menor en el tratamiento que consideraba la asociación de nogal, cerezo y especies fijadoras de nitrógeno respecto a la asociación de nogal y cerezo.

Debido al grave daño causado en los cerezos, posteriormente sólo se evaluó el crecimiento del nogal. En el Cuadro 5 se observa el efecto positivo de las especies fijadoras de nitrógeno en el crecimiento de nogal.

**Cuadro 5. Altura y Diámetro en plantaciones pura y mixta de nogal**

| Variables | Altura (cm) | | | | | | Dap (cm) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Año | 1994 | | 1996 | | 1998 | | 1994 | | 1996 | | 1998 | |
| Bloques | A | B | A | B | A | B | A | B | A | B | A | B |
| Nogal puro | 216,6 | 236,6 | 262,3 | 355,3 | 286,6 | 423,4 | 2,18 | 2,16 | 2,84 | 4,00 | 3,47 | 5,99 |
| Nogal mixto | 307,7 | 410,6 | 413,6 | 628,5 | 464,6 | 720,7 | 3,14 | 4,50 | 4,15 | 7,33 | 5,52 | 9,72 |

Fuente: Buresti y De Meo (1998a)

Las diferentes densidades en los tratamientos mixtos no permiten establecer en qué medida el mayor crecimiento del nogal mixto es atribuible a la mayor densidad de plantación, a la presencia de especies fijadoras de nitrógeno o a la acción de ambos factores. El hecho que el mejor resultado de los tratamientos mixtos se observó tanto en altura como en diámetro, hace suponer que parte del efecto incremental es atribuible a la asociación con especies fijadoras de nitrógeno. Al contrario, si el efecto fuese debido a la mayor densidad, éste se manifestaría estimulando su desarrollo en altura.

- En 1988 se realizó una plantación mixta con tres especies de nogal (*Juglans regia*, *J. nigra* y *J. regia x nigra*) asociadas a cerezo, aliso italiano y olivo de bohemia, en un terreno de relave de minerales de la empresa eléctrica ENEL en Valdarno, Italia (Buresti *et al.*, 1997).

El diseño experimental consistió en dos bloques (Bloque A en zona casi plana y B con exposición noreste y noroeste) y tres tratamientos (plantación mixta con nogal común, nogal negro y nogal híbrido). La Figura 15 presenta el diseño utilizado.



INFOR

La comparación de tres especies de nogal en plantación mixta se debe a la experiencia, para aprovechar el efecto positivo de la asociación en el nogal y de potenciar la evolución de la plantación. La distancia entre nogales permite llegar al final de la rotación con diámetros superiores a 30 cm, antes que la competencia altere su crecimiento diamétrico. Análogamente, la distancia de 7 m entre nogal y cerezo permite ralear el cerezo cuando alcanza las dimensiones requeridas por el mercado (25 cm de diámetro) sin afectar el crecimiento del nogal (Buresti *et al.*, 1997).

Los Cuadros 6 y 7 entregan antecedentes de crecimiento de este ensayo.

**Cuadro 6. Crecimiento de tres tipos de nogal en plantación mixta a los 6 años**

| | Bloque A | | | | Bloque B | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Especies/año** | **H[27] (m)** | **Im[28] H (m/año)** | **D[29] (cm)** | **Im D (cm/año)** | **H (m)** | **Im H (m/año)** | **D (cm)** | **Im D (cm/año)** |
| *Juglans regia* | 3,63 | 0,61 | 4,2 | 0,69 | 3,49 | 0,58 | 4,0 | 0,66 |
| *Juglans nigra* | 2,83 | 0,47 | 2,6 | 0,44 | 3,07 | 0,51 | 3,0 | 0,51 |
| *Juglans nigra x regia* | 3,34 | 0,56 | 3,7 | 0,61 | 5,54 | 0,76 | 6,0 | 1,01 |
| *P. avium con J. regia* | 5,92 | 0,99 | 9,3 | 1,55 | 5,79 | 0,97 | 9,7 | 1,62 |
| *P. avium con J. nigra* | 5,92 | 0,99 | 8,8 | 1,47 | 6,02 | 1,00 | 10,2 | 1,70 |
| *P. avium con J. nigra x regia* | 5,18 | 0,86 | 7,4 | 1,23 | 6,08 | 1,01 | 9,6 | 1,60 |

Fuente: Buresti *et al.* (1997)

**Cuadro 7. Crecimiento de tres tipos de nogal en plantación mixta a los 8 años**

| | Bloque A | | | | Bloque B | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Especies/año** | **H (m)** | **Im H (m/año)** | **D (cm)** | **Im D (cm/año)** | **H (m)** | **Im H (m/año)** | **D (cm)** | **Im D (cm/año)** |
| *Juglans regia* | 5,12 | 0,64 | 5,9 | 0,73 | 5,49 | 0,69 | 6,1 | 0,77 |
| *Juglans nigra* | 3,77 | 0,47 | 4,0 | 0,49 | 4,61 | 0,58 | 5,1 | 0,63 |

27. H= Altura 28. Im= Incremento medio 29. D= Diámetro



INFOR

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Juglans nigra x regia* | 4,27 | 0,53 | 5,1 | 0,64 | 6,50 | 0,81 | 9,2 | 1,15 |
| *P. avium con J. regia* | 7,15 | 0,89 | 12,8 | 1,60 | 6,96 | 0,87 | 13,6 | 1,70 |
| *P. avium con J. nigra* | 6,80 | 0,85 | 12,5 | 1,56 | 7,12 | 0,89 | 14,7 | 1,84 |
| *P. avium con J. nigra x regia* | 6,26 | 0,78 | 10,8 | 1,35 | 7,40 | 0,93 | 14,1 | 1,76 |

Fuente: Buresti *et al.* (1997)

Tanto la altura como el diámetro resultan mayores en el bloque B, sobretodo en el tratamiento con nogal negro e híbrido, lo que se debe a que las condiciones son favorables a ambas especies (mayor disponibilidad de agua).

Distinto es el comportamiento del cerezo, con una variabilidad entre bloques menos acentuada, especialmente en el crecimiento en altura, fenómeno que se debe a que es menos sensible que nogal a la variación de sitio.

Las diferentes especies de nogal no condicionan significativamente el desarrollo del cerezo ni en altura ni en diámetro; es interesante notar que el incremento en altura del cerezo sufre en los últimos dos años una reducción notable, fenómeno que confirma que el cerezo es una especie de rápido crecimiento juvenil, con una culminación del incremento medio en altura muy precoz, que en este tipo de plantaciones puede comenzar antes de los 10 años (Buresti *et al.*, 1997).

Del análisis de los datos de diámetro y altura para las tres especies se formulan las siguientes observaciones:

- Tanto en el sexto como en el octavo año el nogal negro presenta valores significativamente menores respectos a los otros nogales.
- A los seis años el nogal híbrido presenta mejores resultados, con altura y diámetro medio significativamente superiores al nogal común.
- A los ocho años la altura del nogal híbrido es prácticamente igual a la del nogal común; sin embargo, respecto al diámetro persisten diferencias entre ambos.
- El incremento en altura de nogal común es muy superior al de los demás; entre nogal negro y el híbrido no se observan diferencias significativas.



INFOR

Interesante es el comportamiento del nogal y cerezo en plantación mixta; el cerezo en los primeros años muestra crecimientos en altura muy superiores respecto al nogal, el que disminuye precozmente, con valores inferiores en los últimos dos años. Este comportamiento puede utilizarse en asociaciones en que el cerezo efectúe inicialmente una eficaz acción de acompañamiento lateral para el nogal, eficacia que se confirma con los resultados obtenidos de plantaciones puras de nogal (Buresti *et al.*, 1997).

- Cerezo es una de las especies que raramente se encuentra en forma natural en rodales puros; el "objetivo ideal" es producir un árbol con 6-7 m de fuste recto, cilíndrico y sin defectos (Crave, 1993). Considerando los resultados obtenidos en varias plantaciones comparativas de la especie, no parece recomendable usar clones a gran escala; una solución sería asociar la especie a otras o mezclar clones, asociándolos en hileras alternadas con material procedente de semilla.

- Según Spiecker (1994), el crecimiento de individuos jóvenes de cerezo común es muy rápido pero decrece progresivamente; la altura final alcanzada es similar a la de farnia. Cerezo retiene las ramas muertas, por lo que debe podarse para producir madera de alto valor. Reacciona fuertemente con la variación de agua suministrada, y la disponibilidad de espacio para su crecimiento tiene un efecto decisivo en el diámetro. Se regenera fácilmente por semilla y puede plantarse asociado con un distanciamiento no muy bajo, ya que los rodales puros no se aconsejan, debido a la elevada intolerancia con sus propios residuos bioquímicos, lo que ha causado que a una cierta edad (alrededor de 20 años) muchas plantaciones puras mueran repentinamente, sin signos exteriores de daños por plagas o enfermedades.

- El cultivo de nogal negro asociado con especies arbóreas fijadoras de nitrógeno podría entregar a los propietarios retornos iguales o mayores que con otras alternativas de manejo más intensivas, y también lograr una buena adaptación a tierras agrícolas marginales (Campbell y Dawson, 1989).

- Según Graeschke y Gurth (1993) en los mejores sitios, nogal común crece igual o más que fresno mayor, farnia y haya. Su forma es similar a la de las otras latifoliadas y puede crecer en forma mixta con otras latifoliadas nativas, recomendándose densidades de hasta 1.000-2.000 arb/ha.

- En un rodal de *Quercus petraea* mixto el crecimiento en diámetro y en altura a los 20 años es significativamente mayor que la plantación pura. La calidad del *Quercus* en gran parte no se vio afectada por la composición del rodal. Su rápido crecimiento se atribuye a diferencias en los regímenes de nutrientes y agua y a la competencia con las especies del rodal mixto (Bartsch *et al.*, 1996).

- En rodales mixtos de farnia y haya, el largo de las raíces finas (diámetro <1 mm) es superior que las de otras clases (diámetros de 1-2 y 2-5 mm) en suelo mineral de más de 60 cm (Van de Valle *et al.*, 1998).



