiones no tienen sólo efectos inmediatos, sino que condicionan en forma importante el futuro.

### 3. Protecciones individuales

Uno de los problemas más serios que se enfrentan es la presencia de fauna silvestre, que daña las plantas a través de mordidas y restriegue. Por ello es necesario aplicar técnicas de defensa que minimicen los daños, sobretodo si existe una tendencia marcada por establecer plantaciones a baja densidad, las que inducen un aumento de las poblaciones de fauna silvestre dañina y la desaparición de sus depredadores.

Se usan sistemas de protección total como cercos, o individuales, como la aplicación de productos repelentes o instalación de mallas o tubos alrededor del fuste.

Entre las protecciones individuales se encuentran los shelters, que son tubos de polipropileno que se instalan alrededor de las plantas; su forma varía según las empresas fabricantes. Existen tubos de sección cuadrada, circular, triangular y hexagonal, lo que no influye en su eficacia (Sestini, 1995). Los largos disponibles en el mercado varían desde 60 a 180 cm (60, 70, 120, 150, 180). El uso de una medida u otra depende de las necesidades de protección de las plantas (si hay pequeños roedores bastará con 60 cm, y en presencia de ciervos se requerirán 180 cm). En la parte inferior de algunos modelos se han practicado perforaciones para aumentar la circulación interna del aire (Buresti 1993a; Buresti y Sestini, 1994).

Existen tubos de color blanco, verde y café, que no implican diferencias en su eficacia. Se aconseja evaluar la luminosidad del sitio ya que estos tubos interceptan siempre una cierta cantidad de rayos que llegan directamente a la planta.

Después de 6 años de experimentación se demostró que los tubos blancos, seguidos por los café, sin perforaciones, son los que más estimulan los crecimientos en altura y diámetro del cuello.

En Inglaterra su duración media es de alrededor de 5 años, y en Italia bastante mayor, ya que son tratados contra las radiaciones UV para aumentar su vida útil. En todo caso deben dejarse instalados por más de 3 años.

Al instalarlos se debe cuidar de dejarlos fijos, en posición vertical, por medio de un tutor bien enterrado. En suelos muy arcillosos no se deben enterrar, para evitar que se acumule agua en su interior.

Además de la protección contra la fauna, los tubos presentan una serie de efectos colaterales, tales como un efecto positivo en el desarrollo inicial y resguardo contra la competencia de las malezas. La fácil individualización de las plantas en terreno facilita y acelera las limpiezas químicas en condiciones de mucha maleza (los herbicidas no las dañan), y a la vez reduce el impacto de golpes, evitando heridas en el fuste cuando se hacen limpiezas mecánicas (Figuras 18 y 19).



*Figura 18: Plantación mixta de nogal común asociado a cerezo común, manejada según los principios de arboricultura para producir madera de alto valor, en la que se usan protecciones individuales (shelters) contra el daño de fauna y de productos químicos.*



*Figura 19: Protección individual (shelter) elaborado con material de deshecho (botellas plásticas), empleada para proteger de la fauna y del efecto de productos químicos.*

El mayor crecimiento inicial pareciera deberse al microclima interno, donde se crea una especie de “efecto invernadero”, que se debe a mayor humedad, mayor temperatura, mayor concentración de CO<sup>2</sup>, protección del viento y reducción del movimiento (Sestini, 1995), lo que activaría la fotosíntesis.

Sin embargo, el hecho del incremento de temperatura en su interior podría resultar dañino en climas mediterráneos secos, aunque ello no ha sido reportado.

Una de las desventajas de los tubos es el factor estético, y también pueden constituir un elemento de contaminación, ya que después de algún tiempo se rompen.

Los tubos pueden ser utilizados en muchas especies, de hoja ancha (latifoliadas) y coníferas, mostrando muy buenos resultados con las especies de rápido crecimiento, que superan rápidamente la altura del tubo, pero también en especies de crecimiento lento, caso en que las protege de la competencia de malezas.

También se pueden usar para proteger la regeneración natural, y en siembra directa, para lo que se usan tubos pequeños (30-40 cm).

Para cerezo, encinos y fresno, altamente apetecibles por muchos animales, se hace indispensable el uso de protecciones (Buresti, 1992b; Buresti, 1993a).

Para evaluar si es conveniente adoptar protecciones colectivas (cercos) o individuales (tubos o shelters) se puede recurrir a una fórmula basada en el índice de superficie crítica (Sestini, 1995).

$$I = C_m \times P / N \times C_I$$

En que:

C <sub>m</sub>	:	costo del cerco (por metro lineal)
C <sub>I</sub>	:	costo de la protección individual, incluyendo instalación
P	:	largo del cerco
N	:	número de árboles a proteger.

Si el índice es superior a I la protección individual representa la solución más económica; de lo contrario, si es inferior a I, el cercado resulta más conveniente.

## 4. Fertilización

El efecto principal de la fertilización es aumentar el ritmo de crecimiento por un aumento del área foliar, de la eficiencia fotosintética, la variación de la distribución de la materia orgánica al interior de la planta y una mayor resistencia al estrés hídrico (Accademia, 1992).

Su duración en el tiempo varía según el elemento considerado. En particular el nitrógeno presenta efectos de corta duración, desde 1 hasta un máximo de 3-5 años, debido a la lixiviación y rápida degradación del elemento. El fósforo y el potasio en cambio presentan efectos de mayor duración, de hasta 50 años para el primero y 30 para el segundo, y su extracción por parte de la vegetación es muy inferior que el nitrógeno.

El aporte de fertilizaciones nitrogenadas en dosis elevadas puede determinar efectos colaterales negativos, tales como pérdida de calidad tecnológica de la madera (debido a los ritmos irregulares de crecimiento) y al aumento de la sensibilidad a determinados parásitos (*Op. cit.*); este último efecto se debe, al menos en parte, a las variaciones del contenido de elementos nutritivos de la biomasa leñosa y foliar, así como a la variación del tamaño de las yemas y de las hojas y de la duración del período vegetativo, como consecuencia de la fertilización.

Por lo anterior no es aconsejable, al menos en los sitios apropiados, fertilizar en los primeros años de la plantación para favorecer un rápido crecimiento inicial. Si se decide efectuarlas, deben ser equilibradas para evitar efectos no deseados.

En el caso de plantaciones adultas las fertilizaciones son efectivas, pero también existe el riesgo de disminuir la calidad del producto final a obtener (*Op. cit.*).

No obstante lo anterior Weber (1978) cit. por Accademia (1992) menciona que en plantaciones intensivas y rotaciones cortas y repetidas puede resultar indispensable el aporte de elementos minerales.

## 5. Mulching

La cobertura de film plástico se usa desde hace varias décadas en agricultura, floricultura y fruticultura, y en Francia se emplea desde hace unos 20 años en el sector forestal, donde se usó inicialmente en plantaciones en hilera.

