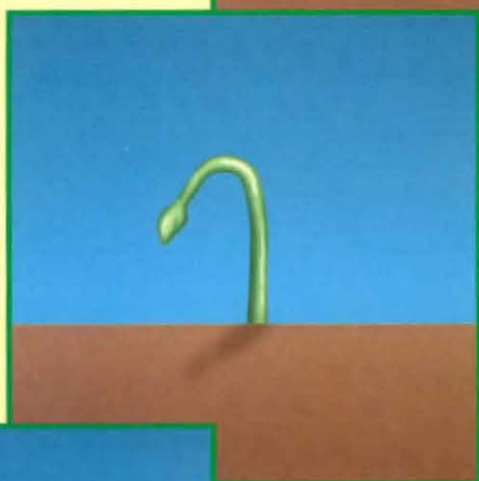
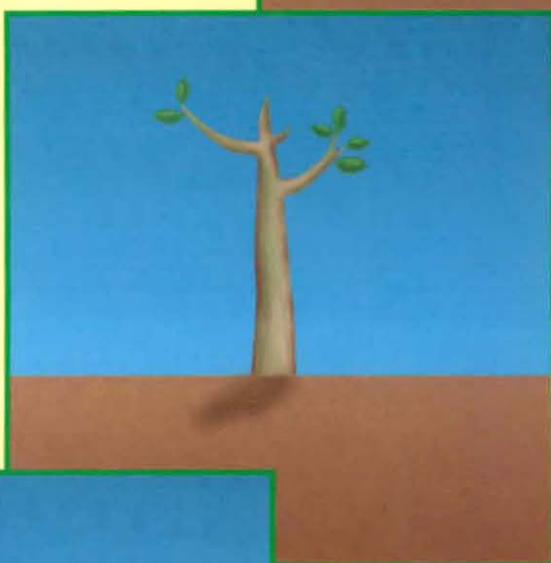




INFOR
INSTITUTO FORESTAL



0007804



27(450)
L827a
c.1

Arboricoltura en Italia

ARBORICULTURA PARA PRODUCCION DE MADERAS VALIOSAS EN ITALIA

Loewe M. V. ¹
González O. M. ²

Santiago, Junio 2001

¹ Ing. Forestal. U. de Chile; Especialización en producción de maderas nobles (U. de Bolonia, Italia); MPA (U. de Harvard, EE.UU).

² Ing. Forestal. U. de Chile.

1. INTRODUCCION

En la última década la Comunidad Europea tomó una decisión estratégica de gran impacto para la Política Agrícola Comunitaria (PAC) y la situación rural de sus países. Esta decisión correspondió a la reducción de las cantidades producidas de determinados productos agrícolas excedentarios en el ámbito comunitario, y al fomento para producir otros para los cuales la Comunidad era deficitaria; la madera de alto valor fue uno de los objetivos prioritarios al respecto.

En una primera etapa, esta directiva comunitaria se tradujo en la instauración del subsidio conocido como “Set Aside”, el que fue más tarde modificado y perfeccionado en el reglamento 2080, orientado a suelos agrícolas, que consideraba, entre otros, los siguientes beneficios:

- Bonificación del 100 % de los costos de plantación
- Asistencia técnica
- Pago por 20 años de los ingresos no percibidos en la actividad agrícola
- Financiamiento de las actividades culturales durante los primeros 5 años
- Otros (construcción de caminos, cortafuegos, etc.).

Los valores máximos de estas bonificaciones se indican en el Cuadro 1.

Cuadro 1
Bonificación a la forestación, Reglamento 2080/92

Especie	Contribución ECU/ha	Mantenición por 5 Años. ECU/ha/año	Premio por 20 años por ingreso no percibido. ECU/ha
Eucaliptos	2.000	--	--
Coníferas	3.000	250 (primeros 2 años) 150 (años siguientes)	600 (para agricultores) 150 (para otros productores)
Latifoliadas, plantaciones mixtas con más del 75% de latifoliadas	4.000	500 (primeros 2 años) 300 (años siguientes)	600 (para agricultores) 150 (para otros productores)

Fuente Bertolotto *et al.*, 1996

Este reglamento fue aprobado como una medida anexa a la reforma de la organización del mercado de cereales y cultivos oleaginosos, ya que pretendía:

- Incentivar cultivos alternativos a aquellos excedentarios;
- Mejorar los recursos forestales europeos;

- Contribuir a un mejoramiento del ambiente, en particular contrarrestar el efecto invernadero.

A pesar del atractivo de las bonificaciones establecidas, los resultados fueron modestos respecto a lo esperado debido a (Gallo *et al.*, 1998):

- Procedimientos complejos;
- Falta de coordinación general a nivel ministerial;
- Falta de experiencia de los operadores y técnicos respecto a las técnicas de la arboricultura;
- Retrasos de la autoridad en la emisión de las autorizaciones para efectuar las plantaciones e infraestructuras conexas;
- Paralización del pago a los beneficiarios en determinadas instancias;
- Problemas derivados del establecimiento de plantaciones puras de grandes dimensiones (43 ha), difíciles de administrar, sobretudo desde el punto de vista fitosanitario.

El establecimiento y aplicación de esta parte de la Política Agrícola Comunitaria (PAC) ha llevado al establecimiento de una cantidad considerable de hectáreas plantadas con especies de alto valor (alrededor de 50.000 ha). Sin embargo, una parte significativa (más del 60%) de dicho recurso es de mala calidad y no permitirá originar productos valiosos o, aún más, comercializables. Ello se ha verificado debido a que por razones políticas y socioeconómicas las plantaciones a nivel operativo se iniciaron en forma previa a la realización de los programas de Investigación y Desarrollo (I&D) en el tema, lo que causó la aplicación de muchas técnicas erróneas (*Op. cit.*).

Sin embargo, la situación descrita también tuvo impactos positivos: por una parte, se ha impulsado un avance rápido y significativo de la investigación relacionada, y por otra se han destinado recursos importantes a I&D tanto en el ámbito europeo como de varios países en particular (específicamente Francia, Italia, Alemania, Bélgica e Inglaterra).

En particular, Italia y Francia son los países de mayor interés con relación a los avances sobre arboricultura para producción de maderas de alto valor, e Italia el país de mayor interés con relación a las plantaciones mixtas como un modelo alternativo y de gran atractivo para producir maderas de calidad, además de otros productos tradicionales.

Varios autores aseguran lo anterior, confirmándose en la última década que el número de plantaciones aumentó considerablemente, sólo una pequeña parte fueron establecidas o mantenidas con criterios aceptables (Buresti, 1992b; Buresti, 1993a), o han sido abandonados (Bagnaresi *et al.*, 1986), lo que descarta su futuro para producir madera de calidad. Esto se produjo debido a que las autoridades que administraban los incentivos se limitaron a distribuir los recursos disponibles de forma de maximizar la superficie de cultivos agrícolas retiradas, sin dar mucha importancia a los aspectos

técnicos de los nuevos cultivos que se estaban fomentando, faltando divulgación, capacitación, asistencia técnica y coordinación (Giau, 1995).

En el curso del año 2000 se instauró la política conocida como Agenda 2000, por medio de la cual se decidió establecer los términos de los subsidios a nivel de los gobiernos regionales, los que canalizarían las ayudas comunitarias; adicionalmente a éstas, podrán existir subsidios de nivel nacional.

Lo anterior fue decidido en el marco de una estrategia europea de concentración de la producción en productos de alto valor, y que coincide con las estrategias adquiridas por los demás países industrializados del mundo. En este sentido es importante resaltar que la producción de productos masivos de bajo valor unitario (pulpa, astillas, etc.) se ha ido concentrando a escala mundial en los países subdesarrollados o en vías de desarrollo.

2. ANTECEDENTES GENERALES

2.1 Históricos

El desarrollo de la industria y de la artesanía de madera que se verificó en la época de la pos guerra, sobretudo en la zona centro-norte de Italia, llevó a un notable aumento de la demanda interna de madera para ebanistería, en particular de madera de nogal, muy solicitada para la producción de muebles y artesanía valiosa (Minotta, 1981).

Después de los años 50, fueron suficientes pocas décadas para modificar profundamente la economía y la sociedad italiana. En el campo de la agricultura se verificó una verdadera revolución, en que con el estímulo de la necesidad de alimentar a un pueblo con hambre, y con la ayuda de la ciencia y de decisiones políticas acertadas, se desarrollaron ambientes más amplios para cultivar y criar animales (CBRP, 1995).

De esa manera el bosque fue paulatinamente decreciendo, hasta llegar a desaparecer casi totalmente en los valles y colinas adyacentes. Posteriormente, y en forma brusca, se produjo una inversión en dicha tendencia (*Op. cit.*).

Europa, Italia incluida, acumuló un "surplus" de producciones agrícolas de tal magnitud que la Comunidad Europea llegó a premiar a los agricultores que no cultivaban su tierra (subsidio "set aside"), traducándose en una reconversión productiva que buscaba, a la vez, aumentar el aprovisionamiento de madera de calidad (Minotta, 1989). En este escenario el bosque reencontró una utilidad tanto productiva como ambiental.

Actualmente se considera que muchas áreas de colina y montaña pueden reconquistar su aspecto original, y que también los valles o llanuras pueden adorrarse nuevamente de paños arbóreos con técnicas modernas para el establecimiento de bosques naturales y de maderas valiosas (CBRP, 1995). Es lo que se ha denominado "el regreso del bosque al valle" (Negrini, 1994).

Hasta los años 70 se forestaban ex terrenos agrícolas con técnicas traídas desde otras áreas, considerándose que el uso masivo de especies de maderas valiosas era positivo. En las dos décadas posteriores se desarrollaron muchas experiencias en diferentes condiciones climáticas y pedológicas, en general en condiciones de mecanización, y sus resultados han entregado información de gran valor.

En particular, se considera que las plantaciones pueden clasificarse como "con prevalencia de finalidad productiva de madera" o como "con prevalencia de finalidad ambiental", aunque el límite entre ambas categorías es muy difícil de

establecer (CBRP, 1995). En todo caso se ha llegado a considerar que el modelo de las plantaciones mixtas es apto para ambos objetivos (Minotta, 1994a).

La arboricultura es una disciplina que ha evolucionado considerablemente en los últimos 70 años y junto a los cambios socio económicos ha ido transformando las relaciones entre hombre y ambiente.

En los años 30 Pavari³ hablaba de arboricultura haciendo referencia al cultivo de árboles en hileras y cercos vivos, de gran importancia en dicho período (Buresti y Fratregiani, 1995). Posteriormente, la arboricultura se identificó con el cultivo del álamo, y hasta los años 50 se definió como el cultivo acelerado de árboles de rápido crecimiento.

A partir de los años 60, debido al abandono de los terrenos agrícolas de montaña u otros marginales, se desarrolló el cultivo de coníferas de rápido crecimiento para la producción de madera y de pulpa. Esta evolución llevó a principios de los años 80 a una nueva definición de arboricultura, que nació de los autores Ciancio, Mercurio y Nocentini, quienes la consideraban como el cultivo de un conjunto de árboles constituyendo un sistema artificial transitorio, que puede evolucionar hacia un ecosistema forestal, con el objetivo de obtener, en períodos más o menos breves, productos madereros en gran cantidad y de determinada calidad en función de los sitios y las condiciones socio económicas (Buresti y Fratregiani, 1995).

En los últimos años se han abierto nuevos horizontes ya que ha aumentado el interés por las plantaciones de latifoliadas de alto valor, debido a la disponibilidad de terrenos, a las limitaciones para importar maderas valiosas y al mayor precio de mercado de tal material. Es por ello que ha tomado gran importancia la arboricultura de calidad, que busca obtener el máximo de cada árbol en particular (*Op. cit.*).

De allí se define la arboricultura como una ciencia aplicada, que se dedica al cultivo temporáneo de árboles individuales o de un grupo de árboles, con el fin de producir madera de alta calidad y en gran cantidad, caracterizada por operaciones de cultivo repentinas, racionales, compatibles con las exigencias económicas y ambientales, fundada en bases ecológicas y agronómicas. En este caso la duración del ciclo de cultivo depende de las características estéticas y tecnológicas que se desea obtener.

Lo anterior no imposibilita que en una misma empresa o propiedad puedan coexistir las dos formas de cultivo descritas, la arboricultura de cantidad y la arboricultura de calidad.

³ Forestal Italiano de gran prestigio que marcó el desarrollo de las ciencias forestales del país.

2.2 Políticos

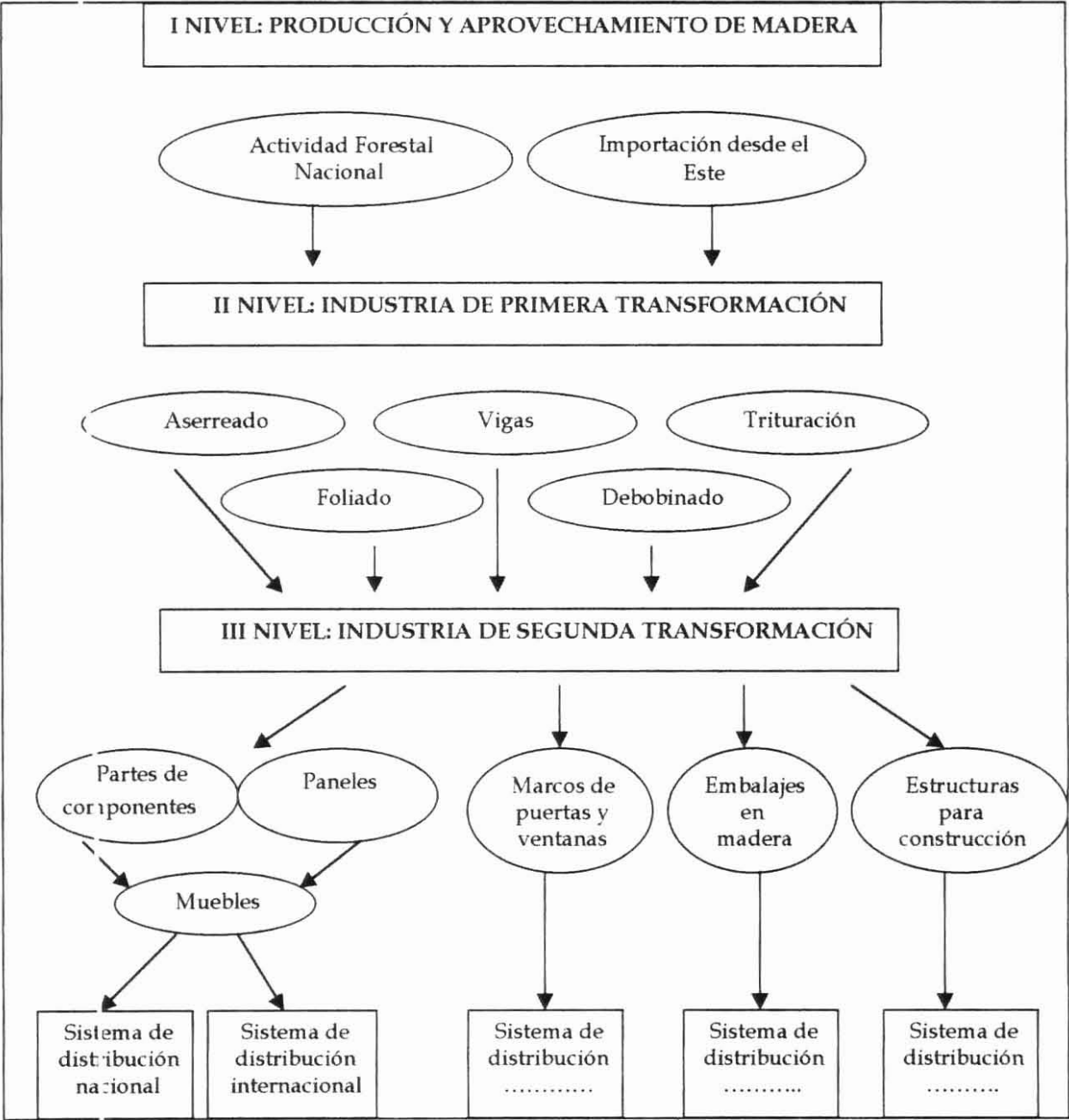
No hay dudas de que el motivo del interés despertado por la arboricultura para producir maderas valiosas se encuentra en la Política Agrícola Comunitaria, y en menor medida en la política nacional italiana (Giau, 1993).