INFOR

– Una experiencia realizada en Italia con las especies principales cerezo común, *Fraxinus angustifolia*, nogal negro, farnia; y las especies secundarias aliso italiano, olivo de bohemia y robinia, con diseño en hileras, en 200 ha, establecida en 1985 (Buresti y Frattegiani, 1995a) muestra los datos presentados en el Cuadro 8.

**Cuadro 8. Comparación de plantación pura y mixta con 3 especies secundarias fijadoras de nitrógeno**

| Especie | Año Medición | Puro | | Mixto con *Alnus* | | Mixto con *Elaeagnus* | | Mixto con *Robinia* | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | H (cm) | Diam (cm) | H (cm) | Diam (cm) | H (cm) | Diam (cm) | H (cm) | Diam (cm) |
| Cerezo *(Prunus avium)* | 1987 | 305 | - | 322 | - | 295 | - | 320 | - |
| | 1988 | 450 | 7,6 | 480 | 8,0 | 427 | 7,4 | 490 | 6,9 |
| | 1989 | 550 | 10,2 | 592 | 11,4 | 529 | 10,3 | 641 | 9,7 |
| Fresno *(Fraxinus angustifolia)* | 1992 | 780 | 15,2 | 827 | 17,7 | 766 | 16,8 | 820 | 16,7 |
| | 1987 | 210 | - | 209 | - | 241 | - | 212 | - |
| | 1988 | 380 | 6,7 | 388 | 7,1 | 421 | 6,8 | 420 | 6,4 |
| | 1989 | 500 | 8,4 | 494 | 9,5 | 573 | 9,1 | 585 | 8,4 |
| Nogal negro *(Juglans nigra)* | 1992 | 785 | 16,3 | 767 | 18,3 | 910 | 19,1 | 842 | 18,2 |
| | 1987 | 100 | - | 116 | - | 139 | - | 153 | - |
| | 1988 | 170 | 2,6 | 228 | 3,2 | 228 | 3,4 | 287 | 2,8 |
| | 1989 | 210 | 3,5 | 313 | 5,3 | 288 | 4,8 | 340 | 3,8 |
| Farnia *(Quercus robur)* | 1992 | 370 | 6,5 | 589 | 9,3 | 556 | 9,3 | 544 | 7,4 |
| | 1987 | 120 | - | 160 | - | 139 | - | 143 | - |
| | 1988 | 165 | - | 213 | - | 194 | - | 214 | - |
| | 1989 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | 1992 | 430 | 8,0 | 472 | 9,1 | 476 | 8,1 | 464 | 7,1 |

Fuente: Buresti y Frattegiani (1995a)



INFOR

El efecto de las especies secundarias sobre el crecimiento de las especies principales se debe a que las primeras fijan nitrógeno, estimulando tanto el crecimiento en diámetro como en altura, además de los aspectos derivados de la competencia. Cada especie secundaria afecta la fijación de nitrógeno y la competencia en forma diferente, dependiendo de la asociación y de las condiciones del sitio (Buresti y Frattegiani, 1995a).

- En Europa existen asociaciones naturales de arce con fresno que constituyen biocenocis desde el punto de vista fitosociológico y ecológico (Loewe *et al.*, 1999).

- En Chile, plantaciones mixtas que ha realizado INFOR en la comuna de Retiro, VII región, con nogal común y olivo de bohemia presentan resultados comparables a los obtenidos en Europa en situaciones análogas. Además de un incremento significativo en la calidad de la madera, los costos de manejo en los primeros seis años son entre un 300 y 600% superiores en las plantaciones puras de la misma especie bajo condiciones homólogas (Loewe *et al.*, 2004a).

**2) Especies secundarias fijadoras de nitrógeno (*Alnus sp., Robinia sp., Elaeagnus sp.*, otras)**

El tipo y dosis de fertilización en las plantaciones varían según los requerimientos nutricionales de la especie y los niveles de fertilidad del suelo. La fertilización con nitrógeno juega un papel muy importante en la estimulación del crecimiento inicial, desarrollo de las plantas y producción de biomasa (Boyer y South, 1985; Adams y Allen, 1985 cit. por Masoodi *et al.*, 1996), por lo que la asociación con especies que tienen la habilidad de fijar nitrógeno atmosférico resulta tan interesante y presenta un potencial atractivo. A continuación se presentan algunas experiencias de esta categoría.

- En el sur y centro de Italia, aliso italiano es muy interesante para usar en plantaciones mixtas con latifoliadas para madera de alta calidad, siendo una especie típica del ambiente mediterráneo. Puede alcanzar 20-25 m de altura, y un DAP máximo de 50-60 cm; es tolerante a la sombra; puede encontrarse tanto en suelos arcillosos como arenosos, y vivir en sitios secos y pobres. Es una especie de rápido crecimiento, que produce numerosos y vigorosos rebrotes después de la corta (Buresti *et al.*, 1993a).

  Mediante simbiosis con bacterias fijadoras de nitrógeno del género *Frankia,* aliso italiano fija nitrógeno que mineraliza fácilmente. En una plantación mixta de seis años de edad de aliso italiano y farnia, Buresti *et al.* (1990) cit. por Buresti *et al.* (1993a) estimaron la fijación de 50 Kg./ha/año de nitrógeno, del cual un 80% es fijado biológicamente. A los diez años la plantación se observó con mayor crecimiento tanto en diámetro como en altura para farnia en asociación, concluyéndose



INFOR

que su plantación con aliso italiano promueve un rápido crecimiento y una mejor calidad fustal, incrementándose el valor comercial de su madera (Buresti *et al.*, 1993b).

- El ingreso de *Alnus crispa* en plantaciones puras de *Picea sp.* significó importantes incrementos en diámetro y altura de la *Picea,* que comenzaron 3-6 años después de la entrada de *Alnus.* La contribución anual estimada de nitrógeno fue de aproximadamente 50 Kg. /ha (Hudson, 1993), concordando con los valores estimados por otros autores.

- Según Kurdali *et al.* (1990) la asociación entre aliso negro y álamo negro derivó en una mayor fijación de nitrógeno comparado con una plantación pura de *Alnus.*

- Aliso negro a menudo se asocia al nogal negro, especie comercialmente valorada, debido al incremento de la fertilidad del suelo, aunque en ciertos suelos su crecimiento puede reducirse por la alelopatía del nogal (Neave y Dawson, 1989).

- Miller *et al.* (1993) determinaron una influencia positiva al plantar en forma mixta pino oregón; de hecho el volumen de un rodal de pino oregón aumentó en un 130% respecto a la situación pura, debido a la influencia ejercida por aliso rojo mediante la fijación de nitrógeno.

- En un estudio comparativo realizado en Bulgaria entre una plantación pura de robinia de 24 años y otras mixtas con *Gleditsia triacanthos, Tilia tomentosa, Corylus avellana* o *Acer campestris*, se observó que robinia creció mejor en forma mixta que pura, aumentando 5-26% en diámetro y 22-28% en altura. La biomasa en plantaciones mixtas fue 14-42% mayor que en plantaciones puras. La mejor combinación fue entre robinia y *Acer campestre* con una biomasa aérea de 142,9 ton/ha (Kostov *et al.*, 1992). Robinia es una de las pocas leguminosas fijadoras de nitrógeno adaptada a áreas propensas a heladas.

- Robinia según Panagopoulos y Hatzistathis (1995) es una especie deseable como acompañante debido a su rápido crecimiento inicial, capacidad de retoñar y de fijar nitrógeno. Según Aleksandrova *et al.* (1994) la fijación de nitrógeno de la especie en forma pura es alta en suelos arenosos, mientras que si se asocia con *Alnus glutinosa* y *Hippophae rhamnoides* la fijación es alta en suelos aluviales de praderas. Además, se adapta mejor a determinados suelos que otras especies y es una de las más eficientes respecto a la fijación de nitrógeno.

- Aleksandrova *et al.* (1993) señalan que *Populus euroamericana* aumenta su productividad cuando crece junto a *Hippophae rhamnoides* en suelos aluviales, mientras que en suelos calcáreos "chernozem" su productividad aumenta cuando crece con *Robinia pseudoacacia.*



INFOR

- *Leucaena leucocephala* es una especie tropical con muchos usos (madera, forraje, combustible, madera pulpable, etc.) debido a su rápido crecimiento y adaptabilidad. Su importancia radica en su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico y dejarlo disponible como nutriente, mejorando la fertilidad del suelo; esta fijación ocurre en las raíces, en nódulos infectados con bacterias, en este caso del género *Rhizobium* (Van Den Beldt y Brewbaker, 1985). Awonaike *et al.* (1996) señalan que la materia seca, el contenido de nitrógeno y la cantidad total de nitrógeno fijado por *Leucaena leucocephala* decrece significativamente cuando decrece su sistema radicular.

- Debido a que las plantaciones de álamo poseen rotaciones cortas requieren gran cantidad de nitrógeno para su rápido crecimiento. Investigaciones realizadas en países que han evaluado plantaciones mixtas con especies del género *Alnus sp.*, caracterizadas por ser fijadoras de nitrógeno atmosférico mediante simbiosis con *Frankia* (De Bell y Harrington, 1993), muestran que en la mayoría de los casos, el crecimiento de *Populus* ha aumentado (Van der Meiden 1961; Hansen y Dawson, 1979 cit. por De Bell y Harrington, 1993), pero rara vez el volumen de cosecha total ha aumentado (De Bell and Radwan, 1979 cit. por De Bell y Harrington, 1993).

- Clatterbuck *et al.* (1987) indican una asociación de encino rojo (*Quercus falcata),* una especie de madera apreciada para aserreado, con plátano (*Platanus occidentalis).* Plátano presenta un crecimiento inicial en altura más rápido que el encino. En estos rodales la incorporación de liquidambar (*Liquidambar styraciflua*) como especie "entrenadora" hace que naturalmente se diferencie, ocupando un estrato de copa inferior que el del encino, por lo que puede dejarse, a diferencia del plátano, que por competir vigorosamente con la especie principal debe removerse. El estudio concluye que el efecto de la asociación varía significativamente con el sitio.