En Italia se aplicó por primera vez en 1983; y desde hace poco se usa comúnmente, de la misma forma que en otros países europeos dentro de plantaciones de arboricultura y forestación de suelos agrícolas (Mezzalira, 1995).

Los resultados obtenidos de su aplicación muestran la superioridad de esta técnica sobre todas las demás, evaluado en función de la velocidad de desarrollo de las plantas y el menor costo final de las intervenciones.

En especies delicadas puede ser útil instalar un mulch de plástico negro de 100-120 cm de largo y 200

micrones de grosor para que pueda resistir a la intemperie por 3-4 años. Su efecto más significativo es la eliminación de malezas, de modo que no es necesario remover el suelo, actividad peligrosa por eventuales heridas al tronco. Además se verifica una reducción de la evaporación y una mejor conservación de la estructura del terreno. Sus inconvenientes radican en el costo y en la contaminación producida por el plástico (Buresti, 1993a).

Alzetta y Boschiero (1995) señalan que el mulch frena la aparición de malezas, mejora el balance hídrico del suelo, mantiene una buena estructura, favorece un buen desarrollo de las raíces y reduce los costos de replante.

En Italia se ha probado el uso de telas de EVA (Etil Vinil Acetato), las que se extienden sobre el terreno con una máquina, y la plantación se realiza con una pala plantadora que perfora el plástico (Figura 20), con resultados muy positivos, ya que las plantas se pueden instalar en cualquier período del año, aún durante el verano, y superan la sequía estival gracias a la humedad retenida por la tela. Como efecto negativo está la necesidad de retirar la tela una vez que ha cumplido su función, así como un impacto negativo sobre la estética del lugar.



*Figura 20: Las plantas en maceta se establecen con un procedimiento muy simple, usando un “bastón de trasplante” que en una sola operación corta el plástico, abre el hoyo y planta.*

El mulch individual biodegradable, a pesar de su costo elevado, parece funcional y apto para plantaciones donde es imposible instalar un mulch lineal.

Pini *et al.* (1999) reportan que el uso de mulch plástico mostró un efecto sobre las características estructurales del suelo equivalente a remociones mecanizadas anuales (Paris *et al.*, 1999); por esto su uso debería ser considerado como un tipo de manejo efectivo del suelo. Se ha observado que el mulch parece estimular la actividad biológica en el suelo subyacente, lo que generaría una mayor disponibilidad de nutrientes.

En los primeros años de la plantación reduce las pérdidas hídricas por evaporación, la aparición de especies competidoras y enriquece la materia orgánica (Accademia, 1992).

Cuando se emplean plantas a raíz desnuda se practica un corte en forma de cruz sobre el plástico ya extendido, por donde se realiza la plantación; después se arregla la tierra alrededor, se prensa, y se coloca por debajo un cuadrado del mismo material de unos 30 x 30 cm con un corte por el que se introduce la planta hasta su centro (Figura 21), quedando como un “babero” que permite la continuidad del mulch, evitando que las malezas aparezcan en el área de plantación; luego el plástico se fija con piedras o arena para evitar que se desplace (Mezzalira, 1995).



Fuente: Mezzalira, 1995

*Figura 21: Para reconstituir la continuidad del plástico e impedir que las malezas crezcan en el hoyo, se pone debajo del plástico un “babero” de plástico cuadrado de unos 30 cm por lado con un corte desde la mitad de un lado hasta su centro, el que después se fija con piedras o arena.*

Cuando se usan plantas en maceta es simple y rápido, ya que se plantan con una pala plantadora que a la vez corta el plástico, hace el hoyo y planta a la profundidad deseada. Recientemente se desarrolló una máquina “trasplanta mulch” que permite realizar las operaciones de extensión del plástico y trasplante al mismo tiempo, que trabaja con plantas con pan de tierra (Op. cit.).

En los primeros años es muy importante realizar los cuidados culturales recomendados, entre ellos la eliminación de las malezas que a pesar de todas las precauciones logran crecer.

La faja que queda entre las hileras de mulch debe ser controlada en forma química o mecánica. Al fin del segundo año, en general, la plantación está bien establecida (1,5-3,0 m de altura) y se puede eliminar el plástico (Mezzalira, 1995). También puede dejarse hasta que se deteriore, pues su efecto se prolongará en el tiempo.

Los efectos positivos que ejerce el mulch plástico dependen de varios fenómenos:

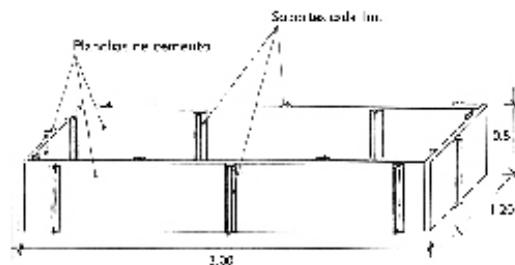
- Control total del desarrollo de malezas alrededor de las plantas;
- Reducción de la pérdida de agua por evaporación;
- Calentamiento de los estratos superficiales del terreno, lo que conlleva una mayor actividad microbiana, mayor crecimiento de las raíces y mineralización de la materia orgánica;
- Mantenimiento de la estructura que se proporcionó al terreno por medio de los laboreos realizados;
- Estimulación de las micorrizas.

Lo más importante es que el efecto positivo sobre el crecimiento no es temporal, sino que se mantiene por un largo período de tiempo.

El film plástico también puede ser empleado en cuadrados para servir de mulch individual, de 100-120 cm por lado, caso en el que se afirma manualmente a lo largo de su perímetro (Mezzalira, 1995).

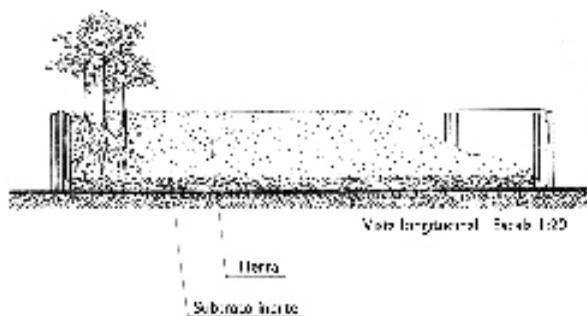
## 6. Producción de plantas en cajón

se trata de una técnica utilizada sobretodo en las especies con raíz pivotante, como nogal, y corresponde a una alternativa al uso de contenedores, pero de un costo muy inferior, por lo que se usa bastante (Figuras 22 a 24). Se cultivan las plantas en platabandas aéreas o enterradas, de dimensiones variables, puestas directamente sobre el suelo, en general con bloques de cemento de 25-30 cm de ancho, 4 cm de espesor y 2 m de largo (Buresti, 1993b; Faini, 1997). La estructura se rellena en el fondo con un sustrato de material inerte de 10-15 cm (residuos vegetales, arcilla, geotextil), sobre el cual se coloca un sustrato mullido (turba, arena, limo) de diferentes proporciones (Bernetti, 1991); Buresti (1992c) recomienda una capa de 3-4 cm de residuos de la elaboración de escobas (hojas y ramillas). El sustrato de material inerte impide a las raíces explorar hacia el terreno inferior, con lo cual el sistema radicular se ramifica y fortifica.