En términos agronómicos y jurídicos, la destinación de los suelos a la arboricultura no equivale a una sustracción irreversible de éstos para un nuevo uso agrícola; al respecto existe consenso sobre su temporalidad y reversibilidad, lo que da tranquilidad a los propietarios, ya que bajo este entendido no pueden ser puestas restricciones a la corta futura de los árboles.

La política forestal que mira al mejoramiento y al incremento de la producción de maderas valiosas fue impulsada con los siguientes objetivos (Anónimo, 1987a):

- Volver a colocar en el mercado maderas que por su valor estético y económico podían constituir alternativas válidas a las maderas tropicales, cada vez más escasas y caras;
- Tener la posibilidad de utilizar zonas del territorio actualmente marginales a la agricultura intensiva, pero con buena fertilidad;
- Acumular reservas propias de maderas valiosas.

En forma complementaria, Cannata (s.f.) afirma que en Italia ha faltado una política de investigación del "sistema madera" (Figura 1) que llevara a una innovación tecnológica sobre la cadena productiva en su conjunto; asimismo falta un instituto o institución que se encargue de la coordinación de las investigaciones del sector.



Fuente: Cannata, s.f.

Figura 1: Esquema simplificado de la “Cadena Productiva Madera” en Italia

2.3 Socioeconómicos

La arboricultura para producir madera tiene una larga tradición en Italia, y a su imagen se difundió también en el mundo. De hecho, el cultivo del álamo constituye el ejemplo más claro de integración y alternancia racional de cultivos agrícolas

tradicionales y cultivos arbóreos especializados en la producción de madera, con notables impactos económicos (Morandini, 1989).

La evolución económica y social han llevado al abandono de los cultivos agrícolas en áreas cada vez más vastas; así muchos terrenos quedaron disponibles para otros usos; ello, junto a los incentivos establecidos por la Comunidad Europea han conseguido ampliar las superficies forestadas, para producir madera en cantidad o de calidad (*Op. cit.*). Es así como, junto a la alamocultura se inserta el cultivo de otras especies, de elevada productividad o valor.

Los sujetos interesados en la arboricultura son los pequeños y medianos propietarios, y los empresarios agrícolas, con diferentes motivaciones. Los propietarios encuentran que es una alternativa productiva interesante para destinar suelos que no pueden cultivar y que no desean arrendar; por ello no se interesan por especies en particular, sino que manifiestan su intención de “plantar árboles” (Giau, 1993). Entre sus motivaciones se encuentran las siguientes: en la zona ya no quedan empresas agrícolas; los agricultores que han quedado (sobrevivido) usan toda la tierra que pueden o que saben cultivar; en la zona hay agricultores dispuestos a adquirir o arrendar otras tierras para su uso.

En el caso de los empresarios agrícolas, en general destinan una parte de su terreno a esta actividad, con el objetivo de buscar la rentabilidad máxima (y no un valor máximo del capital), y aprovechar las alternativas culturales y los beneficios existentes. Por lo demás, entienden lo que este esquema significa, por la experiencia que poseen con el cultivo del álamo, a pesar de las diferencias en los tiempos de las rotaciones.

En este sentido, la arboricultura tiene los siguientes efectos derivados:

- Mantiene elevados valores de la tierra (o induce a expectativas de ello);
- Reduce el interés de los propietarios por vender, en la espera de que el valor de la tierra crezca;
- Dada la naturaleza del cultivo, no es posible el arriendo;
- Define el uso del suelo por un período largo, condicionando la futura planificación de los espacios rurales.

Derivado de lo anterior, los principales puntos a favor de la técnica en Italia dicen relación con (Giau, 1993):

1. La selección espontánea por parte de los propietarios, los cuales perciben al árbol como un medio eficaz para dar un sentido productivo a suelos que están en riesgo de perderlo;

2. El objetivo de las políticas actuales, a pesar de que su origen es superar situaciones contingentes;
3. El interés general de producir madera;
4. Las consecuencias ambientales y paisajísticas.

Entre los argumentos en contra se citan:

1. La duración de la rotación y la gran incertidumbre técnica;
2. La dificultad de incorporar innovaciones en la pequeña y mediana propiedad;
3. El azar con que parece difundirse actualmente la arboricultura de maderas valiosas.

Buresti (1992c; 1993a) considera que una buena razón para hacer plantaciones de este tipo son las buenas posibilidades de mercado para la madera, sobretudo de buena calidad. De hecho, el déficit italiano entre consumo y producción interna es muy alto, y el abastecimiento desde el exterior presenta cada vez mayores dificultades, tanto por la menor disponibilidad de materia prima, como por las limitaciones a las exportaciones en rollizo que están instaurando algunos países (Turquía por ejemplo).

Una plantación de arboricultura, especialmente si es mixta, puede tener un valor muy alto porque, eventualmente aumenta la producción de miel, puede favorecer la vida de fauna silvestre, de polinizadores como avispas, mariposas y otros, y constituir un refugio para muchos insectos depredadores que llegan a ser muy útiles a los cultivos agrícolas limítrofes. En definitiva, puede contribuir a hacer un poco más complejos los ambientes agrarios demasiado simplificados por las técnicas culturales modernas (*Op. cit.*). Otro efecto relevante, determinado por la presencia de árboles, especialmente cuando se disponen en hileras o cercos vivos, es el de modificar la velocidad del viento, lo que en ciertas zonas es indispensable para poder practicar una agricultura rentable.

La arboricultura en hileras, especialmente en zona de valles, a lo largo de cursos de agua, sostiene los bordes y el fondo de cauces evitando erosión, y suprimiendo el crecimiento de malezas de zonas húmedas, manteniendo así la funcionalidad de la red hídrica.

Además, en los predios donde se desea hacer turismo rural, deben presentarse como un ecosistema complejo donde conviven plantas y animales y donde el visitante pueda volver a vivir en equilibrio con el ambiente.

Si a todo lo anterior se le agregan los incentivos existentes a nivel de la Unión Europea o a nivel nacional/regional, resulta aún más atractiva. En el Cuadro 2 se indican las etapas necesarias para realizar una plantación especializada en Italia. No obstante lo anterior, para lograr que los resultados sean similares a las expectativas, es necesario que las plantaciones sean manejadas de la manera más idónea.

Cuadro 2

Acciones para la realización de una plantación de arboricultura para maderas valiosas

Estación	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5 y sucesivos
Otoño	Decisión de efectuar la plantación	Mulching	Replante	Podas de formación	Podas de formación
Invierno	- Proyecto - Ordenar plantas - Solicitar bonificaciones	- Plantación - Protección de animales silvestres	Podas de formación		Podas de producción
Primavera	Ordenación hidráulica	Remoción del terreno	- Podas de formación - Remoción del terreno	- Podas de formación - Remoción del terreno	- Podas de formación - Podas de producción
Verano	Preparación del suelo				

En las últimas décadas se ha producido una valorización de las llamadas latifoliadas “menores” o “nobles”, es decir de aquellas que generalmente no conforman bosques puros y que se caracterizan por el elevado valor de su madera, debido a la oportunidad de emplearlas con fines económicos, estéticos y ecológicos (Mercurio y Tocci, 1983). Con técnicas de cultivo racionales estas especies pueden proporcionar múltiples servicios y productos, tales como maderas valiosas, mejoramiento ambiental y producción de frutos.

Viecelli (1989) señala que la arboricultura puede asumir un rol esencial en determinadas situaciones socio económicas donde las condiciones de mercado de los productos agrícolas y madereros y la disponibilidad de terrenos y de mano de obra la convierten en una alternativa rentable. Estas condiciones generalmente se cumplen en los siguientes casos:

- Plantaciones que reemplacen cultivos agrícolas en el ámbito del problema de las producciones excedentarias.
- Plantaciones en terrenos marginales a la agricultura, abandonados porque ya no es rentable su cultivo, pero dotados de suficiente fertilidad como para permitir buenas producciones madereras.

La arboricultura para madera es considerada una actividad de carácter forestal, estrechamente relacionada con la actividad agrícola de un predio (Ciancio *et al.*, 1992). Conlleva la sustitución de cultivos agrarios ya no más rentables, por cultivos forestales de mayor rotación; y considera favorables los mercados de productos

madereros. Por todo lo anterior se configura como un sistema bioecológico artificial, caracterizado por algoritmos culturales intensos, y por la reversibilidad del cultivo.

En los últimos años, debido a la mayor disponibilidad de terrenos abandonados por la agricultura, la arboricultura se ha extendido en Italia. Esta técnica conlleva numerosos beneficios, como por ejemplo la eliminación, por un período más o menos largo, de los daños ecológicos derivados del uso/abuso de fertilizantes y pesticidas; se valorizan los factores naturales de producción; se logra una cobertura arborea de interés ambiental y paisajístico; y se atenúa la presión sobre los ecosistemas forestales naturales. Además, el cultivo de un grupo de árboles con objetivo productivo podría llegar a evolucionar hacia un verdadero ecosistema forestal (Ciancio *et al.*, 1992).

Por otra parte, hay que considerar que la arboricultura implica una notable inversión energética, trabajo y capital, por un tiempo relativamente breve en comparación con cultivos forestales tradicionales, pero muy largo con relación a la mayor parte de los cultivos agrícolas.

En términos económicos, la determinación de los resultados de las plantaciones de arboricultura de calidad resulta difícil debido a las numerosas variables que influyen en los resultados. La carencia de datos sobre la potencialidad productiva de las plantaciones de latifoliadas nobles, el lapso de tiempo entre la plantación y los primeros raleos comerciales, las incertidumbres de los mercados, son todos factores que hacen muy complejo el cálculo de la rentabilidad de tales inversiones (Cianciosi, 1996).

Un ejercicio realizado para una plantación de nogal mostró buena rentabilidad con relación a cultivos agrícolas alternativos a tasas de retorno del 3,0 y 7,5%⁴, aunque se evidencia que ese tipo de plantaciones comportan fuertes riesgos de tipo cultural (enfermedades), accidental (errores de tratamientos realizados, incendios), coyunturas de mercado, etc. (Cianciosi, 1996). De ahí que el autor concluya que plantaciones mixtas con varias especies representan una técnica eficaz para reducir los riesgos asociados, aunque manteniendo el objetivo productivo, a lo que deben sumarse beneficios secundarios derivados de la producción de fruta, miel, u otros productos transformados, así como un mejoramiento ambiental y un incremento en las potencialidades agroturísticas.

Existen muy pocos análisis de este tipo, lo que pareciera deberse a las dificultades mencionadas y a la existencia de bonificaciones que distorsionan las decisiones racionales de libre mercado.

⁴ La tasa del 3% es usada en bibliografía italiana y extranjera para evaluar inversiones forestales, ya que se considera como el límite inferior de las alternativas. La tasa del 7,5% representa la TIR mínima para acceder a bonificaciones para actividades forestales destinadas al sur de Italia (Cassa del Mezzogiorno).

3. DEFINICIONES TECNICAS

3.1 Conceptos

La **arboricultura** se define como una ciencia aplicada que se dedica al cultivo temporáneo de árboles individuales o de un conjunto de árboles con el objetivo de producir madera con determinadas características. Dicha disciplina se caracteriza por 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 entre los dos, asumiendo un carácter propio y único.

Existen dos conceptos diferentes asociados al término Arboricultura: la arboricultura de cantidad, y la arboricultura de calidad (Mercurio, 1993).

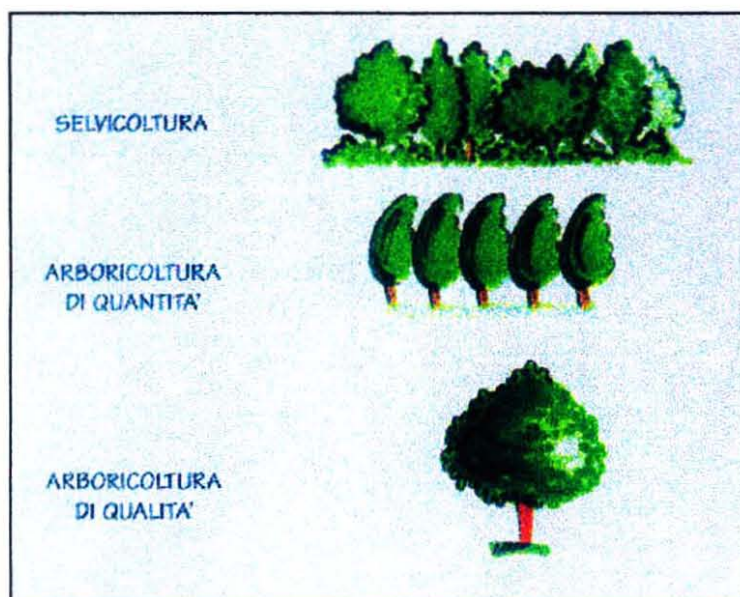
La **arboricultura de cantidad** tiene por objetivo el producir grandes cantidades de madera de determinadas características dimensionales, en períodos relativamente breves, sin prestar mucha atención a la calidad estética y tecnológica de la madera producida. En este caso el elemento base de referencia es el conjunto de árboles, y la duración del ciclo productivo está condicionada por alcanzar, en el menor tiempo posible, determinadas dimensiones prefijadas. Esta se aplica con las especies álamo, eucaliptos, pinos (*Pinus halepensis*, *P. domestico*), entre otras.

La **arboricultura de calidad** tiene por objetivo producir, en períodos relativamente breves, madera con determinadas características dimensionales, estéticas y tecnológicas que permitan su colocación en los segmentos altos del mercado. En este caso 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 árbol de la especie principal que compone la plantación.

En contraste con los términos descritos, la **silvicultura** puede ser descrita como la ciencia experimental que estudia las relaciones entre fenómenos naturales y las interacciones entre éstos y las formas y técnicas culturales idóneas para conservar y restablecer, dentro de su equilibrio dinámico, la funcionalidad de las biocenosis, y más en particular de las fitocenosis forestales, de modo de asegurar al hombre la perpetuidad de los múltiples servicios que se pueden obtener del uso racional de éstas.

La silvicultura y la arboricultura tienen diferentes objetivos. La primera tiene por sujeto el 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 al final de la rotación (Buresti, 1994).

La relación entre los tres conceptos mencionados se grafica en forma simple en la Figura 2.



Fuente: Buresti y Frattegiani, 1995

Figura 2: Esquema de diferenciación de la silvicultura, arboricultura de cantidad y arboricultura de calidad.

Principios Generales de la Arboricultura: Existen seis principios generales que caracterizan la arboricultura, y que pueden ser sintetizados de la siguiente forma:

1. **Temporalidad y reversibilidad del cultivo:** La temporalidad es una de las peculiaridades distintivas de la arboricultura; las plantaciones se caracterizan por destinar exclusivamente a dicho objetivo el terreno durante la duración del ciclo productivo (Mercurio, 1988). En este sentido el cultivo de árboles forestales se puede asimilar a cualquier cultivo agrícola (Buresti y Frattegiani, 1995).
2. **Objetivo productivo:** Las plantaciones de arboricultura, aún cuando genera beneficios adicionales relacionados a la presencia de una plantación o de determinadas especies, se realizan con el objetivo principal de producir madera, sea para el mercado o para el consumo predial. 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. De hecho, ésta depende de numerosas variables, algunas de las cuales actualmente 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). En la arboricultura, 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 las que el cultivo del álamo es un claro ejemplo.
5. **Complementariedad de funciones:** Aunque se trata de plantaciones con objetivo prevalentemente productivo, también desarrollan una serie de funciones complementarias tanto en términos privados como sociales, las que se deben exaltar. En muchos casos las ventajas derivadas de las funciones complementarias son muy importantes porque generan un ingreso en tiempos menores 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:

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, el replante de la mortalidad, en la remoción superficial del suelo en forma localizada durante los primeros 2 a 3 años. En general en la arboricultura extensiva deberían ser usadas especies nativas o exóticas ya experimentadas en zonas representativas similares al sitio.
2. **Arboricultura Semi Extensiva:** Tanto la arboricultura de cantidad como 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, protección fitosanitaria).