- Casos exitosos de plantaciones mixtas en Australia con las especies *Eucalyptus plenissima* y *Melaleuca spicata*, ambas para la producción de aceites esenciales, junto a acacias, sándalo y arbustos y herbáceas para la producción de especias, se han realizado en superficies mayores a 170 ha (Hincks, 2004).

- La dificultad en el establecimiento de la vegetación ante condiciones adversas, cuando el potencial micorrícico es pobre o deficiente (Danielson, 1985 cit. por Lumini *et al.,* 1994), se puede superar usando plantas que forman asociaciones microbianas radiculares (Wheeler *et al.* 1991 cit. por Lumini *et al.,* 1994). *Pisolithus tinctorius* es una especie que ha llamado la atención debido a su habilidad para formar ectomicorrizas con ciertas especies en condiciones adversas, por lo que se usa en programas de forestación y reforestación (Raman y Rajendran, 1994). Además, Bosco *et al.* (1991) concluyeron que las especies que tienen la habilidad de fijar nitrógeno debido a



INFOR

la simbiosis de su raíz con la actinomicete *Frankia*, permiten una rápida repoblación en suelos pobres. Dentro de éstas se encuentra aliso italiano y olivo de bohemia, las cuales mejoran considerablemente el crecimiento de nogal negro, cerezo común, farnia y fresno oxifilo cuando se plantan en mezcla. Por otra parte, Gavaland y Gauvin (1997), concluyeron que plantando cerezo común en asociación con aliso rojo se producen efectos positivos en los incrementos tanto en altura como en diámetro, además de un mejoramiento en la calidad del fuste y de la copa.

### 3) Coníferas

- Ouanouki y Igoud (1993) determinaron que la especie *Acacia cyanophylla* no mejoró el crecimiento de *Pinus pinaster* en plantación mixta.

- Después de tres temporadas de crecimiento la mezcla de pinos, especies latifoliadas y vegetación herbácea afecta significativamente el crecimiento y la cosecha en un rodal mixto (Fredericksen *et al.*, 1993). Aunque la vegetación herbácea afecta significativamente todas las especies, reduce aun más la productividad de especies latifoliadas que la de *Pinus taeda*.

- En rodales mixtos, abedul favorece el crecimiento en diámetro de *Pinus banksiana*, debido principalmente a la reducción de la competencia por luz entre los individuos de esta conífera (Longpre *et al.*, 1994).

- En una plantación mixta de *Pinus sylvestris* y *Quercus robur* el crecimiento del sistema radicular de las dos especies es similar y consecuentemente la composición del rodal es considerada más estable (Korotaev, 1991; 1992), aunque otros autores consideran esta situación como de mayor competencia potencial.

- Con relación a los efectos positivos encontrados en una plantación mixta, Phillips y Abercrombie (1987) concluyeron que entre los beneficios obtenidos de plantar pino junto a latifoliadas está la reducción de la intensidad en la preparación del sitio, los costos de reforestación se reducen en aproximadamente un 50%, se obtiene mayor sobrevivencia, un mayor crecimiento inicial del pino en altura. Aunque el crecimiento de las latifoliadas fue generalmente menor que el de los pinos, muchas especies de latifoliadas deseables tuvieron un buen crecimiento, como por ejemplo *Quercus sp.* y *Liriodendron tulipifera*. Aunque no se evaluó la forma del fuste, se observó que las latifoliadas presentaban una excelente forma. Los productos finales obtenidos fueron



INFOR

madera aserrada y pulpable tanto de los pinos como de las latifoliadas. Aparte de los beneficios económicos obtenidos por esta asociación de especies, la diversidad del rodal se vio incrementada, provocando mayores beneficios para la vida silvestre; la eliminación de la necesidad de realizar una preparación del sitio intensiva minimiza la susceptibilidad del suelo a ser erosionado.

- Los bosques originales del noroeste de Pennsylvania estaban compuestos principalmente por asociaciones de *Tsuga sp.* con haya y haya con arce, además de pequeñas cantidades de pino con roble (Hough y Forbes, 1943 cit. por Marquis, 1981). Estos bosques no fueron cortados sino hasta el año 1800, cuando comenzaron algunas explotaciones madereras de *Pinus strobus*. Desde 1850 a 1890, *Pinus strobus*, *Tsuga sp.* y otras latifoliadas finas aserrables fueron cosechadas en toda la región, pero en forma parcial debido a las limitaciones del mercado y al elevado costo del transporte de madera desde la montaña. Más tarde, cuando el transporte se realizó vía férrea, se hizo común su cosecha para obtener múltiples productos; estas cortas generalmente extraían todos los individuos aserrables. Los rodales que ya habían sido explotados fueron nuevamente cortados para pulpa (Marquis, 1981).

  Estos rodales coetáneos son altamente estratificados por especie, donde las tolerantes de lento crecimiento son relegadas al estrato inferior con diámetros pequeños. Por lo tanto la realización de un manejo utilizando las técnicas de silvicultura tradicional para rodales coetáneos se dificulta, debido a que, entre otras cosas, se debe considerar que en un rodal coetáneo de especie mixtas éstas no maduran al mismo tiempo; por ejemplo el cerezo madura a los 80 a 90 años, mientras que el arce de azúcar a los 150-180 años, y se usa como madera pulpable mientras que el cerezo se destina a madera aserrada. El rodal entero es cortado cuando el cerezo madura y el arce es sacrificado si su valor es bajo. Sin embargo, los arces pueden dejarse por un tiempo adicional de aproximadamente 30-80 años, pero en este caso la fuente de semillas de cerezo se elimina y la regeneración de las especies intolerantes se dificulta al término de la rotación del arce. En resumen, la estructura de un rodal mixto de latifoliadas es compleja en cuanto a edades y composición; mejoramientos en silvicultura y eficiencia en el manejo futuro dependen del uso y del desarrollo de técnicas de corta especificas para cada condición de bosques mixtos (*op. cit.*).

- Estudios realizados por Rasip *et al.* (1994) determinaron que el pino puede ser utilizado como protección para favorecer el crecimiento de *Shorea macrophylla*.

- West (1991) en plantación mixta con *Pseudotsuga menziesii, Larix kaempferi* y *Larix decidua* concluyó que, si bien *Larix kaempferi* demostró un crecimiento inicial superior, mediciones realizadas



INFOR

desde los 19 a los 32 años indican que *Pseudotsuga menziesii* es probable que sea la especie más productiva y la que entregue mayores retornos económicos al final de la rotación.

- Reinike (1996), señala que en una plantación conformada por *Eucalyptus globulus*, *Acacia melanoxylon* y *Pseudotsuga menziesii* se observó una dominancia del eucalipto por sobre las copas del aromo. La exposición afecta los rodales mixtos especialmente en el crecimiento y la calidad, tanto de fustes como de ramas. La primera especie en madurar corresponde al eucalipto, que presenta fustes largos y limpios por poda natural y madera de buena calidad.

- En Estados Unidos se han recomendado plantaciones mixtas de coníferas, especialmente de pino oregón y aliso rojo, ya que el incremento volumétrico del pino es de un 10%. Al plantar álamo con aliso rojo se ha observado que la plantación se hace más resistente a plagas y enfermedades (Miller *et al.*, 1993).

- En la provincia de Misiones, Argentina, se han establecido plantaciones mixtas de grevillea y melia, además de plantaciones de teca, caoba y toona bajo dosel protector de pino, que presentan buen desarrollo.

- Miller y Murray (1978) describen los efectos de largo plazo de la introducción de aliso rojo en una plantación de 4 años de pino oregón; en un sitio deficiente en nitrógeno el aliso rojo incrementó la altura y el diámetro del pino oregón, y el volumen en 6,5% respecto a la plantación pura de pino oregón, al que debe sumársele el volumen del aliso rojo (2.500 pies$^3$), obteniéndose un volumen total en la plantación mixta correspondiente al doble del obtenido en la plantación pura de pino oregón. El aliso y otras especies fijadoras de nitrógeno pueden mejorar la productividad del sitio y el crecimiento de especies coníferas asociadas por medio de la incorporación de nitrógeno y materia orgánica al suelo. El aliso rojo es apropiado en plantaciones de corta rotación debido a su rápido crecimiento juvenil y a su habilidad de fijar nitrógeno a temprana edad. El diámetro, la altura y el volumen son significativamente superiores en las plantaciones mixtas de ambas especies, efecto que se mantiene en el tiempo y que ha sido registrado por más de 50 años. Los autores recomiendan distribuir uniformemente entre 50 y 100 alisos rojos por hectárea y mantenerlos en una posición dominante para mejorar el nivel de nitrógeno y materia orgánica del rodal.



INFOR

## 4) Especies tropicales o subtropicales

- El potencial de fijación de nitrógeno de las especies fijadoras varía con el genotipo; este potencial puede ser alto para especies que fijan anualmente 30-50 kg./ha de nitrógeno, entre ellas las leguminosas *Albizia lebbeck, Gliricidia sepium* y *Leucaena leucocephala* (Dommergues y Ahmad, 1995).

- *Gliricidia* es una especie tropical versátil, de rápido crecimiento y fijadora de nitrógeno, que se adapta a gran variedad de climas y tipos de suelos. Entre sus productos se cuentan leña, postes, forraje, medicinas, miel, y además puede usarse para la estabilización de dunas. Mediante su poda se entrega al suelo una elevada cantidad de nutrientes, transformado terrenos pobres en fértiles. Su madera es difícil de trabajar por lo que rara vez se usa para muebles o construcción. Los árboles de *Gliricidia* en tierras de pastoreo pueden aumentar la producción de ganado, ya que les proporciona alimento y sombra, principalmente en climas cálidos (Glover, 1989).

- La adición de hojas de *Dalbergia sissoo* y de otras especies de leguminosas al suelo provoca un incremento en el contenido de nitrógeno mineral. Sin embargo, se observó que la aplicación de hojas de *Dalbergia sissoo* fue menos efectiva para promover el crecimiento de *Sorghum* que la aplicación de urea o de hojas de otras especies (Hussain *et al.,* 1994).