Fuente: Buresti y Mori, 1995

Figura 22: Estructura de cajón para producción de plantas de especies de raíz pivotante.



Fuente: Buresti y Mori, 1995

Figura 23: Sección longitudinal de cajón para producción de plantas de especies de raíz pivotante.



Figura 24: Cajón enterrado para producción de plantas de nogal.

Con este sistema se logra producir plantas de 50-100 cm de altura, robustas y con una buena relación parte aérea/radicular para obtener un establecimiento fácil y una rápida recuperación (Buresti, 1992a). Con esta técnica el aparato radicular producido es muy complejo, con una profundidad de 25-30 cm (equivalente a la profundidad del sustrato empleado), simplificando el trasplante.

Plantas de nogal, cerezo, fresno, arce, aliso, encinos, ciavardello, manzano, peral y olivo ornamental producidas con esta técnica presentan las siguientes características (Faini, 1997):

- Aparato radicular bien desarrollado y formado, tanto para el pivote como para las raíces secundarias, siendo estas numerosas y bien distribuidas;

- Fuste recto, sano y robusto, generalmente bien lignificado, sin ramas laterales y con la yema apical normalmente vigorosa;
- Numerosos nódulos fijadores de nitrógeno en los casos que corresponde.

Además, su uso presenta las siguientes ventajas:

- Mejora notablemente la calidad de las plantas;
- Se tiene mayor elasticidad en los períodos y en los modos de siembra y de extracción de plantas;
- Permite emplear los sustratos más idóneos para la producción de plantas;
- Permite contener o disminuir el desarrollo del pivote de algunas especies;
- Reduce notablemente el tiempo de dedicación para efectuar las limpiezas manuales;
- Reduce los tiempos de producción y, por ende, los costos;
- Es de fácil construcción.

Entre sus desventajas se citan las siguientes:

- Sus características estructurales no permiten mecanizar las operaciones (siembra, extracción de plantas);
- Es necesario intervenir en forma anual para mantener la estructura, así como reintegrar el sustrato.

## 7. Nivel de los cuellos de las plantas

El cuello de una planta corresponde al punto en que terminan las raíces y comienza el tallo o fuste, y se caracteriza por presentar un tejido más irregular y rugoso que el fuste, por una mayor conicidad (por lo que en la bibliografía, sobre todo norteamericana, se le cita como “campana” de la base), y por su sensibilidad fisiológica dentro de la planta.

Al momento de plantar se debe considerar que el cuello de la planta quede a ras del suelo (no cubierto) (Denci *et al.*, 1982). Esto es muy importante, pues si se cubre el cuello el desarrollo posterior de la planta puede atrasarse por varios años, a razón de un año por cada cm cubierto en el caso de algunas especies estudiadas, como nogal común (Loewe, 2001). Los cuellos cubiertos provocan la emisión de brotes adventicios, y un retardo significativo del crecimiento, así como un debilitamiento generalizado de la planta.

Este efecto ha sido observado en muchas especies latifoliadas (nogal común, nogal negro, castaño, fresno, cerezo común, cerezo americano, arce, roble americano, tulipero, etc.), incluyendo varias nativas (destacan por su sensibilidad el avellano (Figura 25) y el raulí).



*Figura 25: Aparición de brotes adventicios basales debido a que el cuello de este avellano fue enterrado al momento de la plantación, con una significativa pérdida del crecimiento*

Después de la plantación y una vez que el suelo se ha secado, es necesario recorrer la plantación para verificar que los árboles no se hayan enterrado mucho con la estabilización del terreno. Si este 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 (Sibbett *et al.*, 1980).

Se recomienda que contemporáneamente a la ejecución de la poda, e independientemente del periodo del año, se realice una inspección del nivel de los cuellos, y en caso de estar éstos tapados, descubrirlos. El efecto de la poda al hacer esta actividad será mejor y el logro de sus objetivos será alcanzado con anterioridad.

Cabe mencionar que si este problema está presente, su efecto es reversible, al menos durante los primeros 2-3 años (lo que también depende de la profundidad a la cuál han estado enterrados).

## ANTECEDENTES SOBRE ALGUNAS ESPECIES DE INTERÉS

### Nogal común

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 la 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. En Europa el desafío técnico fijado es producir madera clara de nogal en un período corto (25 a 35 años). Hay que considerar que en Chile los crecimientos promedio son superiores a los obtenidos en dicho continente.

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, aunque solamente en el largo plazo, debido a la mala calidad de una proporción significativa de las plantaciones establecidas (sobre el 70%).

ARF (s.f.) menciona que las dimensiones comercializables son de 40 cm de DAP para trozas aserrables y más de 50 cm de DAP para trozas foliables. Madera aserrada de 0,7-3,0 m de largo y 12-45 cm de ancho. Las ramas se usan hasta 12 cm de diámetro.

Asimismo, cita precios de madera aserrada de US\$ 930 a 2.480/m<sup>3</sup> según calidad; fustes enteros se transan a precios que oscilan entre US\$ 372 y 620/m<sup>3</sup> o más, para trozas de gran calidad. Al final de la rotación se prevé una producción de 0,9-1,2 m<sup>3</sup>/individuo.

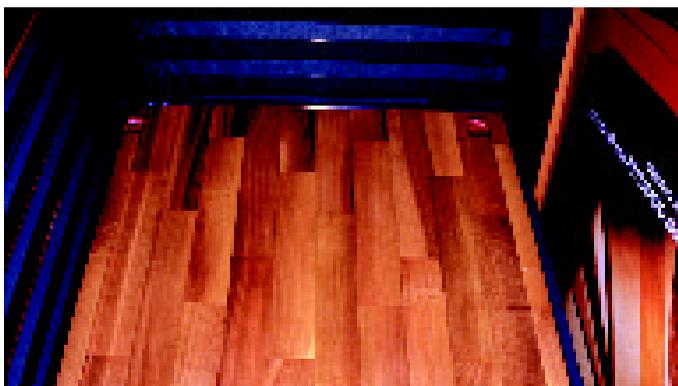
En Italia, el consumo total de madera alcanza a 40.000.000 de m<sup>3</sup> anuales, de los cuales sólo 8.000.000 m<sup>3</sup> son de producción nacional (Provincia di Bologna, 1994). El mercado de madera de nogal, aunque pequeño en relación con el consumo interno total, representa una elaboración artesanal e industrial de gran tradición y antigüedad. Un 75% de la madera de nogal se destina a muebles (Figura 26) y ornamentación de oficinas (Figura 27); luego siguen puertas de habitaciones, parquet (Figura 28), ebanistería y otros trabajos artesanales.



Figura 26: Cocina de nogal común.