3. **Arboricultura Intensiva:** Tanto la arboricultura de cantidad como 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 accesorios al terreno, fertilizaciones, riego, etc.

Peculiaridades de la Arboricultura: Existen dos características que demuestran la peculiaridad de esta técnica innovativa, y que dicen relación con:

1. **No existen recetas:** No existen modelos proyectuales y culturales prefijados, sino que por el contrario un conjunto de experiencias, datos e informaciones que, hábilmente seleccionadas por el profesional, permiten definir las características de cada proyecto o iniciativa en particular.
2. **No existen modelos previos:** Dada la gran variedad de situaciones de sitio, de especies y de técnicas culturales adoptadas en la arboricultura, así como la rareza de plantaciones similares que tengan todas las características significativas comparables y homogéneas, no es posible definir a priori la evolución futura de una plantación, a menos de hacerlo en forma aproximada y estimativa.

Por todo lo anteriormente dicho resulta que el arboricultor, como un artista, interpreta la naturaleza, y al interno de sus reglas, sabe encontrar infinitas variaciones que se adapten a las exigencias propias. Exigencias que se originan de un análisis profundo de las características de la empresa/propietario, del ambiente pedoclimático y socio-económico. Por ello debe poseer profesionalismo, sensibilidad y creatividad.

Plantaciones de arboricultura factibles: Las plantaciones de arboricultura factibles de realizar consideran cuatro alternativas principales, a saber:

1. **Plantaciones puras:** Se trata de plantaciones monoespecíficas constituidas por la especie principal seleccionada.
2. **Plantaciones Mixtas:** Se trata de plantaciones poliespecíficas, que pueden estar constituidas tanto por varias especies principales como por una o más especie(s) principal(es) asociadas a una o más especie(s) secundaria(s), sean éstas arbóreas o arbustivas (Figura 3).
3. **Plantaciones en hilera:** Se trata de producir maderas en hileras alrededor de campos, caminos, calles o huertos, obteniéndose una mejor y mayor 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 maderas finas 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 árbol 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.

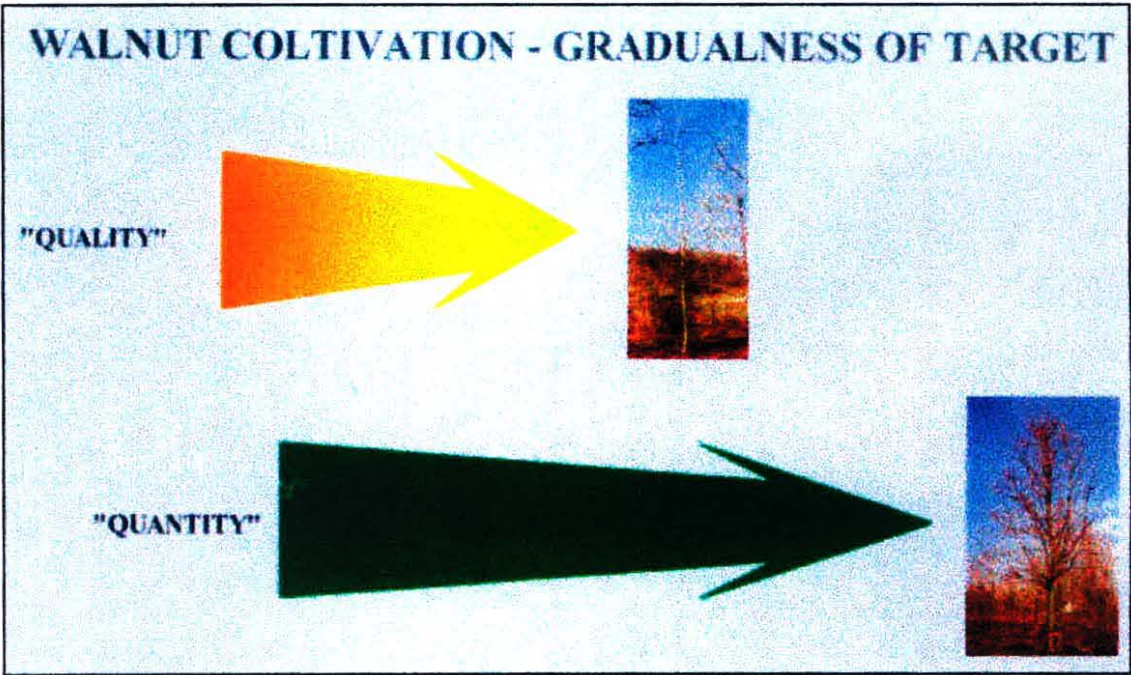
Existe una primera etapa, no representada en la Figura, que puede abarcar de 1-3 años después de la plantación, y que consiste en el establecimiento de un sistema radicular frondoso, equilibrado y armónico con relación al tamaño y forma del individuo en particular. En esta etapa no es importante que la planta crezca, sino que más bien es deseable que concentre sus energías en este primer proceso/etapa.

Luego, existe una segunda etapa, graficada en las Figuras 3 y 4, en que la planta se forma estructuralmente; en este período entonces se debe formar el eje central que constituirá nuestro fuste de valor. Por ello se deben efectuar podas de formación y de levante que permitan, al momento de su finalización, contar con un eje (fuste) sin ramas, defectos ni deformaciones. Esta etapa cobra gran importancia a nivel de manejo, ya que es aquí que se sientan las bases para la cantidad y calidad del producto final a obtener.

En tercer lugar viene la etapa de engrosamiento del individuo, en que ya establecido como tal comienza a crecer en diámetro, centrándose en la “cantidad” de material a producir. Para efectos de producción de maderas 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.

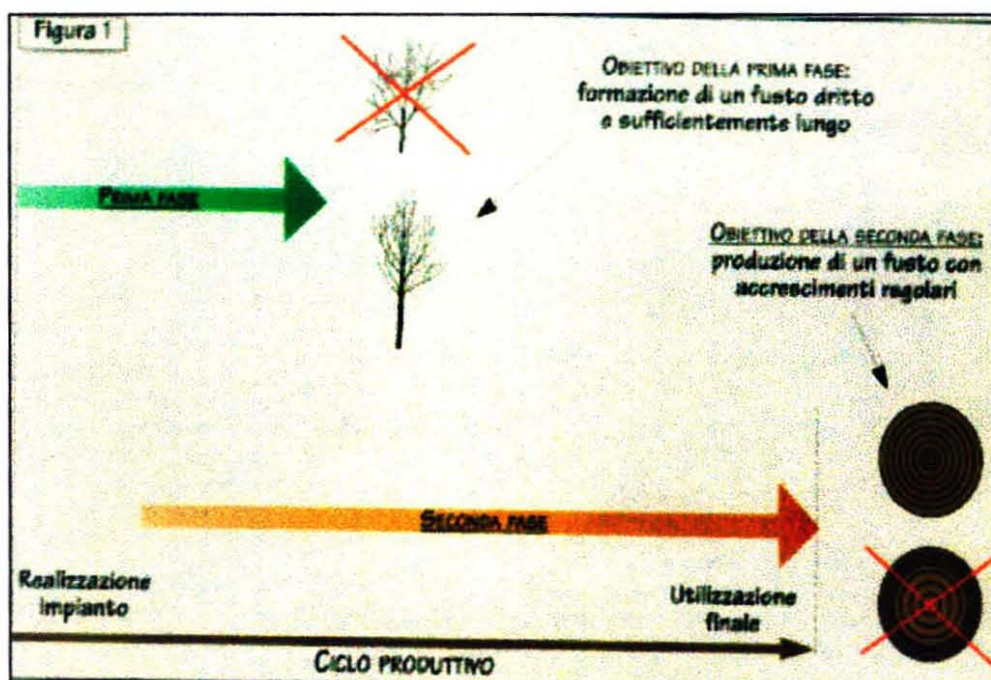
Lo anterior puede ser logrado con mayor input energético, a través de un mayor número de intervenciones en plantaciones puras, o con un menor input energético a través del acondicionamiento de la especie principal por medio de la introducción de una(s) especie(s) acompañante(s) (Buresti y Mori, 1998). Para ello se deben seleccionar plantas que puedan modificar la estructura de la arquitectura de la especie principal, el microclima y/o el terreno; en este sentido se trata de “usar” a la naturaleza para que ayude a lograr el objetivo fijado.

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



Fuente: Buresti y Mori, 1998

Figura 3: Fases de desarrollo de un árbol y su impacto en la calidad de su madera.



Fuente: Buresti y Mori, 1998

Figura 4: Etapas de desarrollo de un árbol; en la primera se busca formar un fuste recto e suficientemente largo, y en la segunda producir un fuste con crecimientos regulares en diámetro.

Finalmente, la duración de la rotación es difícil de conocer con anticipación si no se pueden responder las siguientes preguntas:

- ¿En cuánto tiempo la o las especie(s) alcanzarán dimensiones o características remunerativas?
- ¿Qué tipo de productos demandará el mercado en el arco de los próximos 20, 30, 40 ó 50 años?
- ¿Qué reacción tendrán los árboles a los cuidados culturales programados durante su cultivo?
- ¿En cuánto tiempo, en el caso de las plantaciones mixtas, se obtendrán las dimensiones comercializables para las diferentes especies empleadas (difícilmente alcanzarán la maduración en forma contemporánea)?
- ¿Qué tipo de continuidad tendrá la plantación? Plantaciones gestionadas en forma intensiva durante toda la rotación llegarán a dimensiones comerciales antes que aquellas gestionadas en forma extensiva; pero si el terreno es vendido o por otra razón cambia su tipo de gestión, ¿cómo se podrá establecer cuándo podrá ser comercializable?
- ¿Cómo afectará la aparición de maquinaria que permitirá procesar en forma óptima material de menores dimensiones a aquella definida como producto objetivo? O si el mercado, ¿pagará precios elevados por productos diferentes a los programados?

Son todas preguntas que no se pueden responder con certeza, y que hacen del acto de plantar un árbol un acto de fe y esperanza.

3.2 Plantaciones puras versus Plantaciones mixtas

Una silvicultura más sostenible y rentable que permita aumentar la biodiversidad y estabilidad de los sistemas puede basarse en la utilización de asociaciones de especies forestales o 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 aserrada y debobinable), posibles de ser comercializados en el mercado internacional, y especies secundarias o acompañantes que originan productos como postes, polines, frutos u otros, a obtener en el transcurso de la rotación. Estas especies secundarias favorecen el crecimiento de la especie principal, mejorando además su forma, lo que conduce a una mejor calidad de productos.

Las plantaciones mixtas, si son realizadas adecuadamente, permiten diversificar la producción, disminuir los riesgos fitosanitarios, facilitar las intervenciones culturales (sobre todo las podas y limpiezas), mejorar la calidad de la madera, mejorar el paisaje y aumentar la producción 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 50-70% respecto a las plantaciones puras de la misma especie.

Las Plantaciones Mixtas pueden realizarse con diferentes disposiciones espaciales, como las descritas a continuación:

Plantaciones en grupo: Constituida por núcleos monoespecíficos, en los cuales el efecto de la asociación se explica en forma más marcada en los márgenes de los grupos, y en forma limitada al centro de ellos. Su ventaja es que los esquemas de plantación son más simples y pueden adoptarse distanciamientos menores, en 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: Se caracteriza por presentar hileras monoespecíficas, en que cada hilera puede tener al lado hileras de la misma especie o de especies diversas. Permite tener un mayor efecto lateral, garantizando la posibilidad de seleccionar los mejores individuos al interior de cada fila. En el caso que se usen especies de rotaciones distintas, este esquema favorece las operaciones de cosecha (Figura 5).

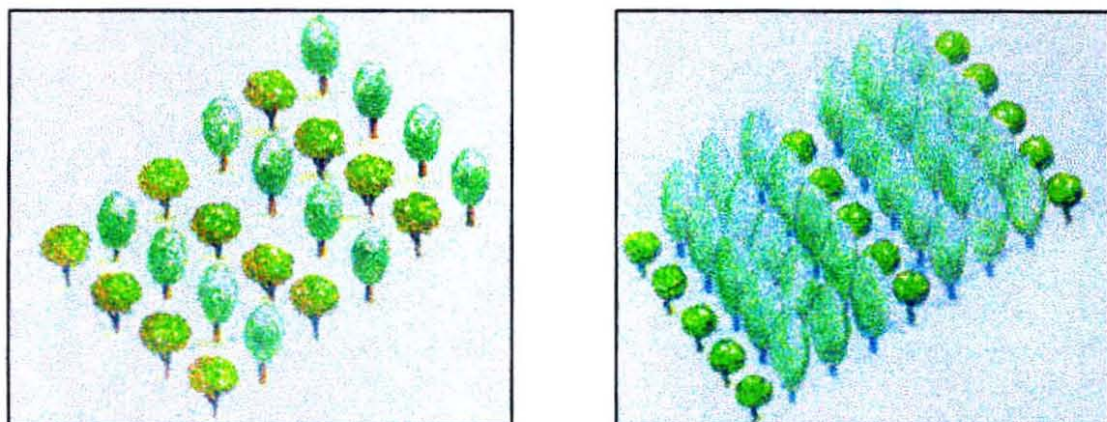


Figura 5: Ejemplos de plantaciones mixtas en hilera.

Asociaciones a nivel de árbol individual: Cada planta puede estar rodeada 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. En el caso que las especies tengan rotaciones distintas es muy importante estudiar el esquema de plantación, de modo de facilitar al máximo las operaciones de cosecha y extracción (Figura 6).

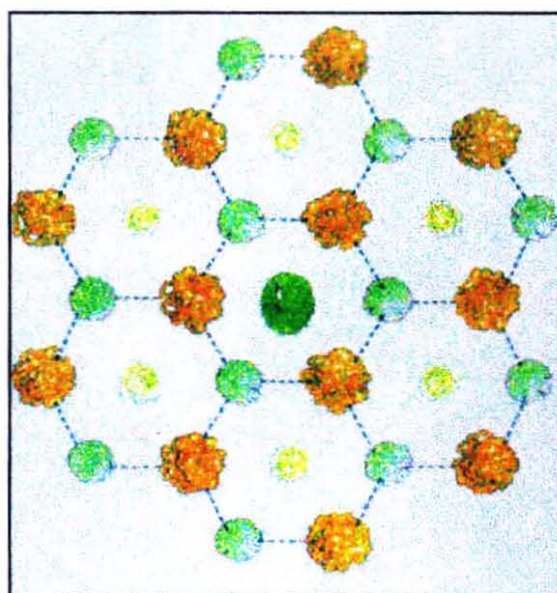


Figura 6: Ejemplo de un complejo esquema de asociación a nivel de árbol individual. Este esquema representa una unidad repetible sobre toda la superficie,

En este caso se puede considerar el uso de especies alternativas o “paracaídas”, que pueden reemplazar a la especie principal si es ésta llega a fracasar (Figura 7).