- Entre los objetivos de un cultivo mixto está el promover la adopción entre las especies, ya sea como abrigo o como refugio. Una de las técnicas utilizadas es la asociación de especies de rápido crecimiento con especies tolerantes de madera de alta calidad. Por lo tanto, con una adecuada combinación de especies se podría reducir al mínimo la competencia por luz y nutrientes. Además, una combinación con especies fijadoras de nitrógeno podría ser muy beneficiosa (Rasip *et al.,* 1994). Por ejemplo, *Dalbergia sissoo* es una especie fijadora de nitrógeno de crecimiento rápido, que sería apropiada para la forestación de terrenos degradados y como especie acompañante en sitios marginales. Esta especie también es usada como forraje y leña, que se obtiene aproximadamente a los cinco años a partir de las ramas, además de entregar madera de valor comercial (Karki y Karki, 1994). Por otra parte, *Dalbergia sissoo* es ampliamente valorada para calefaccionar y cocinar, y como una importante fuente de materia prima para la industria del mueble y la construcción (Jha y Trivedi, 1994).

## 5) Sistemas agroforestales

Los sistemas agroforestales pueden ser biológicamente más productivos en comparación con un



INFOR

cultivo puro o con sistemas de monocultivo a gran escala, proporcionando cultivos agrícolas y árboles que son complementarios en el uso de los recursos, tanto bajo como sobre la tierra (Van Noordwijk y Purnomosidhi, 1995).

En África, esquemas usados con especies frutales como cacao, cítricos, banano y otras, junto a especies forestales (*Antiaris sp., Terminalia sp.*), han dado buenos resultados por períodos prolongados. Para los frutales se han obtenido rendimientos 5-10% mayores que los obtenidos a la sombra o a la intemperie. Además de proteger los frutos y cultivos, los árboles forestales proporcionan madera y forraje.

Las combinaciones de árboles maderables con cultivos perennes como cacao o café son ejemplos bien conocidos de sistemas agrosilviculturales permanentes, que son una alternativa para el pequeño o mediano propietario interesado en reforestar, pero que necesita que sus terrenos le generen ingresos a corto plazo y de manera permanente (Beer *et al.*, 1994). Sistemas combinados de cultivos agrícolas con árboles madereros fueron desarrollados en forma independiente en Europa, China y Myanmar.

Los autores reportan su experiencia en dos casos (Beer *et al.*, 1994):
a.- Plantaciones de laurel (*Cordia alliodora*) o eucalipto (*Eucalyptus deglupta*) con maíz o yuca.
b.- Plantaciones de laurel o mangium (*Acacia mangium*) asociada con tres ciclos de maíz, uno de jengibre y un arbusto frutal.

La comparación de plantaciones puras con y sin fertilización de *Populus tomentosa* con plantaciones asociadas a cultivos agrícolas (sistema agroforestal) mostró que el incremento en diámetro del rodal mixto fue 16% mayor que el de la plantación pura fertilizada y 37% superior que el de la plantación pura sin fertilización. En este sistema agroforestal las condiciones de crecimiento de los árboles mejoran por el manejo intensivo de los cultivos agrícolas, especialmente en sitios pobres (Zhanxue *et al.*, 1991).

Cuando se asocia un árbol forestal con un arbusto de interés económico hay que considerar cuidadosamente sus requerimientos lumínicos. En general, las especies arbóreas de sombra deben tener un fuste alto, una copa estrecha y pocas ramas dispersas (Shanqing *et al.*, 1991).



INFOR

# 8. FIGURAS



INFOR

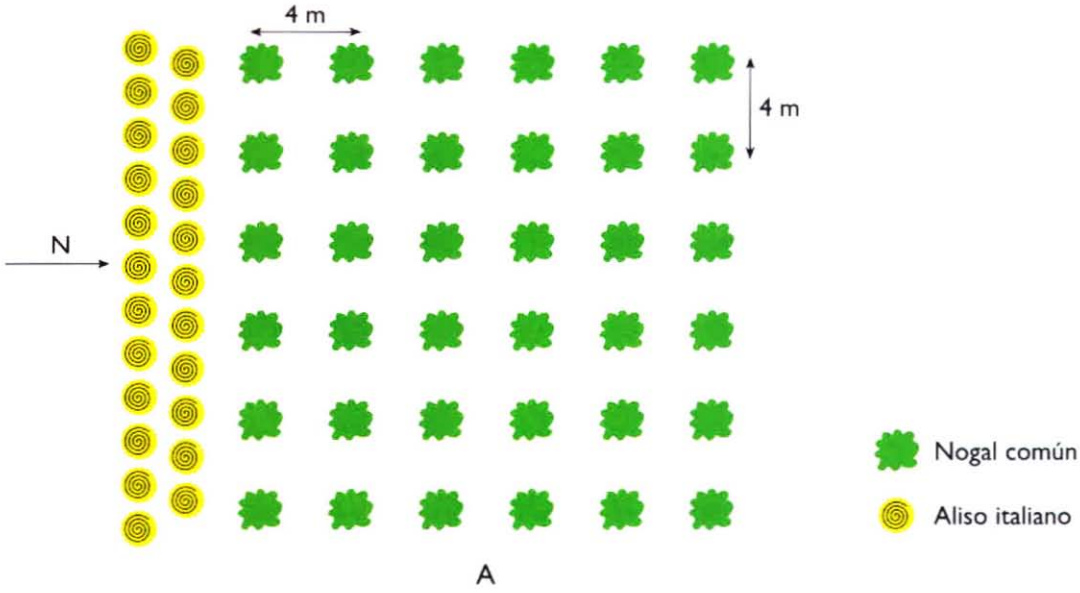



**Figura 1. Diseño de plantación de nogal con cerco adyacente de aliso**

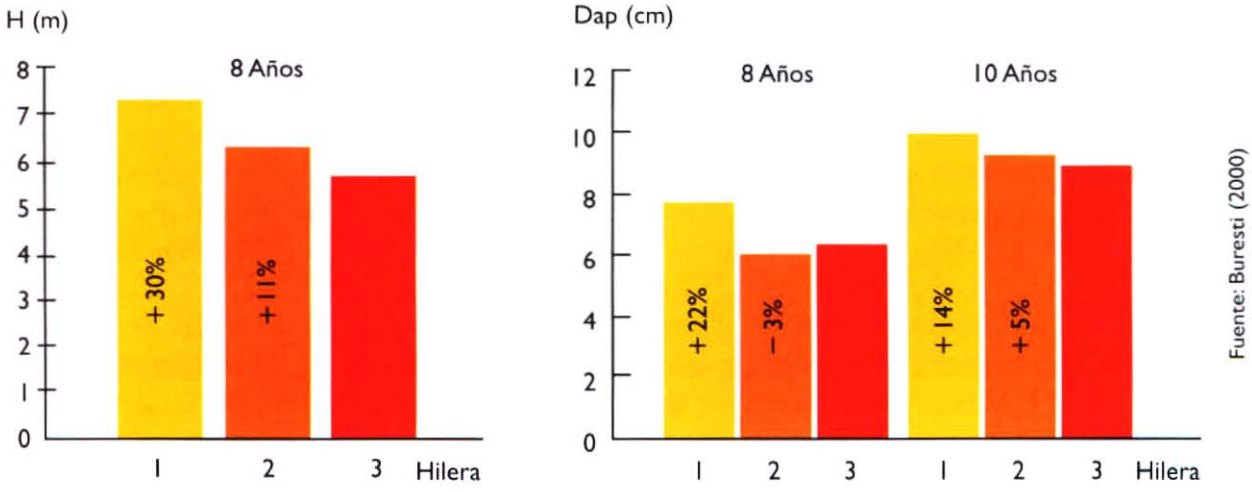
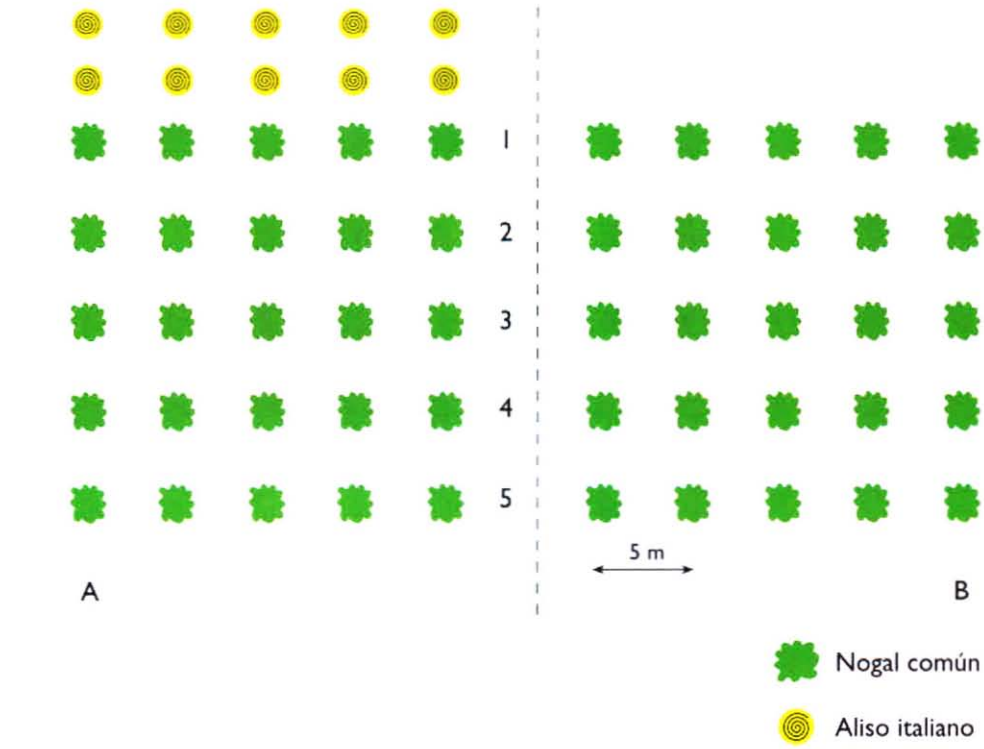
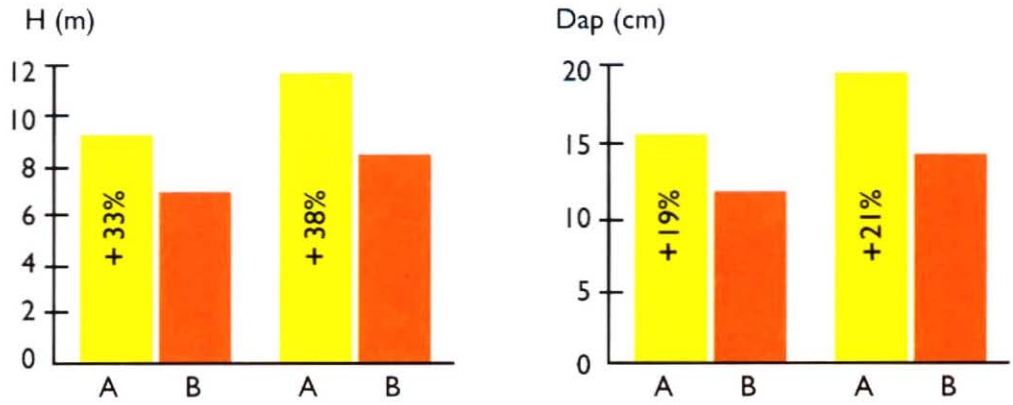