*Figura 27: Mueble de oficina de gerencia elaborado con chapas de nogal común; obsérvese el efecto de la incorporación del veteado en el diseño.*



*Figura 28: Parquet de nogal común.*

Los valores de mercado son favorables, 2-3 veces más elevados que otras especies (cerezo, nogal negro, fresno, arce, encinos, otras), pero muy diferenciada según calidad.

La madera más valorada es aquella clara, ya que permite resaltar el veteado y una mejor tinción, y no debe presentar defectos. Las dimensiones mínimas deben ser 3 m de largo, con diámetros mínimos superiores mayores a 35-40 cm para madera foliada; y de 2-3 m de largo y 25-35 cm de diámetro para madera aserrada. Con mayores dimensiones se obtienen valores más elevados (Provincia de Bologna, 1994).

En Italia la madera se transa entre US\$ 310 y 2.356/m<sup>3</sup> según la calidad. Para fustes foliados se puede llegar a US\$ 3.100-3.720, y para chapas de más de 1 mm de espesor a precios de US\$

1,86-3,10/m<sup>2</sup>. La madera de ramas de 20-25 cm de diámetro se destina a artesanías y alcanza valores de US\$ 124 a 310/metro ruma (*Op cit.*, 1994).

Buresti *et al.* (1996) reportan precios de venta en pie de hasta US\$ 1.182 por árboles de buena calidad, obtenidos de raleos intermedios.

El precio de 1 m<sup>3</sup> aserrado y acondicionado fluctúa, según calidad, entre US\$ 930 y 2,480 (Guglini, 1988).

También se indican precios que varían entre US\$ 713 y 1.426/m<sup>3</sup> en pie en Belluno; de US\$ 1.426 a 1.902/m<sup>3</sup> para madera aserrada en Bolonia; de US\$ 1.902 a 2.853/m<sup>3</sup> para madera seleccionada, aserrada, estabilizada y secada en Milán; de US\$ 1.664 a 2.378/m<sup>3</sup> para madera en troza en Turín; y de US\$ 760 a 1.236/m<sup>3</sup> para madera aserrada sin pulir en Udine, todos valores sin IVA (Anónimo, 2000).

ETSAF (s.f.b) indica precios de US\$ 1.240 a 2.480/m<sup>3</sup> para madera aserrada estabilizada seleccionada, sin IVA; de US\$ 434 a 558/m<sup>3</sup> para madera aserrada corta (hasta 1 m de largo) y desecho; y de US\$ 310 a 620/m<sup>3</sup> para trozas aserrables.

Vieceli (1989) informa precios superiores a los US\$ 1.240/m<sup>3</sup> para madera aserrada de calidad.

En el Cuadro I se señalan precios de venta recientes de madera aserrada, principalmente de dos empresas italianas.

**Cuadro I**  
Precios de venta en Italia de madera de nogal (2001)

Empresa	Característica	Precio/unidad (US\$/m <sup>3</sup> )
<b>Walnut</b>	Precio de venta a mayorista calidad baja (árbol muerto en pie)	551,7
	Precio de venta de mayorista a artesano calidad baja (árbol muerto en pie)	1.379,3
	Precio de venta chapas	1,8 - 2,7
<b>Corà</b>	1° calidad (a) 2,2 m y más	2.068,9
	(b) 2,2 m y más	1.839,1
	2° calidad 1,5 m y más de largo	1.517,2
	3° calidad	1.011,5
	4° calidad	459,8
	5° calidad	436,8

Las actuales tendencias del mercado de la industria del mueble van hacia un mayor abastecimiento de madera de calidad, por lo que a futuro será oportuno el fomento de plantaciones especializadas (Provincia di Bologna, 1994).

Los altos precios que presenta la madera de la especie generan demanda por maderas sustitutas, que son más económicas que nogal pero con características similares. Un estudio realizado en Italia por Novelli y Cannata (2000 cit. por Loewe y González, 2001) demostraron que alrededor de un 70% de las empresas muestreadas declararon tener demanda por sustitutos de nogal. Las especies más usadas con estos fines son: tanganika (*Aningeria robusta*; *A. superba*; *A. altissima*), tulipero (*Liriodendron tulipifera*), y otras latifoliadas con maderas claras fácilmente teñibles. Otros sustitutos mencionados son liquidambar (*Liquidambar styraciflua*), aliso (*Alnus spp.*), framiré (*Terminalia ivorensis*), fraké (*Terminalia superba*), bahia (*Mitragyne cilicita* y *M. macrophylla*) y canaleta (*Cordia spp.*).

### Cerezo común

La demanda por madera de cerezo, al igual que por otras latifoliadas, depende en alguna medida de las tendencias de consumo o modas y de las fluctuaciones del mercado. Sin embargo, desde la Primera Guerra Mundial, se ha constatado que la demanda por esta decorativa madera ha superado la oferta, y además existe baja disponibilidad (sólo pequeñas cantidades de dimensiones menores), por lo que es poco probable que se produzca una sobreoferta de piezas sin defectos en el corto o mediano plazo.

La creciente demanda por su madera permite un mayor empleo de la especie, aunque sus requerimientos ecológicos impiden su cultivo en superficies extensas.

ARF (s.f.) cita precios de US\$ 496-620/m<sup>3</sup>, con 1,2 m<sup>3</sup>/planta (200 árboles finales). Se pueden comercializar fustes con diámetros superiores a 30-40 cm, y madera aserrada con largos de 1,8-3,5 y anchos de 12-45 cm (Figura 29). Gambi (1968) la menciona como una madera óptima para muebles, lo que explica su valor.



Figura 29: Madera aserrada de cerezo común de calidad.

Sus precios varían entre US\$ 380 y 570/m<sup>3</sup> en trozas puesto orilla de camino en Turín; y de US\$ 500 a 560/m<sup>3</sup> para madera aserrada en Trieste, ambos sin IVA (Anónimo, 2000). ETSAF (s.f.a) indica precios de US\$ 380 a 618/m<sup>3</sup> para madera aserrada estabilizada, sin IVA, intermediario, y de US\$ 109 a 133/m<sup>3</sup> para trozas aserrables.

Vieceli (1989) menciona que antiguamente el cerezo era empleado casi exclusivamente para muebles de cocina porque la baja porosidad de su madera la hace impermeable a los líquidos, y por lo tanto no se mancha (Figura 30). El precio para madera aserrada de primera calidad, de 70 mm de espesor en ese período se valoraba en US\$527-558/m<sup>3</sup>.

En Italia en los últimos años el precio de la madera de cerezo ha alcanzado valores cercanos a los de nogal debido a la existencia de un período de gran moda de la especie, impulsado principalmente por arquitectos y diseñadores de interior, lo que se ve reflejado en el Cuadro 2.