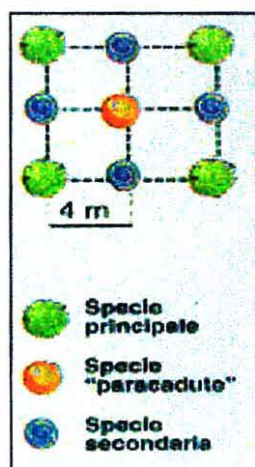


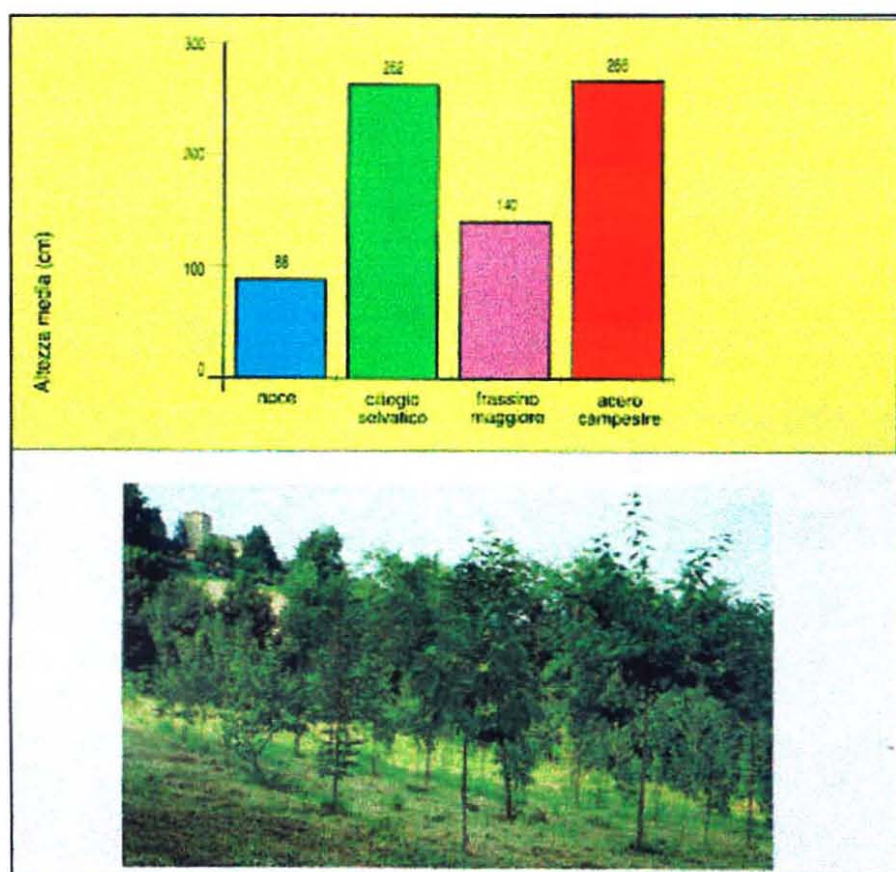
Figura 7: Módulo base de plantación mixta en situación de riesgo, en que se considera una especie principal, una especie secundaria y una especie “paracaídas” que puede reemplazar a la especie principal original si es que esta fracasa.

Para tener éxito se debe realizar un estudio preliminar del predio/área, y seleccionar el modelo de plantación tomando en consideración las características del terreno, los objetivos prevalentes definidos, la organización de la empresa y la capacidad de gestión de la misma.

EXPERIENCIAS

- ✓ En la región Emilia Romagna se han desarrollado una serie de plantaciones con el objetivo de comparar características de nuevos clones y procedencias en diversos ambientes de colina y montaña; así como también con el objetivo de comparar los resultados de técnicas culturales en ambientes distintos (colina, montaña, llanuras). Se trata de plantaciones puras y mixtas, con superficies de varias hectáreas cada una (CBRP, 1995). Algunas de estas experiencias son mostradas en las Figuras 8 a 12.

Una experiencia establecida en la localidad de Grizzana Morandi a 450 msnm y 20% de pendiente, sobre 4,5 ha, con cerezo, nogal, fresno y arce muestra a los 3 años un comportamiento satisfactorio (Figura 8), a pesar de la elevada altitud.



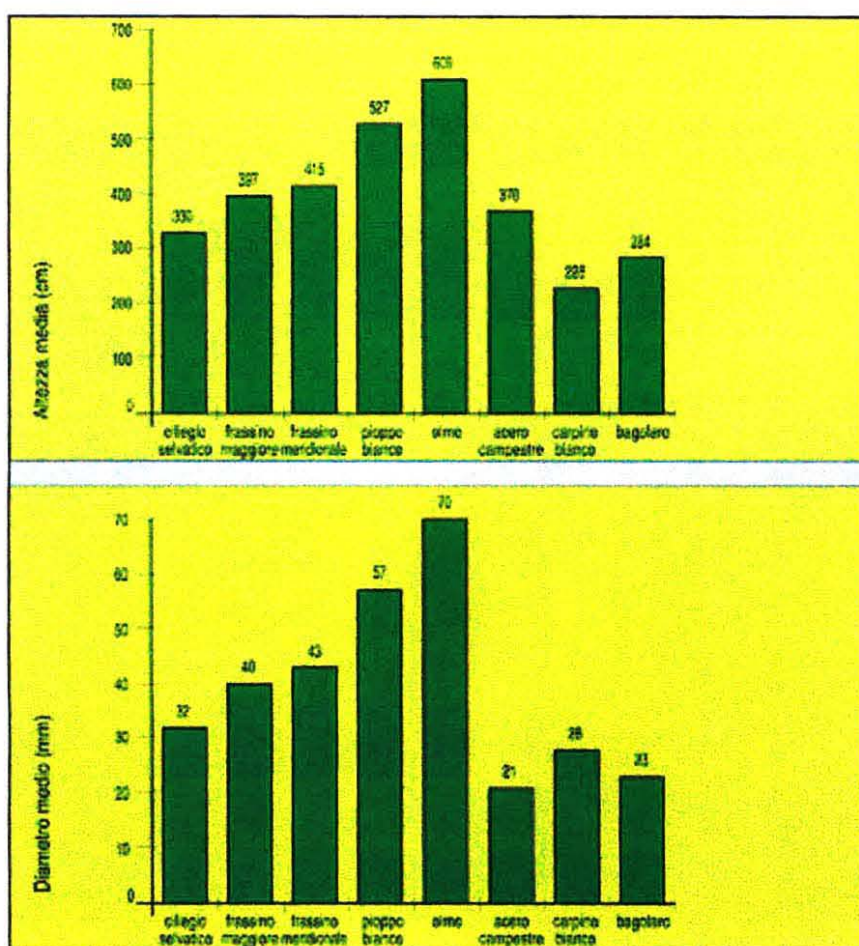
Fuente: CBRP, 1995

Figura 8: Estado de plantación mixta en zona montañosa, con nogal, cerezo, fresno y arce a los 3 años de edad (Grizzana Morandi, Italia).

También se han establecido ensayos en planicie con el objetivo de constituir ambientes naturales con funciones múltiples (paisajísticas, de refugio y alimentación para la fauna, protección de la agricultura circundante, y otras). Ello en el marco de investigaciones sobre nuevas perspectivas para la agricultura en los valles (planicies) y, en general, para la nueva exigencia de incorporar un mayor grado de naturalidad en los ambientes de agricultura intensiva.

Las áreas combinan varias especies, distribuidas con diferentes criterios en la superficie: en grupos, en hileras o a árbol individual.

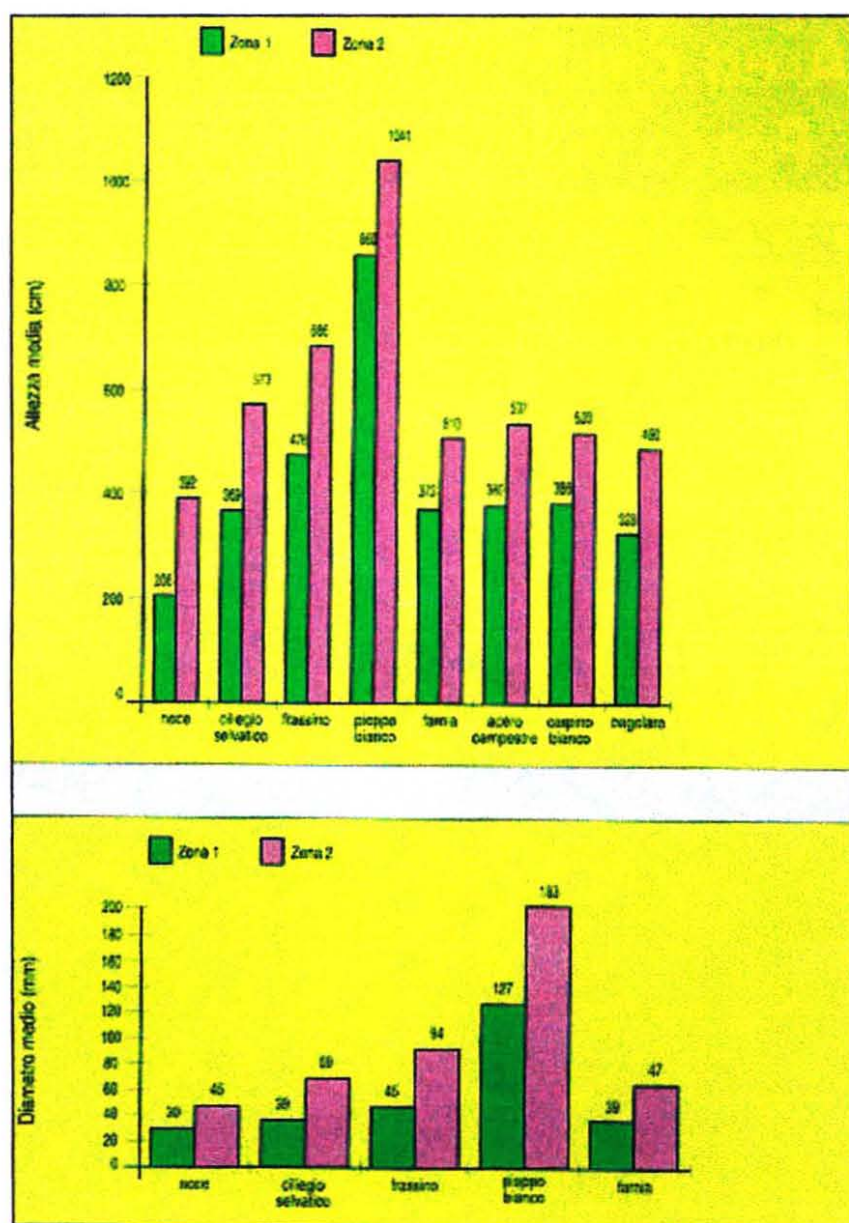
La experiencia realizada en Sala Bolognese, a 22 msnm, sobre 4 ha en planicie con grupos de arce, cerezo, fresno mayor, "bagolaro", fresno austral y álamo blanco, con cuidados intensivos y muy pocas podas, al tercer año presenta una situación satisfactoria, la que se grafica en la Figura 9.



Fuente: CBRP, 1995

Figura 9: Estado de plantación mixta en zona de valle, con arce, cerezo, fresno mayor, bagolaro, fresno austral y álamo blanco a los 3 años de edad (Grizzana Morandi, Italia).

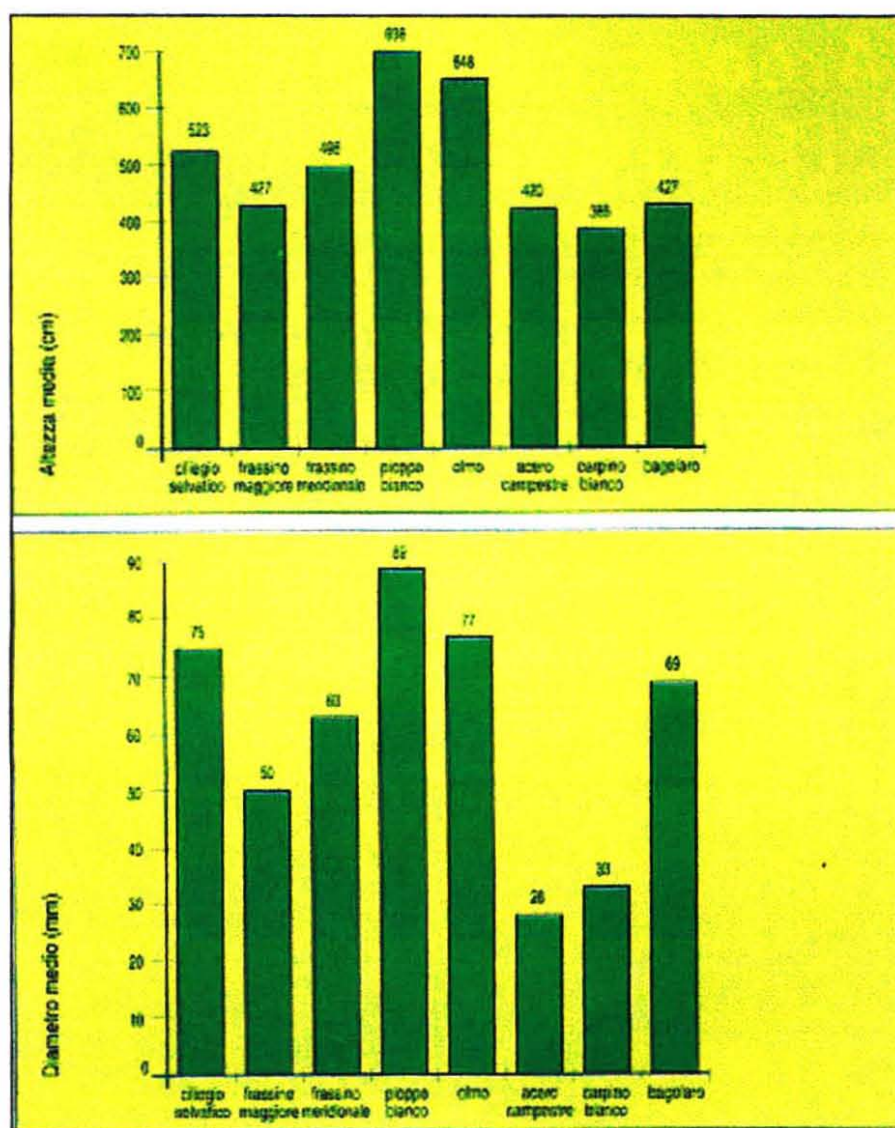
- ✓ Otra experiencia realizada en Crevalcore (15 msnm, 7 ha) con fresno mayor y austral, cerezo, arce, arce de azúcar, álamo blanco, tilo, nogal y gelso, con cuidados intensivos y mínimas podas al tercer año, muestra al quinto año el estado representado en la Figura 10.



Fuente: CBRP, 1995

Figura 10: Estado de plantación mixta en zona de valle, con fresno mayor y austral, cerezo, arce, arce de azúcar, álamo blanco, tilo, nogal y gelso a los 5 años de edad (Crevalcore, Italia).

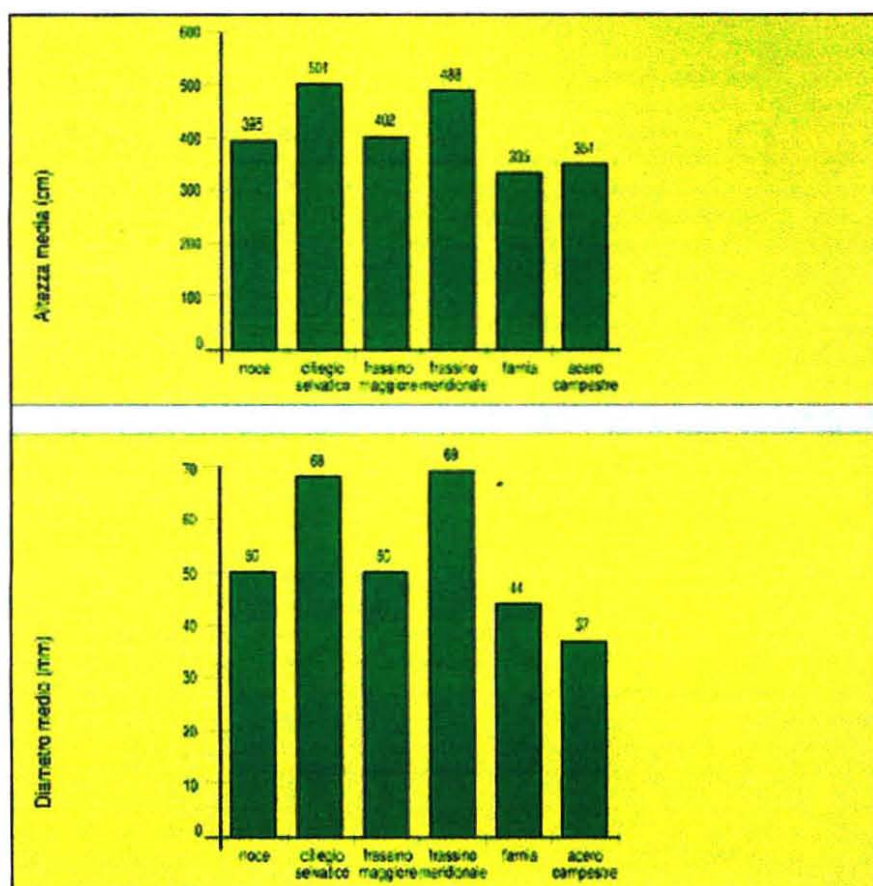
- ✓ Otra experiencia realizada en Zola Predosa, a 75-120 msnm, sobre 7 has, con fresno mayor, olmo, cerezo, arce, arce de montaña, álamo blanco, gelso y bagolaro muestra al cuarto año el desarrollo indicado en la Figura 11.