**Figura 2. Impacto del cerco de aliso en las hileras adyacentes de la plantación de nogal, a los 8 y 10 años de edad**



INFOR




Fuente: Buresti (2000)

**Figura 3. Diseño de plantación de nogal con cerco adyacente de aliso (A), en comparación con plantación de nogal sin cerco de aliso (B)**



INFOR

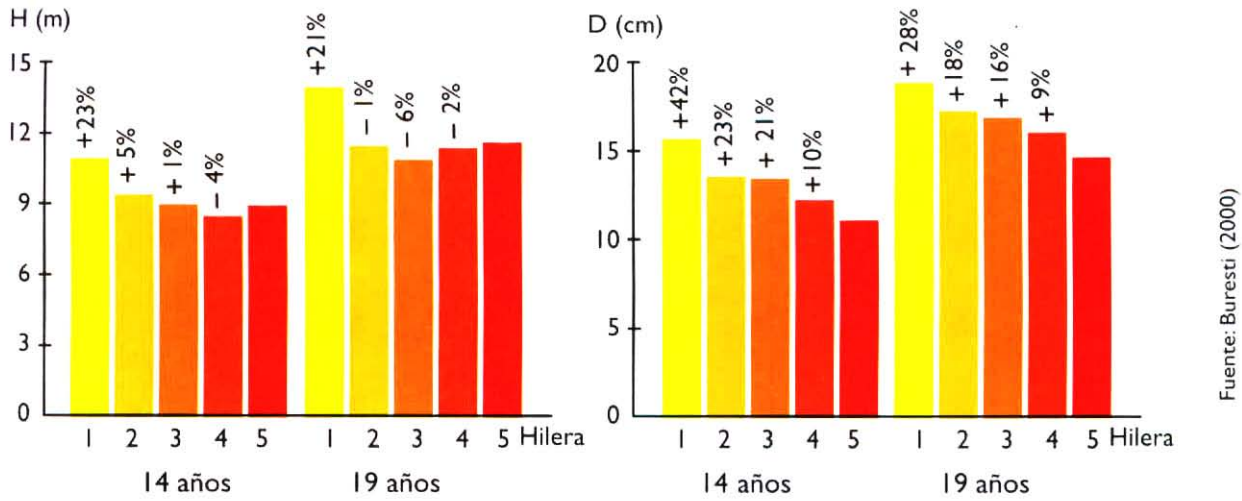



**Figura 4. Impacto del cerco de aliso en las primeras hileras de la plantación de nogal, a los 14 y 19 años de edad**

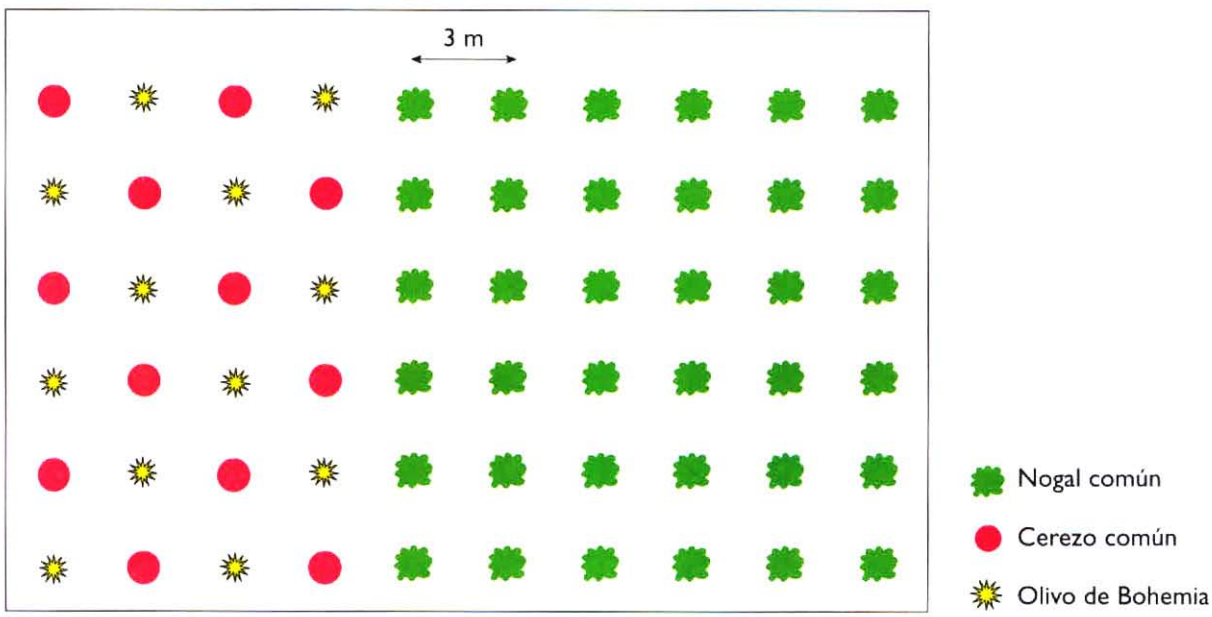



**Figura 5. Diseño de plantación mixta de cerezo y olivo de bohemia adyacente a plantación pura de nogal**

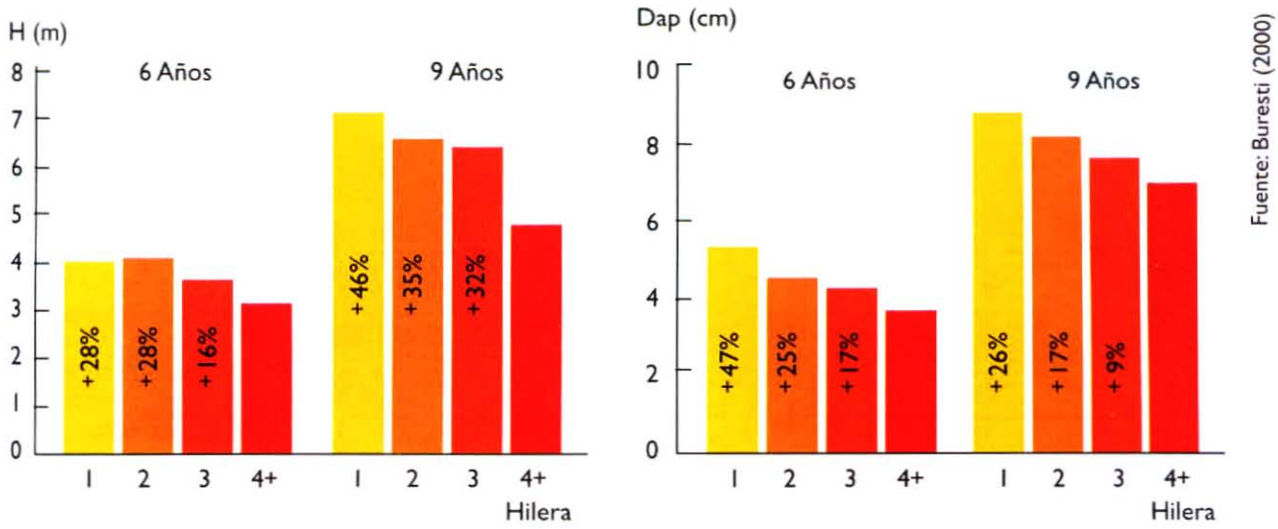
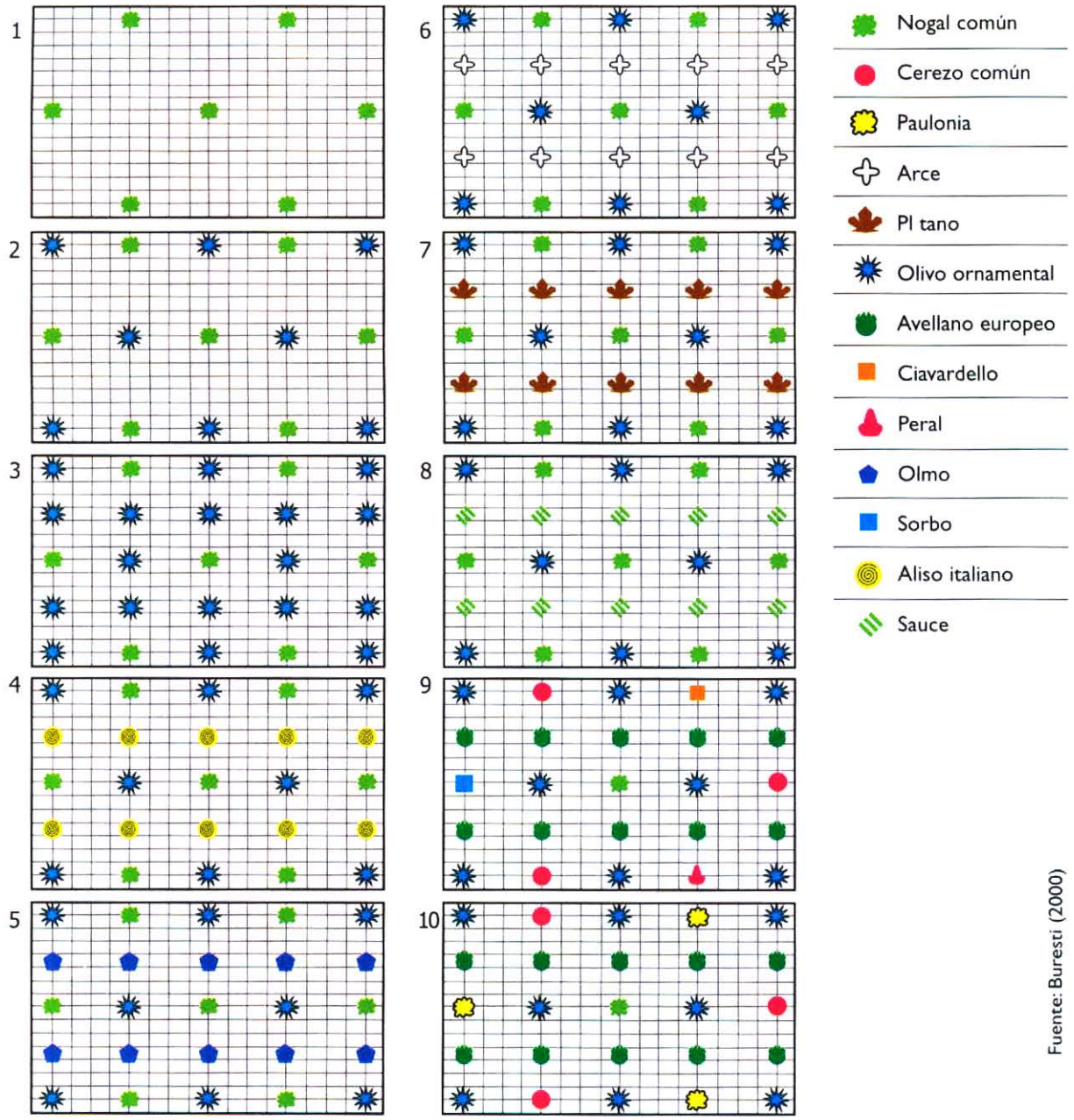