*Figura 30: Cocina de cerezo común.*

**Cuadro 2**  
Precios de venta en Italia de madera de cerezo común

Producto	Calidad	Precio US\$/m <sup>3</sup>	Fecha
Trozas	Para foliado	870,4 – 916,3	2002
Trozas	Para carpintería	75,1 – 183,3	2002
Madera aserrada		1.130 - 1.260	1997
Madera aserrada	Vaporizada y seca	384,7	1999
Madera aserrada	Depende de las calidades	291,8 – 680,8	2000
Madera aserrada	Depende de las calidades	367,8 – 689,6	2001
Madera aserrada	Depende de las calidades	450,6 - 496,6	2001
Madera aserrada		367,8 – 390,8	2001
Madera aserrada	Depende de las calidades	367,8 - 689,8	2001
Madera aserrada	Depende de las calidades	450,6 - 496,6	2001
Madera aserrada	Madera para carpintería	426,1 - 659,7	2002
Madera aserrada	Madera para parquet	1.282,8 - 1.328,6	2002

Fuente: FIA-INFOR, 2001

Los altos precios que presenta la madera de cerezo generan demanda por maderas sustitutas, que son más económicas pero con características similares. Debido a esto es que se ha recurrido a especies como cerezo americano (*Prunus serotina*) de EEUU, coigüe (*Nothofagus dombeyi*) y lenga o cerezo de Magallanes (*Nothofagus pumilio*) de Chile y kauri (*Agathis australis*, perteneciente a la familia *Araucariaceae*, originaria de Nueva Zelanda).

## Castaño

El castaño es una especie de gran valor, por la multiplicidad de propósitos que ofrece su cultivo. Del castaño no sólo se obtiene madera de alta calidad (Figura 31), sino que también es posible producir frutos y criar ganado al mismo tiempo. Su cultivo como árbol frutal y maderable se ha difundido en Italia, Alemania, España, Portugal y Grecia.



*Figura 31: Madera aserrada de castaño de alto valor.*

Por otra parte, la corteza de castaño se emplea para la preparación de extractos tánicos usados en curtiembre, y el duramen contiene entre un 10-12% de taninos, constituyendo su extracción la industria tánica más importante de Europa.

El atractivo principal del castaño lo constituye su utilización como cultivo fruto forestal, mediante el cual es posible producir frutos durante varias temporadas y además obtener madera de alta calidad al final de la rotación. Se estima que con una densidad de plantación de 500 ó 650 plantas por hectárea, se logra un buen desarrollo del árbol, lo que permitiría aprovechar el primer trozo como madera, destinando la copa a la producción de frutos.

La madera de castaño se emplea en la fabricación de marcos de ventanas, puertas y diversos productos de carpintería. Es común su uso en tonelería y en general para todo tipo de construcciones, incluyendo la naval. Se usa en ebanistería y es una de las maderas que más se consume en la industria del parquet.

En Norteamérica la madera de castaño se utiliza para hacer postes, durmientes ferroviarios y para la elaboración de tejuelas y muebles. En muchos países, incluyendo Chile, se procesan trozas de castaño de grandes diámetros para la elaboración de chapas y sofisticados productos enchapados, de las cuales se obtiene un alto rendimiento.

Por su parte los frutos del castaño son apreciados en el mundo entero, pues constituyen un alimento rico en sustancias grasas y almidones. La composición de estos frutos es altamente valorado en repostería y confitería fina, industria en la que han sido empleados por largo tiempo.

Sus precios varían entre US\$ 570 y 856/m<sup>3</sup> para madera aserrada en Bolonia; de US\$ 375/m<sup>3</sup> para tablones en Nápoles; y de US\$ 5,23 a 8,08/quintal<sup>3</sup> en troza puesto a orilla de camino en Turín, todos sin IVA (Anónimo, 2000).

3) Un quintal equivale a 100 kg y corresponde a una medida de peso usada para comercializar maderas nobles de calidad inferior o para maderas sin elaborar.

**Cuadro 3**

Precios de venta de madera de castaño comercializadas por la empresa CORA (Italia)

Calidad y tipo de madera	Precio en US\$/m <sup>3</sup>
De Rusia, sin dimensionar 1° calidad	873,6
De Rusia, dimensionado 1° calidad	896,5
De Rusia 2° calidad	551,7
De Francia sin dimensionar 1° calidad	666,6
De Francia calidad monte sin dimensionar	551,7 – 643,7

**Fresno**

La madera de fresno es de un tono cremoso pálido, distinguiéndose la albura de color blanco-rosa, del duramen de color café-rojizo claro con reflejos perlados. Es de fácil elaboración, flexible y muy aromática. Es una madera más bien pesada, se le clasifica como semidura a dura, su textura es gruesa y su resistencia mecánica es excelente. Su madera es tenaz, muy elástica, trabajable, apreciada para muebles, chapas decorativas y artículos deportivos (ENTE, 1990).

Presenta una durabilidad natural media a mala frente al ataque de hongos, pero su resistencia a los insectos es superior. Es una madera con un contenido de humedad muy bajo (30-35%), incluso cuando está verde. Presenta cierta tendencia a la deformación y al fisurado cuando es sometida a secado.

Sus precios varían entre US\$ 570 y 665/m<sup>3</sup> para madera aserrada en Belluno; de US\$ 760 a 951/m<sup>3</sup> para madera aserrada en Bolonia; de US\$ 618 a 713/m<sup>3</sup> para madera aserrada en Milán; de US\$ 5,23 a 8,08/quintal para madera en trozas puestas a orilla de camino en Turín; de US\$ 332 a 451/m<sup>3</sup> para madera en trozas de calidad media en Turín; de US\$ 475 y 570/m<sup>3</sup> para fresno francés para madera aserrada calidad I y II puesto Turín; y de entre US\$ 508 y 518/m<sup>3</sup> para madera aserrada en Trieste, todos sin IVA (Anónimo, 2000).

ETSAF (s.f.a) indica precios de US\$ 403 a 527/m<sup>3</sup> para madera aserrada estabilizada, sin IVA, intermediario, y de US\$ 136 a 155/m<sup>3</sup> para trozas aserrables. Vieceli (1989) informa precios de 527 a 589 US\$/m<sup>3</sup> para madera aserrada.

## Arce

Su madera es fácil de trabajar, demandada para muebles por su veteado hermoso, y además se usa para trabajos en el torno, incisiones, fabricación de violines (cajas) y accesorios domésticos, además de ser un excelente combustible (ENTE, 1990).

Comercialmente se requieren trozas de más de 25-30 cm de diámetro y 2-3 m de largo, o más, para madera aserrada; y de más de 35 cm de diámetro por 1-3 m de largo para chapas decorativas (foliadas). Buresti *et al.* (s.f.) cita precios para la especie que van desde US\$ 322-403/m<sup>3</sup> sin IVA para tablas dimensionadas hasta US\$ 136 a 155/m<sup>3</sup> para trozas aserrables.