Fuente: CBRP, 1995

Figura 11: Estado de plantación mixta en zona de valle, con fresno mayor, olmo, cerezo, arce, arce de montaña, álamo blanco, gelso y bagolaro a los 4 años de edad (Zola Predosa, Italia).

- ✓ Otra experiencia, también inserta en el programa de valorización ambiental del área de Zola Predosa, realizada en 2 has, con fresno mayor, fresno austral, cerezo, arce, farnia, gelso y nogal muestra al tercer año la evolución indicada en la Figura 12.



Fuente: CBRP, 1995

Figura 12: Estado de plantación mixta en zona de valle, con fresno mayor, fresno austral, cerezo, arce, farnia, gelso y nogal a los 3 años de edad (Zola Predosa, Italia).

Del análisis de la información se concluye que (CBRP, 1995; Negrini, 1994):

- En el caso del cerezo, los factores limitantes identificados corresponden a altitud (sobre 500 msnm), pendiente (sobre 30%), la monoespecificidad y la excesiva compactación del terreno que lleva a asfixia. La especie se vio favorecida en las situaciones mixtas y en terrenos bien drenados y removidos en profundidad.
- El nogal es una especie menos plástica que la anterior, y más exigente. Limitantes resultan la altitud, el viento y suelos arcillosos con anegamientos temporales. También en este caso los mejores resultados se obtuvieron en situaciones mixtas.
- La presencia de especies rústicas de rápido crecimiento, a nivel de árbol individual, en hileras o en grupos, mejora el crecimiento de las especies en 40-50% respecto a la situación pura.
- Resulta determinante en los resultados positivos obtenidos la ejecución regular de los cuidados culturales por al menos 3-4 años.

- La mantención de una faja de pasto en la entrefila, establecida al segundo año, ha determinado un bloqueo del desarrollo en el mismo año e incrementos muy inferiores en los 2-3 años sucesivos.
- El uso de mulch plástico ha dado resultados negativos.
- El riego ha resultado útil y necesario sólo en el primer año.
- Las podas de formación, efectuadas a partir del segundo año, deben efectuarse con mucho cuidado, y con técnicas distintas según la especie y el objetivo de la plantación. Se confirma la validez de hacer intervenciones graduales, y en estado verde.
- Se confirma la fragilidad de las plantaciones puras, al mismo tiempo que la oportunidad de usar estructuras mixtas en plantaciones con objetivo prevalentemente productivo.

Minotta (1994a) considera que los resultados obtenidos por el consorcio son totalmente comparables con resultados obtenidos por otras empresas/entes; además se confirma que dichas especies deben cultivarse sólo en sitios aptos.

Con relación a los criterios para seleccionar el modelo de plantación, se tienen los siguientes:

- Cerezo, fresno austral y nogal: establecer grupos de 3-6 plantas/especie.
- Arce y carpino blanco: establecer grupos de 8-10 plantas/especie.
- Alamo cipresino y olmo: desempeñan un rol de cortaviento.
- Farnia y gelso: usadas históricamente en hileras, son idóneas para marcar los límites del predio o plantación.
- Bagolaro, mirabolano y otras: usar en pequeños grupos de 3-5 individuos por la importancia de sus frutos.

Se confirma la opinión que bosques ricos en especies son mucho menos vulnerables que las plantaciones puras (CBRP, 1995). De hecho Minotta (1994a) confronta esta situación y hace notar que en las plantaciones puras de nogal y cerezo ha sido necesario realizar control de tipo agronómico, biológico y químico con el objeto de salvar las plantaciones. Ello hace desaconsejable la ejecución de plantaciones puras y monoclonales en vastas superficies, o donde no es posible asegurar un control adecuado; Minotta (1994b) aconseja no efectuar plantaciones puras de más de 2-3 hectáreas.

El Istituto Sperimentale per la Selvicoltura de Arezzo (ISSA) desde hace muchos años ha estudiado el efecto de la asociación con especies arbóreas secundarias fijadoras de nitrógeno, tales como alisos, olivo de bohemia, etc. Estas especies son muy interesantes, no sólo porque pueden proporcionar un cierto ingreso con la venta de leña o de otros productos secundarios en un período breve respecto a las especies principales, sino porque tienen una influencia positiva sobre éstas. De hecho, las especies principales generalmente, no sólo crecerán más en altura y diámetro sino que tendrán una forma mejor, lo que a su vez facilitará la poda (Buresti, 1993a).

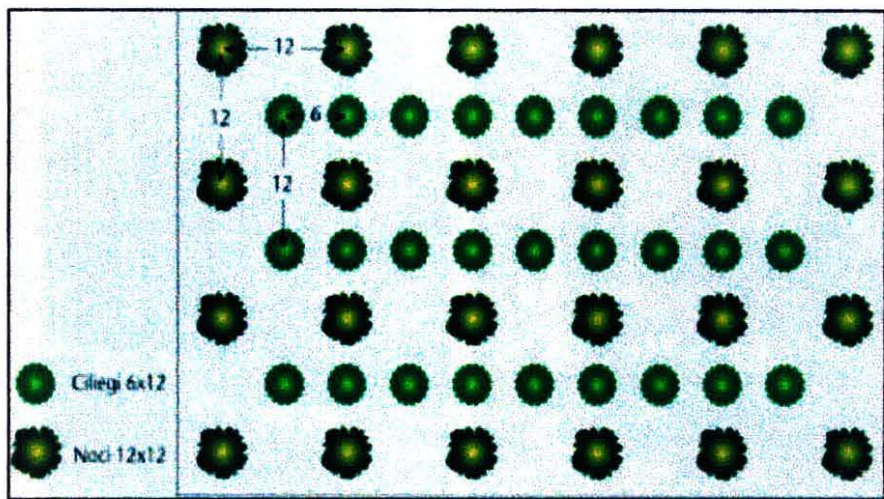
Se ha visto que dichos efectos positivos pueden ser distintos según las especies que se asocian. Por ejemplo, si el cerezo se asocia con aliso u olivo de bohemia aumenta su altura y el diámetro del tronco y de las ramas; si en cambio se asocia con robinia aumenta sólo en altura, mientras que el diámetro del fuste permanece constante y el de las ramas disminuye. Estas experiencias entregan antecedentes útiles para seleccionar la asociación más idónea según el origen del material a emplear (*Op. cit.*).

En el caso de *Quercus robur* asociado con aliso se obtienen mayores valores en altura y diámetro del fuste, así como menor diámetro de las ramas con respecto a la situación pura. Similar situación se ha observado con fresno y nogal negro.

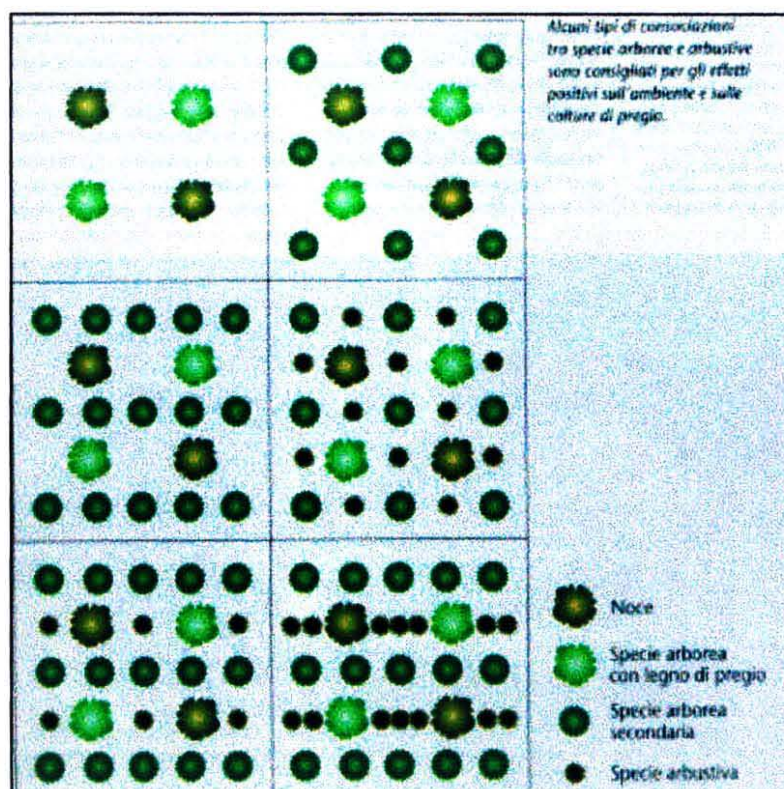
Con respecto a ataques de plagas y enfermedades, se ha observado menos daño en nogales plantados en situación mixta con aliso y olivo de bohemia que en el testigo puro. El porcentaje de plantas afectadas disminuye de 58% en el puro a 19% en el mixto.

Por ello es que el autor recomienda efectuar plantaciones mixtas, debido a que la simplificación de los ecosistemas, en el caso de plantaciones puras, hace menos resistentes a ataques y adversidades (Buresti, 1993a).

Algunos esquemas de asociación de nogal en plantación mixta se indican en las Figuras 13 y 14 (Provincia di Bologna, 1994).



Fuente: Provincia di Bologna, 1994
Figura 13: Plantación mixta de nogal y cerezo.



Fuente: Provincia di Bologna, 1994

Figura 14: Varios esquemas de plantaciones mixtas con nogal.

- ✓ Otra experiencia es reportada por Buresti y Frattegiani (1994), quienes encontraron que asociando farnia con aliso italiano se obtenían incrementos significativamente superiores en altura y diámetro respecto a la situación pura; también se determinó una fijación de 50 kg/ha de nitrógeno en 6 años por parte del aliso, los que estaban a completa disposición de la farnia. Paralelamente, la mayor altura de las plantas de aliso estimula el crecimiento de las plantas de farnia, competencia que no pone en peligro la plantación debido a la conformación de las copas y a que el rápido crecimiento inicial presentado por el aliso disminuye notablemente en los años sucesivos. Y, finalmente, se presenta una diferencia importante en la calidad de la madera de farnia a obtenerse de las dos situaciones, lo que se muestra en las Figuras 15 y 16.



Fuente: Buresti y Frattegiani, 1994
Figura 15: Plantación pura de farnia.



Fuente: Buresti y Frattegiani, 1994
Figura 16: Plantación mixta de farnia y aliso, de un año menos de edad que la situación pura.

3.3 Establecimiento

3.3.1 Diseño

Una plantación debe derivar de un estudio del clima, de la vegetación, del suelo, de la exposición, de la ocurrencia de vientos, entre otros elementos físicos o biológicos. También se debe considerar las características técnicas y organizativas de la empresa, las preferencias del propietario y los aspectos socioeconómicos locales o regionales, aspectos relevantes si se prevé la producción de bins secundarios (miel, flores, frutos, especies forrajeras), así como los mercados de las maderas a producir (Buresti, 1993a). Este análisis debe ser realizado por un profesional con una buena dosis de fantasía y sensibilidad social, naturalística y forestal (Buresti, 1992c).

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.

3.3.2 Plantas

En reconocimiento de la importancia de utilizar plantas de buena conformación, en 1971 la Comunidad Europea emanó un reglamento que consideraba tanto las características fitosanitarias como su conformación, así como parámetros de altura y diámetro al cuello (Bernetti, 1991).

En un estudio efectuado en seis viveros de la Región de Lombardía se encontró que en todos ellos las faenas de preparación del suelo eran las mismas, pero se observaron grandes diferencias en las fertilizaciones aplicadas (Bernetti, 1991), constatándose la necesidad de aplicar fertilizaciones orgánicas y químicas equilibradas para obtener plantas de buena calidad. En todos los viveros se aplicaba un herbicida químico de preemergencia (Basamid), y en postemergencia limpiezas manuales o mecánicas entre las hileras y manuales sobre la hilera; y riegos.

También se poda cuando se ha dañado el ápice con el objetivo de formar una nueva flecha a partir de una de las yemas próximas al ápice, acción que se realiza en primavera. En aquellos casos en que no resulta posible lo anterior, es necesario cortar la planta en la base para seleccionar más tarde el mejor rebrote, eliminando los restantes (Bernetti, 1991).

La poda de la raíz pivotante se realiza para obtener plantas más vigorosas y con un sistema radicular equilibrado.

La clasificación de las plantas debe efectuarse en forma rigurosa, considerando las siguientes características (Bernetti, 1991):

- Tallo sin curvaturas, bifurcaciones o anomalías (considerando también el cuello de la planta)
- Ausencia de heridas o cicatrices visibles
- Equilibrio entre parte aérea y radicular
- Sistema radicular ramificado y lleno de raíces secundarias y pelos capilares
- Yema apical sana
- Ausencia de ataques parasitarios
- Debe descartarse el uso de plantas mala calidad.

En un estudio realizado en ocho viveros en la Región de Lombardia se indican los parámetros que delimitan las categorías I y II de plantas para tres especies de importancia en la arboricultura (D'Ambrosi, 1993). Dichos valores se incluyen en el Cuadro 3.

Cuadro 3
Parámetros de idoneidad de utilización en arboricultura para maderas de alto valor

Categoría	Clase I				Clase II		
	Diámetro (mm)	Altura (cm)	Alt/Diam	Nota	Diámetro (mm)	Altura (cm)	Alt/Diam
Nogal común	Sobre 5	Sobre 30	60-80	Sin bifurcaciones	Sobre 4	Sobre 4	25-90
Nogal negro	Sobre 8	Sobre 60	70-90	Sin bifurcaciones	Sobre 7	Sobre 40	40-100
Cerezo	Sobre 9	Sobre 80	70-90	Sin bifurcaciones	Sobre 5	Sobre 40	30-100

Fuente: D'Ambrosi E., 1993

Dicho estudio concluyó que el empleo de densidades elevadas en vivero tiende a desfavorecer las plantas más vigorosas en ventaja de aquellas de menor desarrollo; que las plantas de 2 años presentan una variabilidad mayor que las de un año; y que los criterios para seleccionar las plantas a destinar a la arboricultura deben incluir:

- Tallo recto con buena dominancia apical
- Yema apical bien formada
- Apice terminal lignificado
- Aparato radicular bien conformado y lleno de raíces secundarias y pelos capilares
- Buen estado fitosanitario
- Elevado vigor vegetativo

- Parámetros de altura, diámetro y relación altura/diámetro equilibrados y dentro de los rangos recomendados.

Producción de plantas de nogal 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 mucho menor costo, por lo que se usa bastante (Figura 17). Se cultivan las plantas en cajas sin fondo 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, poliester), sobre el cual se coloca un sustrato mullido (turba, arena, limo) de diferentes proporciones (Bernetti, 1991). Buresti (1992) reporta una capa de 3-4 cm de residuos de la elaboración de escobas (hojas y ramillas), las que impiden a las raíces aventurarse a explorar hacia el terreno inferior.