**Figura 6. Efecto de plantación mixta de cerezo y olivo de bohemia en plantación adyacente de nogal. Análisis de las primeras hileras a los 6 y 9 años**

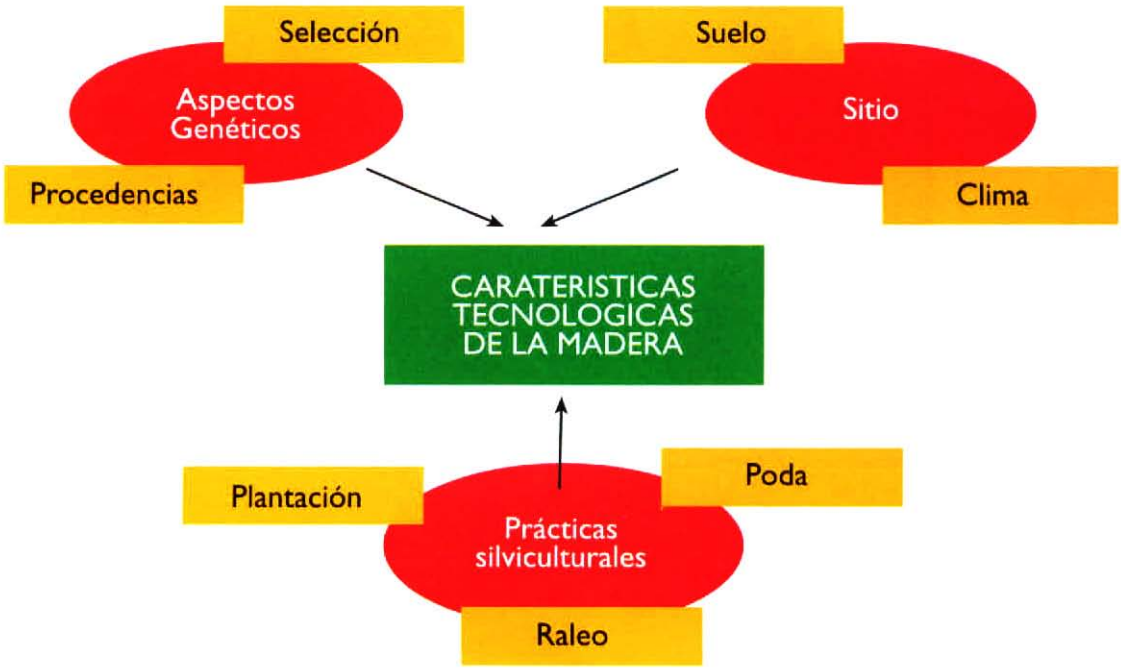



Fuente: Buresti (2000)

**Figura 7. Ejemplo de plantación experimental empleada en Europa para comprender diferentes aspectos de las asociaciones con fines productivos**



INFOR




Fuente: Berti (1995)

**Figura 8. Parámetros que determinan las características tecnológicas de la madera**



Fuente: Buresti (2000)

**Figura 9. Trozas de calidad y raíces de nogal producidas en California, Estados Unidos**

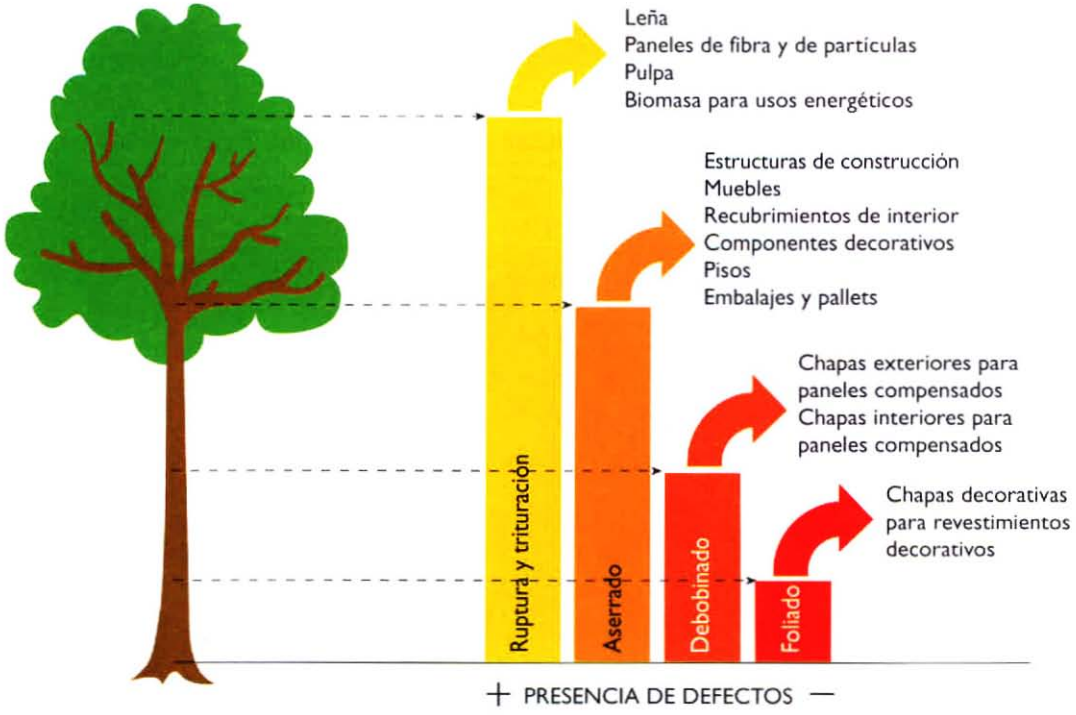


INFOR



Fuente: Buresti (2000)

**Figura 10. Trozas de nogal con bifurcaciones o "plumas"**




Fuente: Berti et. al (2003)

**Figura 11. Principales sistemas de procesamiento de la madera**




**Figura 12. Diagrama de flujo del proceso de clasificación de madera según calidad**




Fuente: Brunetti y Macchioni ( 2002)

**Figura 13. Clasificación de madera aserrada de nogal común**



Fuente: Propia

**Figura 14. Tabla de cerezo sin vaporización**



Fuente: Propia

**Figura 15. Tabla de cerezo vaporizada. Nótese la homogeneidad del color lograda por el proceso**



INFOR



Fuente: Propia

**Figura 16. Foliado de madera de haya**



Fuente: Propia

**Figura 17. Secado de chapas decorativas ("veneers")**



INFOR

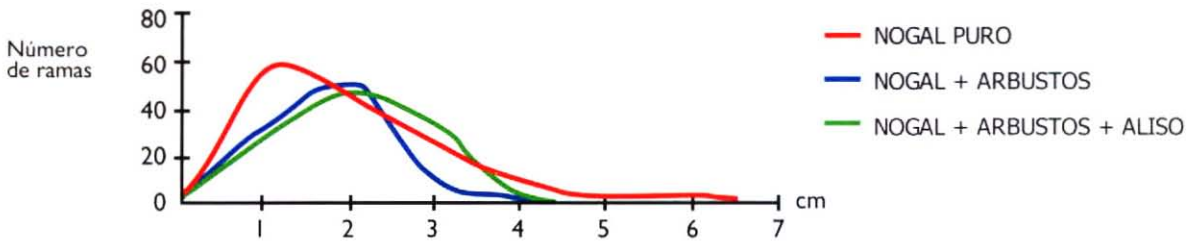
## Análisis de ramas hasta 3 metros de altura

| Asociación | Número total de ramas | Diámetro ramas < 3 cm | Diámetro ramas > 3 cm | Diámetro medio de ramas (cm) |
|---|---|---|---|---|
| NOGAL PURO | 144 | 128 | 16 | 1.6 (b) |
| NOGAL + ARBUSTOS | 97 | 94 | 3 | 1.4 (a) |
| NOGAL + ARBUSTOS + ALISO | 112 | 107 | 5 | 1.7 (b) |

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$)

Fuente: Buresti (2000)