ARF (s.f.) indica dimensiones comercializables de fustes de 40-50 cm de diámetro, y madera aserrada de 1,5-4,5 m de largo por 12-40 cm de ancho. Respecto a los precios, para madera aserrada se puede obtener US\$ 496-620/m<sup>3</sup>. Un fuste se valora en alrededor de US\$ 186 la unidad en pie, y produce alrededor de 1 m<sup>3</sup> por individuo al final de la rotación, que es de aproximadamente 50 años en Europa. Las “raíces”<sup>4</sup> alcanzan precios bastante mayores.

Otra publicación indica precios que varían entre US\$ 475 y 856/m<sup>3</sup> para madera aserrada calidad I y II en Bolonia; de US\$ 333 a 428/m<sup>3</sup> para madera aserrada calidad I y II en Turín; de US\$ 452 a 475/m<sup>3</sup> para madera aserrada calidad I y II en Udine, todos sin IVA (Anónimo, 2000).

ETSAF (s.f.a) publica precios de US\$ 322 a 403/m<sup>3</sup> para madera aserrada estabilizada, sin IVA, intermediario, y de US\$ 136 a 155/m<sup>3</sup> para trozas aserrables. Vieceli (1989) informa valores de US\$ 403 a 465/m<sup>3</sup> para madera aserrada.

## Aliso italiano y negro

Los precios varían entre US\$ 214 y 285/m<sup>3</sup> para madera aserrada calidad I y II, sin IVA, en Turín (Anónimo, 2000).

## Otras menores

Entre éstas se mencionan al olmo, al tilo y a los robles o encinos.

El olmo es un gran árbol de crecimiento rápido, que difícilmente forma bosques puros. Su madera se utiliza para barcos, puentes, madera aserrada, carpintería, y también para muebles y tableros. Es cotizada en US\$ 310 a 372/m<sup>3</sup> (ARF, s.f.). Gambi (1968) la menciona como una madera óptima para muebles.

---

4) Formación redondeada que se forma en la base de algunos árboles que se folia y alcanza valores unitarios elevados (hasta US\$ 5.000 la unidad de nogal), en función del tamaño, presencia de corteza incluida y otras características.

Sus precios varían entre US\$ 570 y 903/m<sup>3</sup> para madera aserrada calidad I y II en Bolonia; de US\$ 5,23 a 8,08/quintal de madera en troza en Turín, ambos sin IVA (Anónimo, 2000).

El tilo es una especie intolerante y su crecimiento puede ser rápido siempre que reciba suficiente luz; es una especie muy exigente, evita los terrenos muy ácidos. Su fuste generalmente es recto. La madera es blanda, de textura fina y se trabaja fácilmente, también en el torno, por lo que se usa para elaborar cajas de pianos. ARF (s.f.) considera que existe un buen mercado para fustes no excesivamente gruesos.

Su precio varía entre US\$ 347 y 475/m<sup>3</sup> para madera aserrada calidad media, sin IVA, en Turín (Anónimo, 2000).

En el caso de los encinos, las dos especies principales son la farnia (*Quercus robur*) y la rovere (*Quercus petraea*), que crecen en terrenos profundos, frescos y fértiles. Son especies longevas y muy productivas. Su madera es muy apreciada, sobretodo para la fabricación de muebles; su precio oscila entre US\$ 309 y 713/m<sup>3</sup>.

Para la rovere, los precios varían entre US\$ 618 y 760/m<sup>3</sup> para madera aserrada calidad I y II en Belluno; de US\$ 713 a 1.093/m<sup>3</sup> para madera aserrada calidad I y II en Bolonia, procedente de Eslovenia; de US\$ 499 a 546/m<sup>3</sup> para madera aserrada en Ferrara; de US\$ 832 a 879/m<sup>3</sup> para madera aserrada en Ferrara, procedente de Eslovenia; de US\$ 760 a 951/m<sup>3</sup> para madera aserrada de calidad en Milán; entre US\$ 380 a 451/m<sup>3</sup> para madera aserrada calidad media en Turín; entre US\$ 689 y 856/m<sup>3</sup> para madera aserrada calidad I y II en Turín, de procedencia Francia; entre US\$ 856 y 998/m<sup>3</sup> para madera aserrada calidad I y II en Turín, de procedencia Eslovenia; entre US\$ 722 y 794/m<sup>3</sup> para madera aserrada calidad I y II en Trieste, de procedencia Eslovenia; entre US\$ 808 y 903/m<sup>3</sup> para madera aserrada calidad I y II en Udine de procedencia Eslovenia; y de entre US\$ 380 y 428/m<sup>3</sup> para madera aserrada calidad III en Udine de procedencia Eslovenia; estos valores no incluyen IVA (Anónimo, 2000).

Para la farnia, ETSAF (s.f.a) indica precios de US\$ 496 a 744/m<sup>3</sup> para madera aserrada estabilizada, sin IVA, intermediario, y de US\$ 155 a 186/m<sup>3</sup> para trozas aserrables.

Adicionalmente a las especies mencionadas, existe una lista numerosa de otras que presentan un potencial interesante. Algunas de ellas corresponden a nogal negro, cerezo americano, tulipero, liquidambar, grevillea, peral, avellano chileno, aliso rojo y ciavardello.

# APLICABILIDAD DE LA ARBORICULTURA EN CHILE

La arboricultura para producir maderas valiosas, dentro de la cual se encuentran las plantaciones mixtas, corresponde a una tecnología incorporada en Europa a nivel social y cultural (es conocida y aplicada por gran parte de la sociedad agrícola), reglamentario (existen subsidios cuantiosos vigentes), de I&D (importantes recursos se están destinando a investigar diferentes temáticas del rubro), y de mercado (una mayor coordinación se está produciendo entre productores, especialistas e industriales, a fin de promover mayores beneficios para todos los actores involucrados).

Respecto a la posibilidad de incorporar en Chile las tecnologías aplicadas en Europa, se ha detectado gran interés por parte del sector privado, especialmente de agricultores que no encuentran alternativas o soluciones para su situación crítica. Algunos de ellos han realizado plantaciones a iniciativa propia, algunos en terrenos agrícolas con riego tecnificado, y otros las están programando.

Por otra parte, existe mucho interés por parte de agricultores en vender o elaborar en Chile parte de la madera que se obtiene como producto secundario de los huertos antiguos de nogal que se están arrancando, quienes lo indican como un hito que favorecerá el desarrollo de esta innovación en el país. En todo caso se debe tener presente que madera de estas características presenta precios bajos, que fluctúan entre US\$ 150-300/m<sup>3</sup>, comparados con la madera que puede obtenerse de plantaciones especializadas (US\$ 300-2.000/m<sup>3</sup>).