D'Ambrosi (1993) indica dos mezclas de sustratos usados en viveros de la región, y que corresponden a:

- a) Mezcla ETSAF (s.f.b): turba rubia, turba enriquecida, turba áurea, perlita, hojas de haya maceradas. Como sustrato inerte se usa una capa de 5 cm de helechos.
- b) Mezcla ARF Veneto: turba oscura (40%), limo (20%), arena fina (10%), arcilla expandida (10%). Como sustrato inerte se usa una capa de 10 cm de arcilla.

La distancia de siembra de las nueces varía entre 10x10 y 15x15 cm. Todos los materiales son reutilizables.

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), haciendo más simples las operaciones de trasplante.

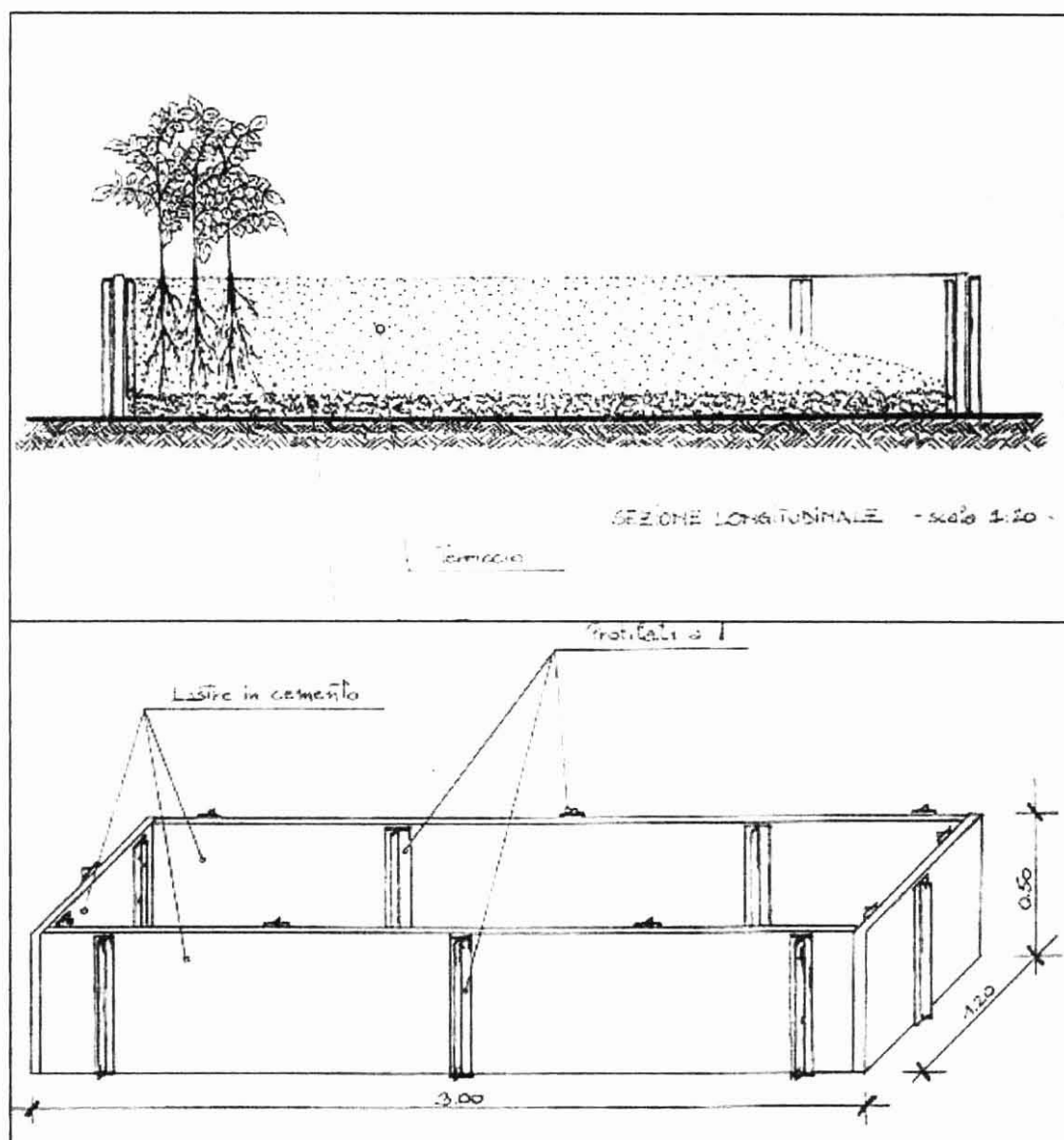


Figura 17: Cajón para producción de plantas de especies de raíz pivotante.

Las plantas de nogal, cerezo, fresno, arce, aliso, encinos, *Sorbus torminalis*, manzano, peral y *Elaeagnus* que se producen 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 tubérculos 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 las plantas que se quiere producir;
- 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, por lo que se replica fácilmente.

Entre sus ventajas 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.

Producción de plantas de nogal en contenedor: el ISSA desarrolló un contenedor apto para nogal, debido a que en las regiones calurosas y con bajas precipitaciones durante el período vegetativo, el uso de plantas en contenedor permite reducir la crisis de trasplante, a la vez que se evitan las deformaciones derivadas del uso de bolsas o macetas (Amorini y Fabbio, 1992). El pan de tierra constituye un microambiente que atenúa las condiciones externas en los primeros años y favorece la sobrevivencia. El contenedor desarrollado en el curso de una investigación en que se probaron varias alternativas, fue denominado y patentado como ISSA-POT, con una capacidad de 930 cc, con paredes rígidas y sección circular; en su interior se diseñaron líneas en relieve de 2 mm, que corren en sentido longitudinal; el fondo, convexo y cónico tiene un perfil en V abierto en un 9%. El contenedor pesa 7 gr, mide 170 mm de largo y 97 mm de diámetro en la boca. Este sistema actualmente es usado por los servicios forestales regionales de Cerdeña y Sicilia.

Las ventajas del uso de contenedores radican en un mejor estándar cualitativo de la producción; uso de sustratos controlados y variables según las exigencias locales; reducción de los tiempos de cultivo; mejor organización de la producción en el vivero; alargue de la estación útil para plantar. Además en las zonas mediterráneas se logra una reducción de la crisis de trasplante y un mayor porcentaje de sobrevivencia (Amorini y Fabbio, 1992). Entre sus desventajas está el reducido desarrollo de las plantas en vivero (Rossi Marcelli, 1995).

Plantas ideales para establecer plantaciones para madera equivalen a plantas de 40-50 cm de altura para nogal y de 80-90 cm para cerezo, ambas robustas y con una buena relación parte aérea/radicular con el fin de lograr un buen arraigamiento y una rápida recuperación vegetativa (Buresti, 1992b).

No obstante lo anterior, Ciccarese (1997b) estudió la producción de plantas de nogal a raíz desnuda con poda radicular, que consiste en la poda en sentido horizontal del pivote a 10-15 cm de profundidad, seguido por varias manipulaciones de las raíces. Estas podas pueden tener efectos negativos sobre el desarrollo de las plantas, así como fenómenos de clorosis, debido al estrés causado por el corte del pivote, que despierta una mayor demanda para la formación de un sistema radicular más superficial y ramificado. Por ello con este sistema se debe aplicar más cantidad de fertilizantes que lo habitual.

Con este sistema se obtienen plantas fácilmente extraíbles en forma manual, que se pueden conservar por un determinado período en barbecho; se logran plantas de menores dimensiones que las producidas con el método del cajón (Ciccarese, 1997b)⁵, pero con características morfológicas y fisiológicas adecuadas.

En el caso del nogal, la disposición de la nuez en la siembra es determinante de la calidad de planta a obtener, debiéndose colocar con el plano de la sutura ortogonal a la superficie del terreno, posición en la que la plántula no encuentra muchos obstáculos y, por ende, resultan con menos defectos (Ciccarese, 1995).

Producción de plantas en siembra directa: La siembra directa también ha dado resultados muy positivos en términos de desarrollo y es una técnica factible para realizar plantaciones de nogal y de otras especies usadas en arboricultura (Ciccarese, 1997a). De hecho, presenta la ventaja de ser económica y rápida, de garantizar un desarrollo natural y balanceado del aparato radicular, sin deformaciones y mejor dotada para efectuar las funciones de transporte y anclaje, asegurando uniformidad entre las plantas. Sin embargo, requiere un terreno bien preparado, bien drenado y con disponibilidad de agua en los estratos superficiales, semilla de buena calidad y protecciones adecuadas contra los depredadores.

En el campo del mejoramiento genético forestal, la regeneración in vitro es usada para reducir las rotaciones, para la producción de plantas seleccionadas, para obtener un rejuvenecimiento total, para producir material apto para la aplicación

⁵ La altura de una planta representa una medida de su capacidad fotosintética y de la superficie evapotranspirante, a la vez que es la expresión del potencial genético de una planta; además, las plantas más altas tienen mayores posibilidades de superar la competencia de las malezas. El diámetro es una característica de calidad aún más importante que la altura y representa la medida general de resistencia de una planta y su capacidad de sobrevivir. En correlación con el peso del tallo y de la raíz, un mayor diámetro garantiza mayor protección de la deshidratación y daños de sequía y, en general, de los daños que una planta puede sufrir producto de la extracción y plantación, tales como daños mecánicos.

de la ingeniería genética y para obtener variedades resistentes a enfermedades o a estrés (De Rogatis y Rossi, 1994). Esta técnica ha sido usada con éxito en cerezo (*Prunus avium*) .

En términos de gestión, resulta interesante saber que se ha creado un sistema telemático que en tiempo casi real puede dirigir al cliente al vivero asociado que en ese momento tiene disponibilidad de las plantas requeridas (Botonelli, 1994). Además se aconseja a los agricultores o forestadores preferir los viveros de mejor reputación y plantas producidas con material de procedencia local. En 1994 los precios por planta de un año de latifoliadas fluctuaba entre 0,9-1,2 US\$ (*Op. Cit*).

El cerezo en estado natural vive en micropoblaciones, a menudo de origen agámico, ubicados en los sitios más frescos, al interior de las cuales la variabilidad genética es limitada. En estos casos conviene seleccionar plantas suficientemente lejanas para evitar seleccionar fustes gemelos derivados del mismo individuo madre (Ducci *et al.*, 1988; Ducci y Veracini, 1990).

Un estudio sobre arboricultura monoclonal (Ducci *et al.*, 1990) indica entre sus resultados que existe un notable efecto clonal sobre el control de ciertos parámetros como altura y diámetro, de interés tecnológico como ramosidad y ángulo de inserción de las ramas; que la interacción genotipo x ambiente en general es bajo, sobretudo para los clones que presentan los mayores incrementos; y que generan poblaciones homogéneas respecto al testigo de semilla.

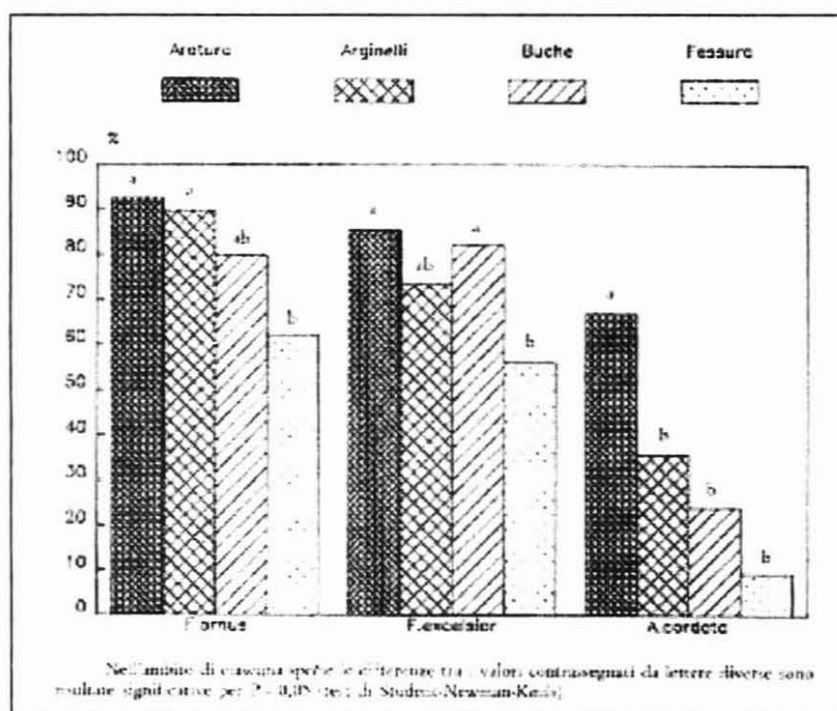
En el caso del cerezo existen en el comercio clones seleccionados para la producción de madera de calidad (Frattegiani, 1997).

Todo el desarrollo en esta área ha llevado a que los viveristas, tanto públicos como privados, estén adaptándose rápidamente, por lo que la calidad de las plantas que será próximamente puesta en el comercio será cada vez de mejor calidad (Ansaloni, s.f.).

3.3.3 Preparación del suelo

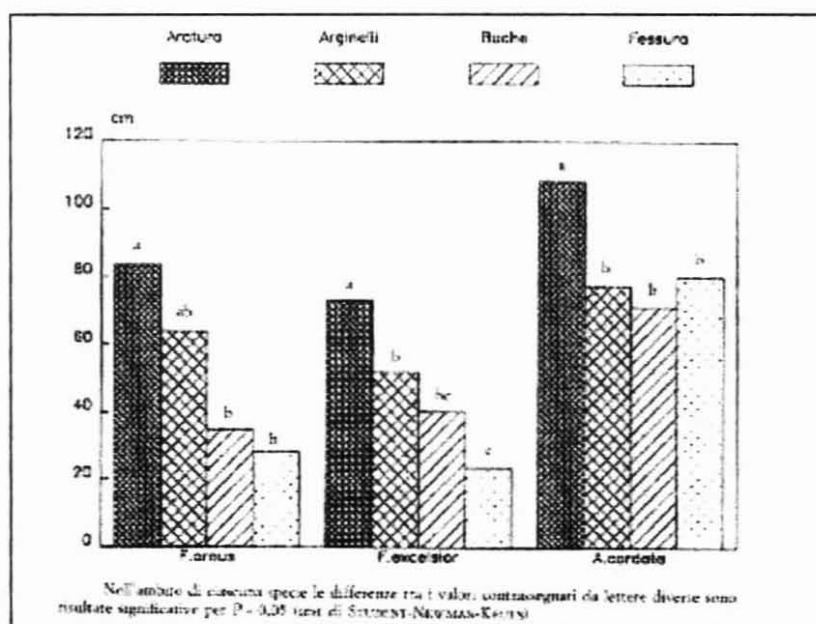
Experiencias realizadas en el Apenino boloñés, entre 1981 y 1985, en nueve áreas; con el objetivo de estudiar la eficacia de diferentes técnicas de preparación del suelo (Minotta, 1989), muestran que:

- La aradura completa mostró los mejores resultados de sobrevivencia y desarrollo de las plantas (Figuras 18 y 19);



Fuente: Minotta, 1989

Figura 18: Porcentaje de sobrevivencia de plantas establecidas en el valle del Reno (promedio de 5 áreas experimentales) al final del segundo año.



Fuente: Minotta, 1989

Figura 19: Altura de plantas establecidas en el valle del Reno (promedio de 5 áreas experimentales) al final del cuarto año.

- El surcado presenta resultados variables según la profundidad (a mayor profundidad mejores resultados), lo que podría deberse a las capacidades variables de retención hídrica;
- Las casillas implican un desarrollo inferior a las dos técnicas mencionadas, sobretodo si el terreno es arcilloso, debido al escaso desarrollo de las raíces y a la acumulación de agua en la estación lluviosa (conocido como efecto “macetero”);
- Otros sistemas probados presentaron resultados negativos (subsulado, apertura de grietas);
- Los buenos resultados de la aradura se supone son debidos a la modificación del terreno (porosidad, permeabilidad) y a un bloqueo en el crecimiento de maleza competidora en los primeros dos años. Todo ello permite un crecimiento regular de las raíces, disponibilidad de elementos nutritivos, menor competencia y por ende una fase de crisis de trasplante más corta.
- La cobertura casi total del terreno después de 3 años permite una reducción del riesgo de erosión en las áreas con pendiente máxima de 25-30%.