## Frecuencia de distribución de las ramas por clase diamétrica




## Porcentaje de ramas sobre y bajo 3 cm. de diámetro




**Figura 18. Efecto de asociaciones en el diámetro de ramas de nogal común. Porano (TR), Italia**



INFOR

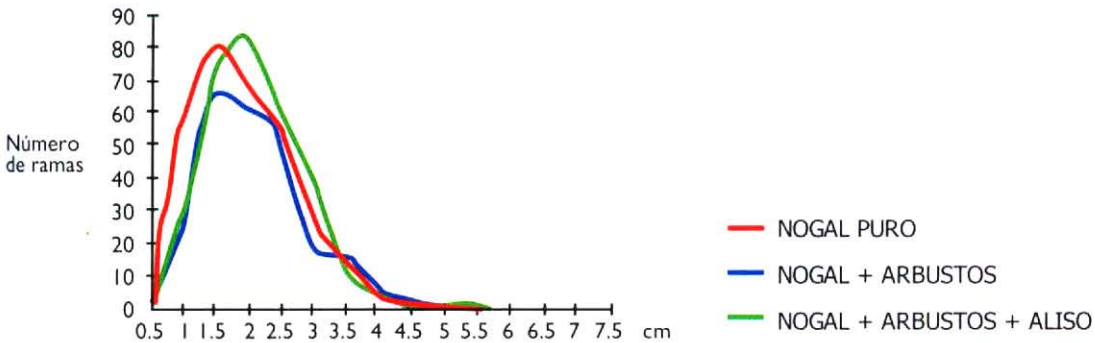
## Análisis de ramas hasta 3 metros de altura

| Asociación | Número total de ramas | Diámetro ramas < 3 cm | Diámetro ramas > 3 cm | Diámetro ramas de ramas (cm) |
|---|---|---|---|---|
| NOGAL PURO | 257 | 230 | 27 | 2.0 (a) |
| NOGAL + ARBUSTOS | 295 | 276 | 19 | 1.7 (b) |
| NOGAL + ARBUSTOS ALISO | 291 | 277 | 14 | 1.9 (c) |

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$)

Fuente: Buresti (2000)

## Frecuencia de distribución de las ramas por clase diamétrica




## Porcentaje de ramas sobre y bajo 3 cm. de diámetro




**Figura 19. Efecto de asociaciones en el diámetro de ramas de nogal común. Italia.**



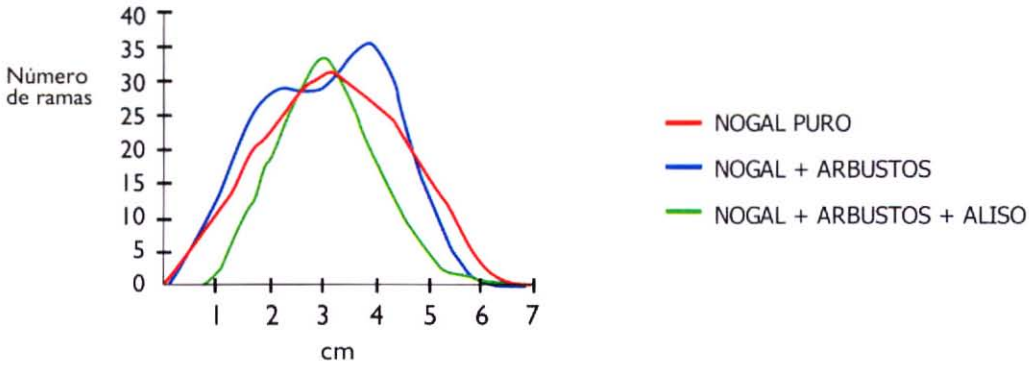
INFOR

## Análisis de ramas hasta 3 metros de altura

| Asociación | Número total de ramas | Diámetro ramas < 3 cm | Diámetro ramas > 3 cm | Diámetro medio de ramas (cm) |
|---|---|---|---|---|
| NOGAL PURO | 112 | 63 | 49 | 2.8 (a) |
| NOGAL + ARBUSTOS | 119 | 66 | 53 | 2.6 (a) |
| NOGAL + ARBUSTOS + ALISO | 78 | 50 | 28 | 2.6 (a) |

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$)

## Frecuencia de distribución de las ramas por clase diamétrica




Fuente: Buresti (2000)

## Porcentaje de ramas sobre y bajo 3 cm. de diámetro

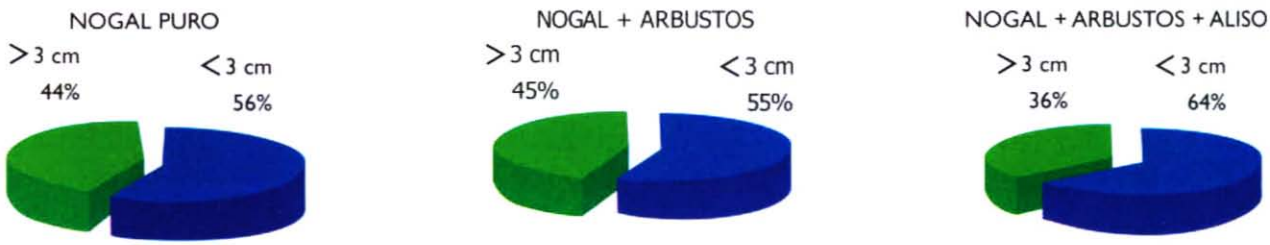


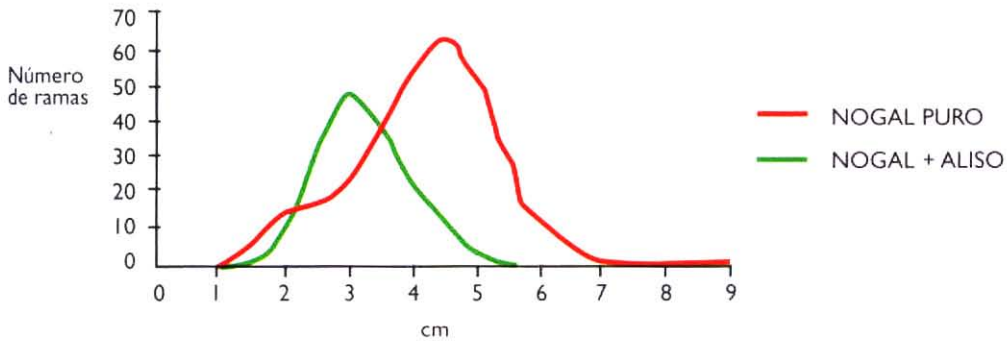

**Figura 20. Efecto de asociaciones en el diámetro de ramas de nogal común. Casalmaggiore (CR), Italia**

## Análisis de ramas hasta 3 metros de altura

| Asociación | Número total de ramas | Diámetro ramas < 3 cm | Diámetro ramas > 3 cm | Diámetro ramas |
|---|---|---|---|---|
| NOGAL PURO | 141 | 33 | 108 | 3.6 (a) |
| NOGAL + ALISO | 87 | 54 | 33 | 2.8 (b) |

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$)

## Frecuencia de distribución de las ramas por clase diamétrica




Fuente: Buresti (2000)

## Porcentaje de ramas sobre y bajo 3 cm. de diamétrica

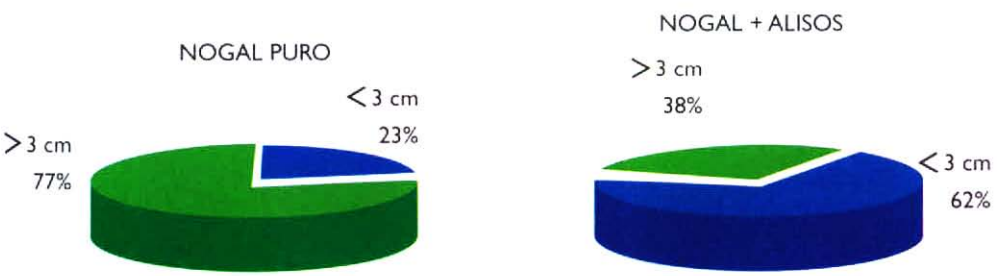
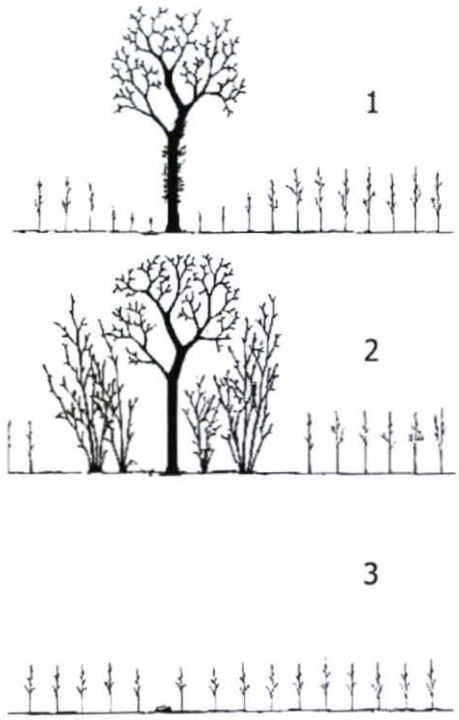



**Figura 21. Efecto de una asociación en el diámetro de ramas de nogal común. Valdarno (FI), Italia**

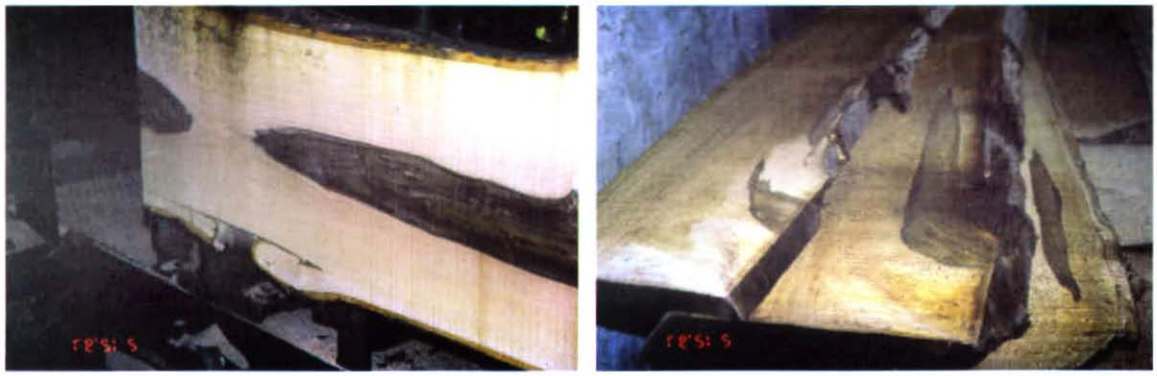


INFOR




Fuente: IDF (1981)