Entre los procesos necesarios para su adaptación a la realidad nacional están los siguientes:

- Desarrollo de investigaciones que apunten a adaptar tecnologías específicas anexas a la arboricultura (mulching, shelters o protecciones individuales, determinación de asociaciones de especies eficaces desde el punto de vista productivo y ambiental, entre otras).
- Continuación de las mediciones de la red de ensayos instalados, a partir de las cuales se podrá obtener información importante para el desarrollo de la actividad en Chile.
- Desarrollo de nuevos programas de I&D que apunten a identificar nuevas opciones productivas, y a profundizar aquellas ya identificadas.
- Desarrollo de una forma de trabajo mancomunada entre productores, investigadores e industriales, a fin de producir la madera de valor requerida por el mercado, y de darle salida a productos secundarios que se originan durante el ciclo productivo.
- Formación y capacitación de profesionales, tanto ingenieros forestales como agrónomos, y técnicos, que puedan aplicar a escala productiva los avances logrados.

Respecto a las zonas potenciales, éstas se han identificado para más de 15 especies de alto valor, desde la IV hasta la X Región. Estas especies pueden ser elegidas en función de las preferencias del propietario, del modelo productivo seleccionado (puro o mixto), de la capacidad de gestión del

propietario, de su cultura, de la economía local (por ejemplo, debido a posibles mercados locales para productos derivados de la especie secundaria), y del capital de que se dispone.

Sobre los apoyos técnicos y financieros necesarios para hacer posible su incorporación a gran escala en Chile se encuentran:

- Asignación de recursos para el desarrollo de programas de I&D de corto, mediano y largo plazo.
- Ampliación del reglamento asociado al DL 701 vigente, en su apartado referente a diversificación, en el sentido que deben incluirse todas las especies que pueden producir maderas nobles y finas, tanto exóticas como nativas, y mantener los beneficios que éste considera para todo tipo de propietario y terreno.

Aspectos y vacíos tecnológicos que quedan por abordar son muchos. Si se hace una analogía con el cultivo del pino radiata, la situación es similar a la de los años sesenta, es decir, se está en los inicios, por lo que muchos estudios y prácticas se deberán desarrollar con el objetivo de lograr un desarrollo de alto nivel.

Sin embargo, lo anterior no significa que con los antecedentes con que se cuenta actualmente no se pueda empezar una actividad innovadora a escala operativa; esto es factible, pero no será posible comparar los resultados con aquellos de actividades industriales consolidadas por más de 40 años.

Entre los principales vacíos por abordar en Chile se encuentran:

- Desarrollo de trabajo en colaboración entre todos los miembros de la cadena de valor, siguiendo el ejemplo del modelo desarrollado en Italia.
- Tecnología de la madera y su relación con las técnicas de cultivo.
- Adaptación de las técnicas de cultivo inherentes a la arboricultura, en función de las características nacionales.
- Técnicas adecuadas de producción de plantas de calidad, en la cantidad requerida.
- Incorporación de nuevas tecnologías vigentes en Europa, destinadas al establecimiento, poda y otras anexas.
- Desarrollo de plantaciones mixtas.

## CONCLUSIONES

- La producción de madera de calidad no es una actividad productiva fácil, pero de gran atractivo; uno de ellos, aparte de los precios, es la posibilidad de comercialización de volúmenes pequeños, desde 25 m<sup>3</sup> (un container);

- Existe la oportunidad de reincorporar al árbol en forma significativa en las áreas agrícolas de colinas, lomajes y valles, para constituir sistemas agroambientales, es decir, que no se oponen a la agricultura, sino que más bien se aventajan de ella.
- La producción de maderas valiosas en Europa corresponde a una estrategia que sigue siendo prioritaria, y los avances en la I&D actualmente en curso, impulsada con el apoyo de cuantiosos recursos monetarios, a futuro permitirán que se concrete como uno de los actores más importantes a escala mundial. No obstante lo anterior, Chile tiene perspectivas interesantes para implementar dichas técnicas debido a los siguientes factores:
  - Características edafoclimáticas favorables, que se traducen en mayores crecimientos;
  - Menor costo de mano de obra;
  - Seriedad y calidad con que se enfrentan los desafíos productivos;
  - Ganancia de tiempo derivada de los resultados de las investigaciones realizadas en Europa, cuyos resultados son públicos y permiten partir con cierta ventaja en algunos temas específicos;
  - Crisis sostenida del sector agrícola, el que requiere urgentemente de nuevas alternativas productivas.
- Existen grandes desafíos en esta área, entre los que se encuentra la realización de programas de I&D que permitan en forma apropiada e integral desarrollar estos temas; la capacitación de profesionales en áreas técnicas recientes para Chile; y una mayor coordinación y retroalimentación con los organismos estatales encargados de los subsidios a la forestación.
- Para avanzar en esta línea de trabajo es necesario potenciar la investigación, divulgar los resultados obtenidos, especializar profesionales y técnicos, aplicar correctamente los conocimientos adquiridos y simplificar las normativas relacionadas al tema.
- La arboricultura para producir maderas valiosas ofrece perspectivas muy interesantes para agricultores que están interesados en introducirla en sus predios. Sin embargo, al tratarse de una decisión que involucra el mediano y largo plazo, es indispensable que sea el fruto de un análisis y programación exhaustiva que considere el ambiente socio económico, las características del propietario o empresa (entre ellas, de importancia es la capacidad de gestión) y las características del sitio.
- El consumo mundial de frutos de nuez en general, y del nogal en particular está en aumento en muchos países. Por este motivo el cultivo del nogal con doble objetivo productivo (nuez-madera) puede resultar conveniente. Similar situación se verifica para castaño, avellano chileno y otras especies frutales, las cuales manejadas para producir una troza de madera de calidad e injertadas a 3-4 m de altura, permiten combinar dos objetivos productivos en forma armónica (Figura 32).

- El elevado ingreso que se obtiene al final de la rotación puede hacer conveniente el cultivo del nogal u otra especie de alto valor aún en superficies reducidas, y por ende un sistema fraccionado de propiedad de la tierra.
- Un impulso público a la arboricultura para maderas valiosas tendría relevancia en el ámbito social, económico y ecológico.



*Figura 32: Nogal común injertado a 4 m de altura con una variedad atractiva de fruta, para producir en forma combinada madera de alto valor y fruta de calidad.*



*Figura 33: Plantación mixta de nogal común asociado a cerezo común de 5 meses de edad establecida y manejada según los criterios de la arboricultura de calidad, VII región, Chile.*