Cuando existen estratos inferiores endurecidos, se puede realizar un subsulado, a profundidad variable y a veces con pasadas cruzadas (Accademia, 1992).

El terreno debe prepararse de modo de no presentar contrapendientes, pues en general se trata de especies muy sensibles a la acumulación de agua (Buresti, 1993a). Al final de la primavera se aconseja realizar un subsulado a 50-70 cm de forma de eliminar el pie de arado; posteriormente se efectúa una remoción superficial para eliminar malezas. De esta forma se obtiene un sustrato suave y poroso para un buen desarrollo de las plantas. Además, todas las actividades que llevan a la compactación del suelo (pastoreo, tráfico de maquinaria, etc.) deberían ser minimizadas durante las primeras etapas de formación del sistema radicular (Pini *et al.*, 1999).

En situaciones de pendiente se pueden hacer terrazas con una pequeña contrapendiente para favorecer la absorción de las aguas lluvia (Accademia, 1992).

3.3.4 Plantación

La plantación debe ser realizada por personal especializado (Buresti, 1993a).

Previo a la plantación es oportuno localizar y marcar la ubicación de cada planta según el modelo seleccionado, especialmente cuando se trata de plantaciones mixtas. Útil para ello resultan cañas de diferentes colores que pueden dejarse después de la plantación, o reutilizarse (CBRP, 1995).

Otras consideraciones corresponden a: descartar las plantas enfermas o malformadas, efectuar poda de raíces, realizar una inmersión de las raíces en solución para protegerlas de la deshidratación; correcta colocación de las plantas, extendiendo sus raíces, y apretando el terreno una vez que se verifica que el cuello de la planta queda sobre la superficie. También se recomienda evitar plantar cuando las temperaturas bajan de 0°, cuando el terreno está congelado y en presencia de viento (*Op. cit.*).

En particular se recomienda no enterrar el cuello de la planta (Buresti, 1993a).

Disposición de la plantación:

No existen soluciones preconfeccionadas sobre el tema, pero hay que considerar que tanto la densidad como la disposición de plantación derivan de una serie de datos y evaluaciones particulares de cada caso (Buresti y Mori, 1995).

La disposición de plantación es una referencia geométrica modular que una vez llevado al terreno permite distribuir las plantas y establecer relaciones precisas entre los 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 20).

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, la iluminación no es uniforme lo que puede llevar a copas de forma cuadrada, asimétrica, 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°, aunque se presenta como más compleja (Figura 21).

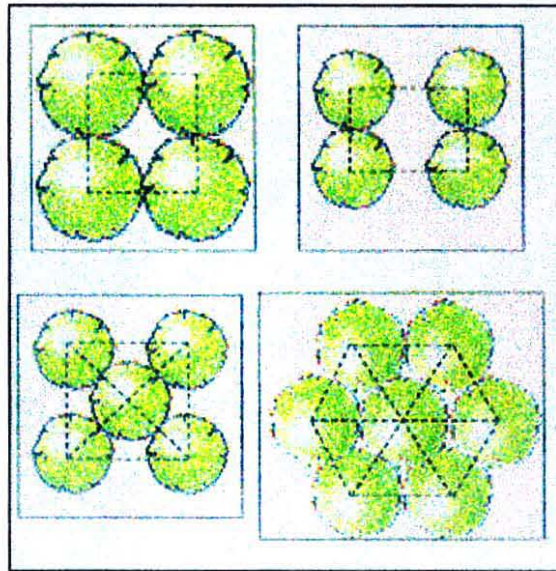
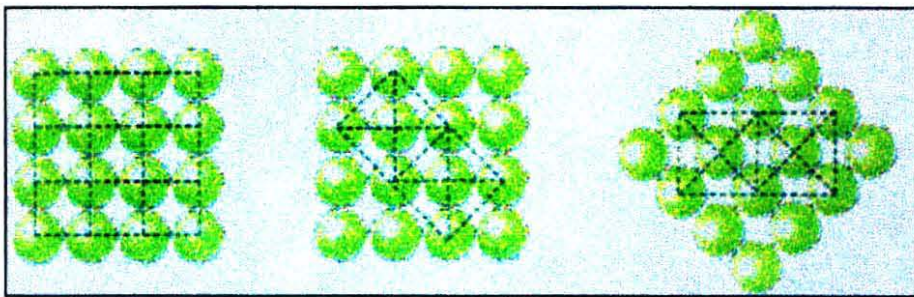


Figura 20: Cuando las copas de los árboles se juntan, es posible ver como las diferentes disposiciones de plantación conducen a una diferente utilización del espacio disponible.



Fuente: Buresti y Mori, 1995

Figura 21: 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 la colocación de los ejes de referencia.

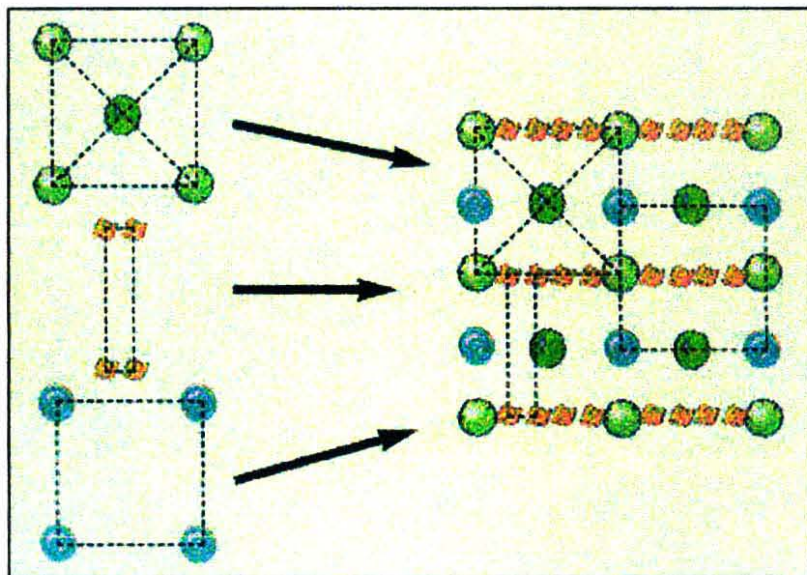
El rombo con 7 plantas tiene la ventaja de establecer una distancia constante entre las plantas y de maximizar la superficie cubierta por las copas. En una misma superficie y distancia entre las plantas cabe un 15,5% más de plantas respecto a la disposición cuadrada. Denci *et al.*, (1982) la definen como la más recomendable, aunque poco práctica.

Queda de manifiesto que la disposición que usa de mejor forma el espacio disponible es la última mencionada, mientras que aquellas que consideran

disposiciones cuadrada o rectangular 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 22), que normalmente se adopta en el caso de las plantaciones mixtas, que es más complejo de establecer en terreno con costos mayores derivados, pero se puede adaptar de mejor forma a las exigencias de la empresa/propietario.

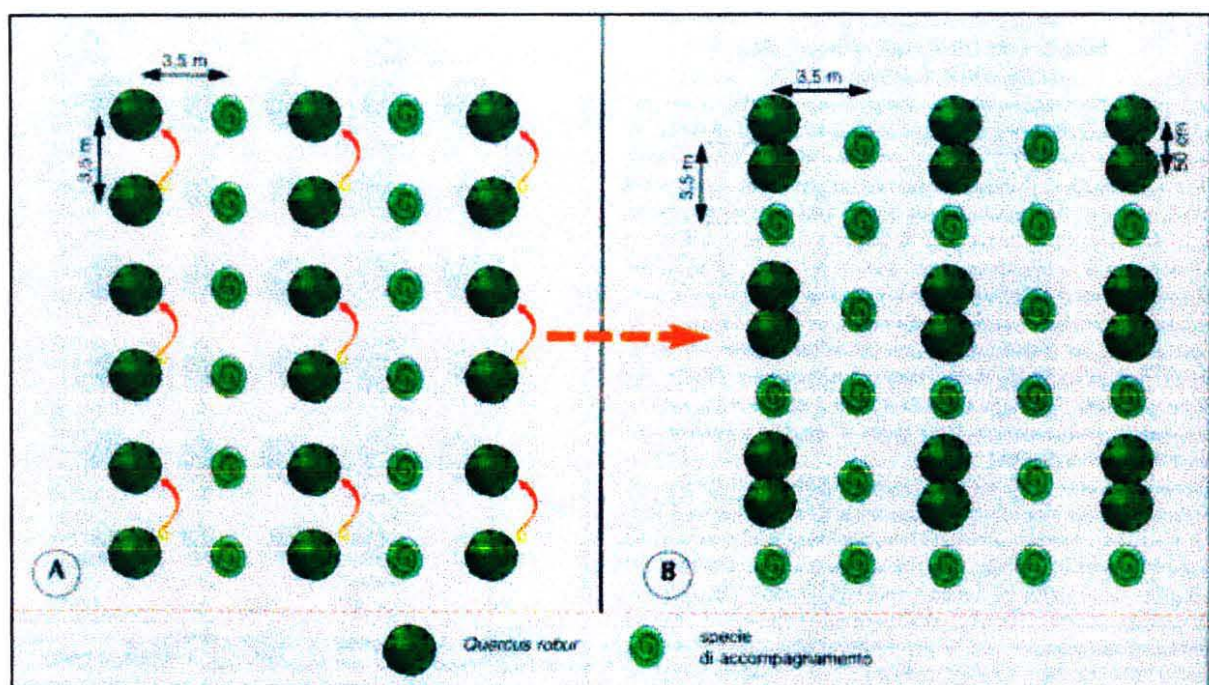
Los árboles son beneficiados por una protección lateral y crecen mejor en ambiente "forestal" que aislados, a condición de que esta protección no cree una fuerte competencia y sobretudo una cubierta invasora. La compañía mejora la forma de los nogales y facilita la formación de un buen tronco (Buresti 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 disponibilidad 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 u otros cuidados, pero que reducen o eliminan la necesidad de ralear.



Fuente: Buresti y Mori, 1995

Figura 22. Ejemplo de disposición compuesta que incluye cuadrado, rectángulo y a rombo con 5 plantas.

En casos de especies que no son fáciles de seleccionar a nivel de vivero, como por ejemplo *Quercus robur*, se ha probado un sistema de plantación de 2 plantas de la misma especie, muy juntas (30-50 cm), con el objetivo de poder elegir las plantas más aptas al sitio luego de haber probado directamente en él 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 7x7 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 3,5x3,5 m; así se obtiene una plantación compuesta de 1.020 plantas/ha, de las cuales el 40% de *Quercus* y el 60% de la especie secundaria (Figura 23).



Fuente: Buresti y Mori, 1999

Figura 23: Módulo de plantación a doble planta a partir de una plantación mixta en hileras.

Una vez efectuada la plantación se realizan los mismos cuidados culturales de siempre; con el tiempo las parejas de plantas crecerán y se diferenciarán en función de su capacidad de adaptación al sitio y de la competencia intraespecífica. Después de 4-6 años, y según el sitio, el arboricultor puede seleccionar dentro de cada pareja el individuo que se ha adaptado mejor. Lo anterior se traduce en un raleo que tiene las ventajas de ser fácil, sin el riesgo de crear áreas con densidad no uniforme ni individuos desequilibrados, y poco

costoso ya que la selección del individuo a cortar es fácil y rápida (Buresti y Mori, 1999).

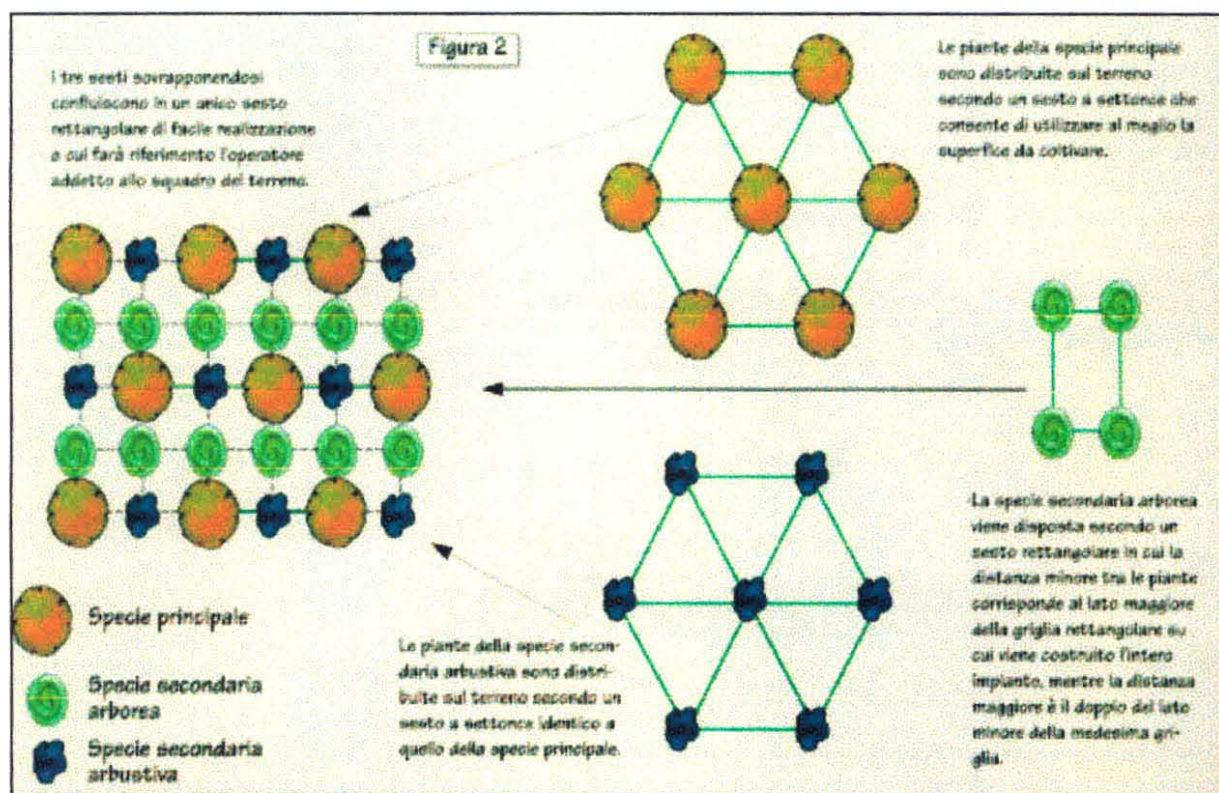
Buresti y Mori (1998) proponen un esquema para propietarios que desean maximizar la producción de madera de valor a través de reducidos aportes energéticos. Las plantas de la especie principal se ubican a distancia definitiva según disposición de rombo-7, lo que permite un uso óptimo del área; con ello se logra el primer objetivo del propietario, la maximización de producción de madera. Para lograr su segundo requerimiento, un bajo aporte energético, se busca crear un ambiente favorable al desarrollo de la especie principal a través de la introducción de dos especies secundarias, una arbórea y una arbustiva. La primera se elige para favorecer el crecimiento longitudinal y una arquitectura que requiera podas simples; la segunda para atenuar los eventuales efectos negativos del raleo de la arbórea secundaria, y para influir sobre el microclima de la plantación, de modo de favorecer un crecimiento constante en el tiempo (Figura 24).

Para obtener los resultados deseados se seleccionó una disposición para la especie acompañante arbustiva igual al 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 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 de acompañamiento arbórea. Una vez que haya desempeñado su función, y antes de entrar en competencia, ésta deberá ser raleada, con 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 como especie principal se pueden usar varias especies a la vez, incrementando la flexibilidad de la plantación ante problemas biológicos o fluctuaciones de los mercados; lo mismo puede aplicarse a las especies secundarias.