## BIBLIOGRAFIA

- Accademia Nazionale di Agricoltura. 1992. Arboricoltura da legno in collina e in montagna. Ed. Edagricole. Bologna, Italia, 171 p.
- Alzetta C.; Boschiero W. 1995. Pacciamatura lineare in EVA e pacciamature individuali a confronto in impianti di pianura. Monti e Boschi N° 6: 23-28.
- Anónimo. 2000. Principali mercati dei legnami in Italia. Linea Ecologica 32 (2): I-VI.
- ARF (Azienda Regionale delle Foreste). Sf. Le specie legnose pregiate. 30 p.
- Bernetti F. 1991. Progetto specie legnose pregiate. Azienda Regionale delle Foreste Regione Lombardia. 61 p.
- Botonelli F. 1994. Per fare l'albero ci vuol perizia. Terra e Vita N° 40: 8-10.
- Buresti E. 1992a. L'allevamento in cassone. Note di Informazione sulla Ricerca Forestale, Istituto Sperimentale per la Selvicoltura, Arezzo. N° II, 2.
- Buresti E. 1992b. La coltivazione del noce e del ciliegio. Convegno Ass. Nazionale Dottori in Scienze Forestali, Bologna, 7/2/1992.
- Buresti E. 1992c. Orientamenti tecnici sull'impianto e la coltivazione del noce da legno. Linea Ecologica N° I (XXIV). Atti del convegno Imboschimento con noce: orientamenti culturali e produttivi, Porano, Dic. 1992. Pp. 12-18.
- Buresti E. 1993a. Arboricoltura di pregio. Agricoltura Ricerca N° 147/148: 67-76.
- Buresti E. 1993b. Realizzazione e gestione degli impianti di arboricoltura per la produzione di legname di pregio. Le indicazioni scaturite da quindici anni di attività sperimentale. Università degli Studi di Sassari - CRAS. Pp. 63-73.
- Buresti E. 1994. Il bosco torna in pianura; le prospettive dopo 15 anni di esperienze. Atti Consorzio della Bonifica Reno Palata. 26 p.
- Buresti E.; Frattegiani M. 1995. Alcune considerazioni sull'arboricoltura da legno. Sherwood N° I: 11-16.
- Buresti E.; Mori P. 1995. Sesti e distanze d'impianto per il noce. Sherwood N° 6: 6-13.
- Buresti E.; Mori P. 1998. Un modulo per un arboricoltura da legno semi-estensiva. Sherwood N° 39: 25-29.
- Buresti E.; Mori P. 1999. La doppia pianta: un'assicurazione sulla farnia come specie principale. Sherwood N° 47: 7-13.
- Buresti E.; Sestini L. 1994. Effetti delle protezioni individuali su giovani piante di farnia (*Quercus robur*). Annali Istituto Sperimentale Selvicoltura, Arezzo. Vol. 22: 227-239.
- Buresti E.; Ciardi C.; Frattegiani M.; Scaravonati A. 1996. Considerazioni su alcuni impianti di arboricoltura da legno. Sherwood N° 9: 29-33.
- Buresti E.; Faini A.; Mercurio R.; Nocentini S.; Ducci F.; Parrini C. s.f. L'Arboricoltura da legno in Toscana. Prima Parte: Le specie principali. ISSA-Ente Toscano Sviluppo Agricolo e Forestale. 64 p.
- Buresti E.; Bidini C.; Mori P. 2001. Una nuova tecnica per il noce: la potatura replicativa. Sherwood Foreste ed Alberi Oggi N° 66, Pp. 11-16.
- CBRP (Consorzio della Bonifica Reno Palata). 1995. Programma di Attività Sperimentali concernenti nuovi criteri di arboricoltura da legno su terreni di collina e pianura. Sintesi dei dati raccolti nel comprensorio del consorzio della Bonifica Reno-Palata, 1980/1994. 94p.

- Denci L.; Mercurio R.; Moroni M.; Tocci A. 1982. Le possibilità di coltivazione del noce da legno. *Agricoltura e Ricerca* N° 14: 36-41.
- De Meo I.; Falcioni S.; Buresti E. 1996. Considerazioni su alcuni impianti di arboricoltura da legno. *Sherwood* N° 14: 31-34.
- De Meo I.; Mori P.; Pelleri F.; Buresti E. 1999. Prime indicazioni sugli interventi di diradamento nelle piantagioni di arboricoltura da legno. *Sherwood* N° 43: 15-20.
- Ducci F.; Veracini A.; Janin G. 1989. Misurare el colore. *Xilon* 2(22): 102-104.
- ENTE (Ente Nazionale per la Cellulosa e per la Carta). 1990. Principali latifoglie da legno. 80p.
- ETSAF (Ente Toscano Sviluppo Agricolo Forestale). Sfa. L' Arboricoltura da legno in Toscana. Primer Volumen: Le Specie Principali. 64 p.
- ETSAF (Ente Toscano Sviluppo Agricolo Forestale). Sfb. L' Arboricoltura da legno in Toscana. Segundo Volumen: Tecniche di Impianto. 32 p.
- Faini A. 1997. Produzione vivaistica di piantine forestali: risultati di alcune esperienze condotte presso il vivaio forestale regionale Val di Sieve. *Sherwood* N° 20: 23-30.
- Falcioni S.; De Meo I.; Buresti E. 1996. La potatura del noce: descrizione delle tecniche più utilizzate. *Sherwood* N° 12: 11-16.
- Falcioni S.; Brunori A. 1997. Potature e alterazioni del legno. *Sherwood* N° 21: 9-12.
- Gambi G. 1968. Il noce, pianta da non dimenticare nelle colture da legno. *Monti e Boschi* N° 18 (3): 41-52.
- Guglini M. 1988. Il noce, un mercato sempre aperto e prospettive allettanti e durature. *Verde Foreste* N° 4: 15-17.
- Loewe M.V.; González O.M. 2001. Nogal común (*Juglans regia* L.), una alternativa para producir madera de alto valor. *INFOR-FIA*. 165p.
- Mercurio R. 1988. Il noce da legno nell Italia centro-settentrionale. *Cellulosa e Carta* N° 2: 24-33.
- Mercurio R. 1993. L arboricoltura da legno per il recupero di terreni agricoli. *Cellulosa e Carta* N° 2: 59-63.
- Mezzalira G. 1989. La potatura degli alberi nelle piantagioni da legno. *Le Foreste* N° 5: XI-XV.
- Mezzalira G. 1995. La pacciatura con film plastico negli impianti forestali. *Sherwood* N° 1: 17-22.
- Paris P.; Pisanelli A.; Buresti E.; Cannata F. 1999. Agroforestry in Italy: Tradition of the practice ad research indications on new models. En: *Forestry and Agroforestry for Environmental Protection and Rural Development*. SINO-ITALIAN Workshop. 1999.
- Pini R.; Paris P.; Benetti A.; Vigna G.; Pisanelli A. 1999. Soil physical characteristics and understory management in a walnut (*Juglans regia* L.) plantation in central Italy. *Agroforestry Systems* 46: 95-105.
- Provincia di Bologna. 1994. Il noce da frutto e da legno. *Il Divulgatore*, Año XVII, N° 6, Pp. 4-54.
- Sestini L. 1995. Difendere le piantine dalla fauna selvatica: gli shelter. *Sherwood* N° 2: 13-22.
- Sibbett G.S.; Ramos D.E.; Brown L.C. 1980. Establishing a new walnut orchard. USA. University of California. Leaflet N° 21157.
- Vieceli A. 1989. Biologia e ecologia delle principali specie da impiegare nell arboricoltura da legno. *Le Foreste* N° 5: XI-XV.