Fuente: Buresti y Mori, 1998

Figura 24. Tres disposiciones diferentes se intersectan formando una disposición rectangular de fácil realización.

Sulli (1997) concluye que para efectuar una correcta disposición de las plantas en terreno y tener una plantación ordenada y geométrica, el uso de instrumentos específicos puede ser de utilidad, sobretudo en terrenos con pendientes mayores a un 10%.

Densidad de la plantación: varía según la especie. En el caso del cerezo, se citan densidades desde 6x5 m hasta 10x10 m para plantaciones de fruto, mientras que para producir madera, en Italia, se habla de 3x3 m, al igual que en Francia, aunque en caso de contar con material de buena calidad es normal seleccionar una densidad final; en Bélgica desde 1,5x1,5 m a 2x3 m. En el caso de plantaciones en hilera se recomienda separar más las plantas sobre la fila, a unos 5-7 m, para evitar que se doblen hacia fuera de la hilera (Mercurio y Tocci, 1983).

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

- Módulos a densidad variable: las plantaciones se establecen con una densidad mayor con el objetivo 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, cuyas ventajas son la simplicidad en el manejo y los costos inferiores respecto de a).

3.4 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 de masas, como en el caso del álamo. La inversión realizada condicionará por al menos 40-60 años una parte del terreno; por lo que para tener 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.

3.4.1 Podas

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

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

En Italia, en el sector forestal, no existe una gran tradición sobre esta práctica cultural (Falcioni y Brunori, 1997). Específicamente en el caso de las latifoliadas nobles, como nogal, cerezo, fresno y otras, se ha observado a los operadores y técnicos con falta de preparación y a menudo 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 10-12 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 vida de la plantación, y es una práctica esencial para producir madera de buena calidad tecnológica.

Para la poda de formación el Consorzio di Bonifica Reno Palata (1995) recomienda comenzarla al segundo año, después de superada la crisis de trasplante. Se debe limitar a eliminar bifurcaciones, sustitución de ápices dañados, 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 se prevé serán seleccionadas para llegar a la cosecha.

De esta manera se pueden lograr fustes de 3 m de largo de nogal y de 6-7 m para cerezo (Minotta, 1994b).

Entre los criterios a tener presente para hacer la poda se encuentran los siguientes (Buresti, 1992b; Buresti, 1993a):

- 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 de las heridas, y debe respetarse el anillo cicatricial localizado en la base de las ramas.

Falcioni *et al.* (1996) mencionan como criterios los siguientes:

- La altura de inserción de la copa 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 tres tipos de poda de formación de importancia: poda a modo de plumero, poda progresiva y poda estival.

Poda a modo de plumero: Conocida como poda a modo de plumero, desyeme total o poda de varillas, es una técnica muy difundida en Italia. 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 aquella que desarrolla la yema apical y que

tenderá a alargarse mayormente. Se aplica a partir del primer año de plantación; esta operación se realiza dos o tres veces sucesivas, a partir de la reanudación del período vegetativo, eliminando con la mano tanto las yemas engrosadas como las pequeñas (máximo de 2 - 3 cm de largo).

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 libres de nudo, cilíndricos pero más débiles y sensibles al viento, sobretodo en el momento en que la copa comienza a adquirir dimensiones de cierta importancia. Esto hace que sea indispensable la utilización de tutores para apoyar el fuste que aún no es capaz de sostener la parte aérea, y evitar su curvatura.

Este tipo de poda es una intervención drástica, que expone a la planta a una condición de estrés, sobretodo en el primer año de desarrollo, y puede ser aplicada solamente cuando se cultiva una especie en su sitio óptimo y se presenta un crecimiento vigoroso (Falcioni *et al.*, 1996).

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 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. Consiste en dos tipos de operaciones:

- ✓ poda de formación invernal
- ✓ levante de copa.

El objetivo de este tipo de poda de formación es la obtención de una planta con un eje central único, ramas con disposición horizontal y distribuidas lo más uniformemente posible.

Para ello se debe eliminar aquellas ramas que sean excesivamente vigorosas o de diámetros elevados (hasta 3 - 4 cm). Las ramas que se eliminan deben ser cortadas a ras del tronco, pero sin dañar el anillo situado en el nivel de inserción de la rama, denominado *anillo cicatricial*, 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.

La poda de formación debe conducir a una planta con un solo eje central, con ramas lo más horizontales posible, y distribuidas de manera uniforme. A medida que se avanza con la poda de formación, cuando la planta ha alcanzado los 3-4 m

de altura y estabilidad biológica, se inicia la poda de levante (Falcioni *et al.*, 1996). El objetivo es de 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 10-12 cm, de modo de concentrar los nudos en la parte central del mismo.

Además de elevar la inserción de la copa eliminando las ramas más bajas, 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.

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

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).

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 de los individuos) los que a menudo actúan de forma sinérgica (Buresti *et al.*, 1998).

Pareciera que las aperturas de dosel provocadas por los raleos no es un factor que favorece en modo determinante la aparición de rebrotes, al menos en los casos de árboles con copas amplias y 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 dudar de la conveniencia de ejecutar ambas labores en forma seguida (Buresti *et al.*, 1998).

3.4.2 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; así como también aumentar la estabilidad física y biológica del sistema, obtener un producto maderero deseado, regular la composición del rodal y crear condiciones favorables para el establecimiento de la regeneración si esto es deseado (Piusi, 1994, citado por De Meo *et al.*, 1999). Obviamente, cada intervención tendrá como

objetivo una o más de las funciones mencionadas, según el objetivo con que es realizado.

El raleo de una plantación de arboricultura en cambio tiene por objetivo principal el 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 toda la población, en arboricultura se considera la dinámica de cada planta en particular.

Es de vital importancia que las plantas tengan un crecimiento 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 de transformación (Buresti *et al.*, 1998). Por ello es necesario intervenir con raleos en forma repentina, antes que los individuos inicien un proceso de competencia que lleva a una reducción del crecimiento anual, lo que puede llevar a una depreciación de la madera, e incluso al fracaso de la plantación completa.

Debido a ello los raleos deben ser ejecutados de manera que los individuos remanentes tengan un espacio suficiente para mantener un ritmo de crecimiento elevado en el tiempo. Asimismo, esto debe ser compatibilizado con los costos y sus 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 input energéticos otorgados (riego, fertilización, etc.). En la segunda fase se concentra todo el ciclo productivo de la plantación, el que debe ser cortado cuando empieza 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 anillos de crecimiento, lo que

significa obtener un menor precio por la madera a obtener, como ya se ha mencionado anteriormente.

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 empezará 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 la copa equilibrada; 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 la competencia empiece, es medir el incremento diamétrico en forma anual, el que al disminuir debería dar la voz de alarma (De Meo *et al.*, 1996; Buresti *et al.*, 1998).

Sin embargo, frecuentemente se encuentran situaciones más o menos heterogéneas, debido a que:

- Se ha iniciado la competencia;
- Los cuidados culturales aplicados no han sido correctos;
- Una perturbación externa ha dañado parte de las plantas;
- Las plantas empleadas no eran de calidad ni homogéneas.

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 siempre válidas, 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.

El Consorzio di Bonifica Reno Palata aconseja realizar raleos de tipo selectivo, favoreciendo los individuos más vigorosos y de mejor forma, hasta llegar a la densidad final. Se realizan cuando las copas empiezan a tocarse, ya que a partir de este momento la intensidad de los fenómenos de competencia intra e inter

específica parece influir significativamente sobre los ritmos de desarrollo de las plantas (CBRP, 1995).

Actualmente el tema de los raleos es objeto de investigaciones especializadas en algunos países de Europa⁶. En particular en la Figura 25 se muestra un ejemplo de un esquema de raleos en una plantación de arboricultura para producir maderas de alto valor; en ella se puede observar que a continuación de un raleo geométrico se pasa de una disposición cuadrada a una a tres bolillos, para volver, después del último raleo, otra vez a una disposición cuadrada.

Lo anterior muestra que con una buena planificación pre-plantación puede programarse y someter la plantación a diferentes interacciones con sus acompañantes en diferentes etapas de su desarrollo, lo que es un indicador de la versatilidad de estas técnicas, así como del grado mayor de trabajo previo a la ejecución, en comparación con los modelos empleados en las plantaciones industriales tradicionales.

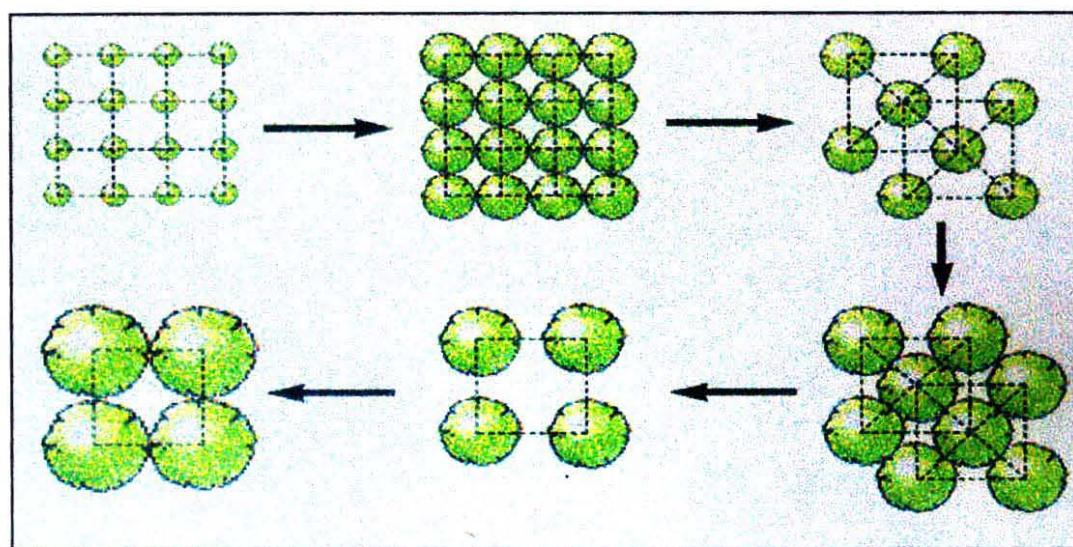


Figura 25: Ejemplo de un esquema de raleos en una plantación de arboricultura para producir maderas de alto valor.

La densidad se expresa a través del factor de competencia de las copas o CCF (Crown Competition Factor) que define la relación porcentual entre la amplitud máxima teórica de las copas y la superficie del terreno ocupada por las plantas; el CCF es independiente de la edad y de la fertilidad del sitio (Frattegiani y Mercurio, 1991). Este indicador es usado, entre otros países, en los EE.UU. para

⁶ Buresti E. 2000. Istituto Sperimentale per la Selvicoltura, Arezzo. Com. Personal.

decidir las modalidades de ejecución de los raleos de plantaciones de nogal negro. Del estudio de 110 nogales comunes se obtuvo que la ecuación para la especie en Italia sería la siguiente:

$$Dch^7 = 2,10802 + 0,217116 \times D_{1,3}$$

que posee un $r = 0,96$; $r^2 = 92,5\%$ y una $DS=0,922$.

Las plantaciones de arboricultura deben presentar condiciones de ausencia de competencia y de máxima disponibilidad de recursos para los árboles, condiciones que deben mantenerse durante todo el ciclo; por ello omitir o retardar una intervención causando una irregularidad en el ritmo de crecimiento con una menor calidad de la madera, en consecuencia, pone en riesgo la validez de la plantación (Fabiano *et al.*, 1999).

En Italia las mayores dificultades para realizar raleos son de tipo económico cuando representan un costo no compensado por los productos obtenidos.

3.4.3 Limpias

En los ex terrenos agrícolas, las malezas son muy vigorosas y pueden ejercer una competencia considerable (CBRP, 1995) tanto a nivel radicular con efectos negativos sobre las posibilidades de absorción de agua y de minerales, como de la parte aérea, por sombreamiento, y pueden constituir un centro potencial de proliferación y difusión de parásitos (Accademia, 1992).

Las limpieas son esenciales en las fases iniciales del cultivo para permitir el desarrollo satisfactorio de las especies, en particular de nogal y cerezo (Minotta, 1994b); generalmente son realizadas mediante remociones superficiales del suelo durante los primeros 3-4 años (Buresti, 1993a), pero también puede efectuarse con el uso de mulching plástico o de residuos vegetales (Corona *et al.*, 1992), así como mediante la aplicación de productos químicos, o una combinación de estos mecanismos (Accademia, 1992).

Frattegiani (1997) aconseja usar mulch solo en aquellos terrenos bien drenados para evitar riesgos de asfixia radicular.

3.4.4 Protecciones

Uno de los problemas más serios que se enfrenta al plantar, es la presencia de fauna silvestre, que daña las plantas a través de mordidas y restriegues. Por ello

⁷ Dch: densidad y $D_{1,3}$: Diámetro a la altura del pecho

es necesario aplicar técnicas de defensa que buscan minimizar los daños, sobretudo en la actualidad en que 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 los cercos, y también individuales, como la aplicación de productos repulsivos 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, aun cuando el diseño no es al azar sino que responde a necesidades del cultivo o para facilitar su transporte. Existen tubos de sección cuadrada, circular, triangular y hexagonal, aunque ello no influye en su eficacia (Sestini, 1995). Los largos disponibles en el mercado varían desde 60 cm 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 el de 60 cm, y en caso que haya ciervos, se requerirá el de 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; por cuanto en los tres colores existe paso de luz. 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 de altura y diámetro al cuello.

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

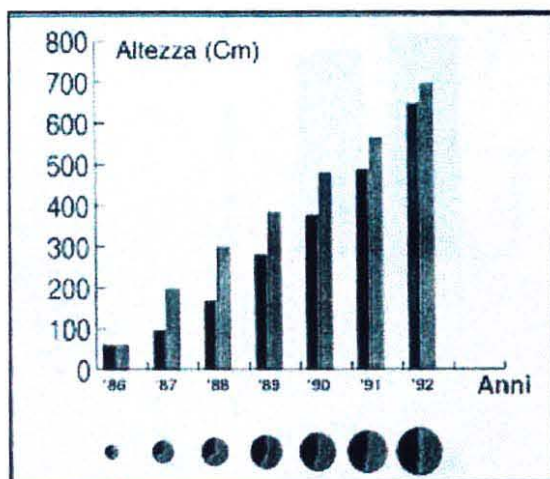
Al instalarlos se debe cuidar de dejarlos fijos en posición vertical por medio de un tutor bien enterrado. En suelos muy arcillosos no se debe dejar muy enterrado el tubo, para evitar que se acumule agua en su interior.

Además de la protección contra la fauna, los tubos presentan una serie de efectos colaterales, tales como un efecto positivo en el desarrollo inicial de las plantas (Figura 26) 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 la dañan), y a la vez reduce el

impacto de golpes, evitando heridas peligrosas en el fuste en el caso de limpiezas mecánicas. En este sentido se menciona un "efecto sociológico" que los tubos tienen sobre el operador, ya que si una planta es golpeada, y siendo bastante visible, se está obligado a reposicionar el tubo, operación que implica gran pérdida de tiempo.

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 CO₂, protección del viento y reducción de los movimientos del tallo (Sestini, 1995), lo que activaría la fotosíntesis.

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



Fuente: Sestini, 1995

Figura 26. Comparación entre el crecimiento de plantas de *Q. robur* protegidas con shelter y otras sin protección. El fuerte incremento inicial permite a las plantas protegidas superar más rápidamente la altura de las malezas. En los diagramas de torta, en los que se muestra la suma de las alturas de las plantas, se puede ver como después de los primeros años la diferencia entre ambas tiende a atenuarse.

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; de hecho en Italia se aconseja recoger los residuos y llevarlos al basurero.

Los tubos pueden ser utilizados con muchas especies, latifoliadas y coníferas, mostrando muy buenos resultados con las especies de rápido crecimiento, cuyo