**Figura 22. Raleos intensos (1) originan brotes epicórmicos que deterioran la calidad de la madera. Las especies secundarias reducen este efecto (2)**



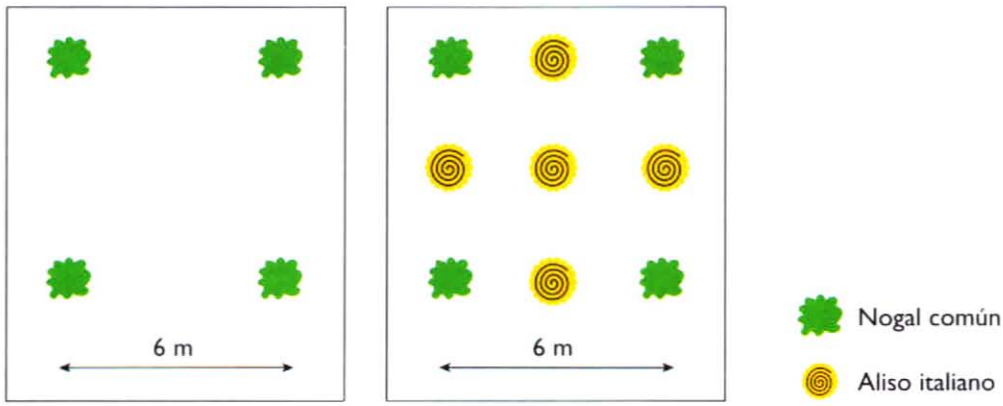
Fuente: Buresti (2000)

**Figura 23. Una poda mal efectuada puede originar defectos que llevan a la pérdida de la inversión realizada**

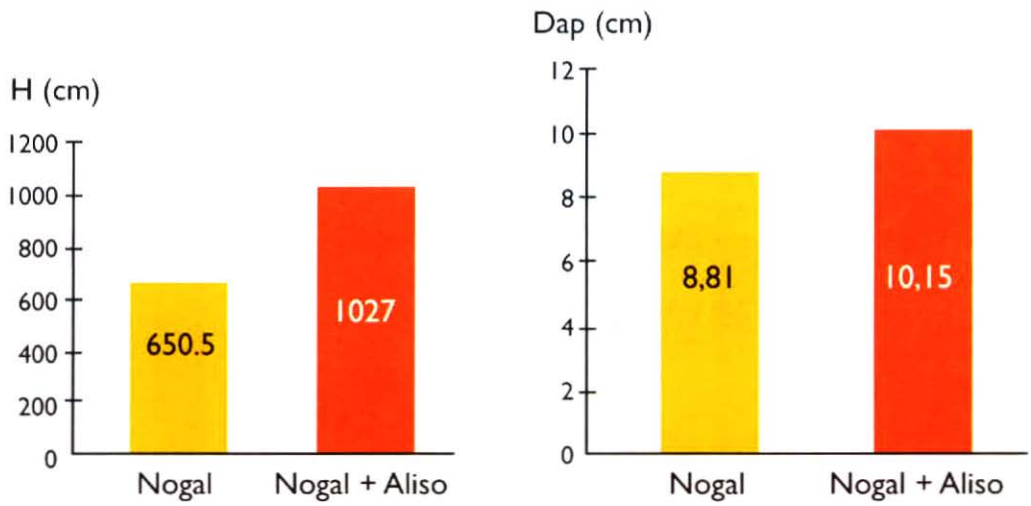


INFOR

**Esquema de plantación**




**Datos de crecimiento**



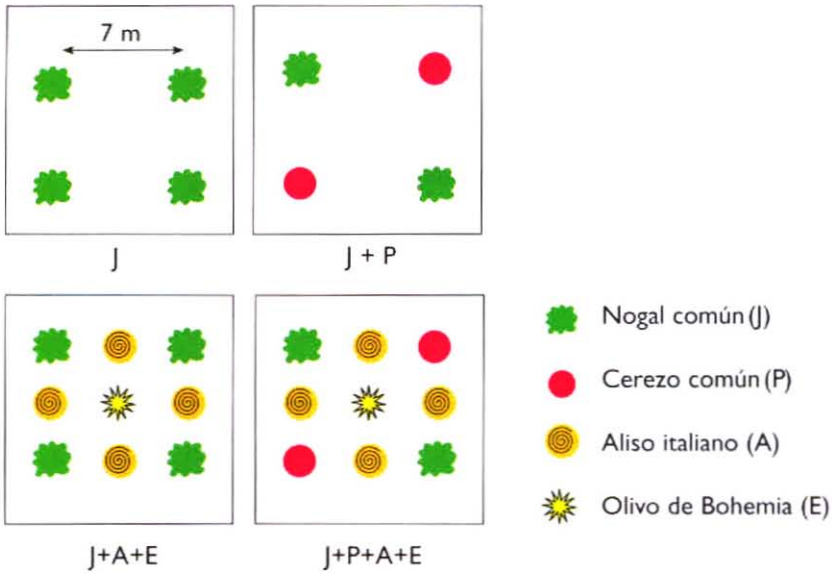

Fuente: Buresti (2000)

**Figura 24. Efecto de asociación de nogal común y aliso. Valdarno (Florencia), Italia**



INFOR

## Esquema de plantación




Fuente: Buresti (2000)

## Datos de crecimiento

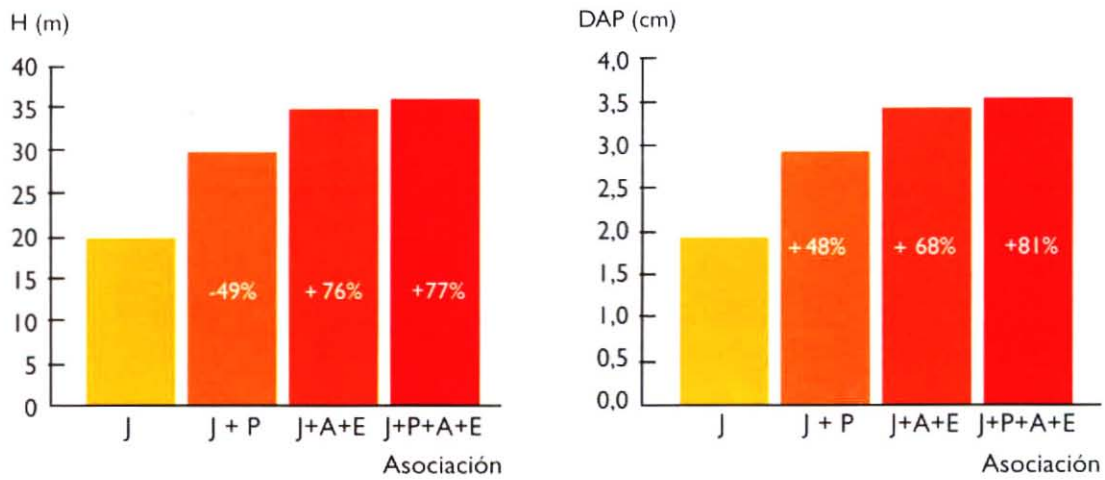
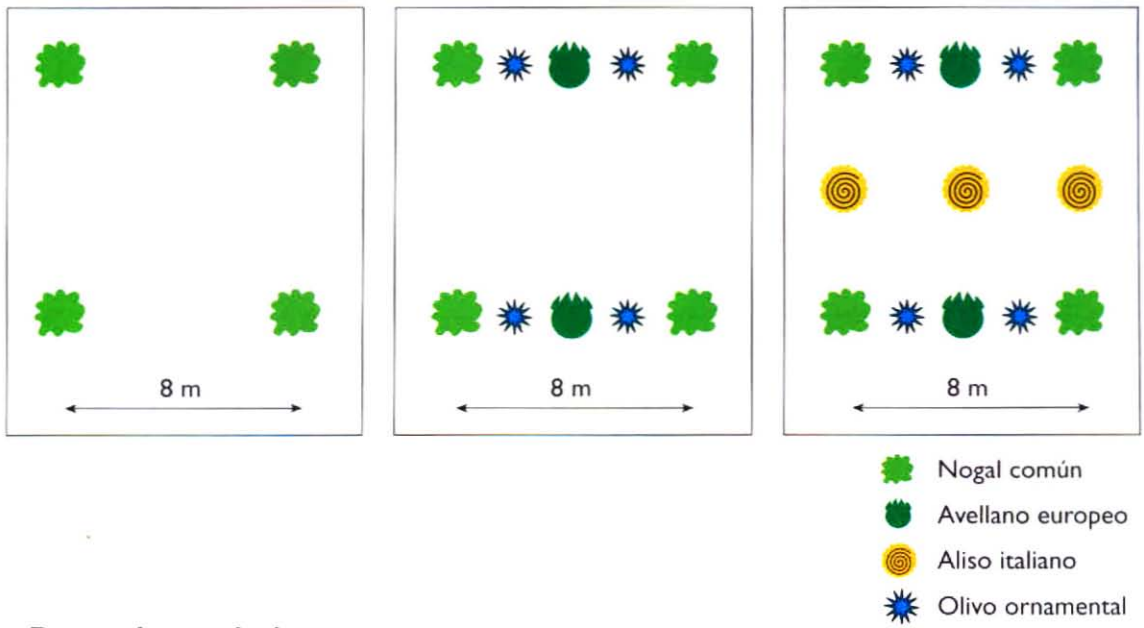



**Figura 25. Efecto de asociaciones de nogal común, cerezo común, aliso italiano y olivo de bohemia a los 6 años. Italia**



INFOR

## Esquema de plantación




Fuente: Buresti (2000)

## Datos de crecimiento

Letras distintas indican diferencias significativas

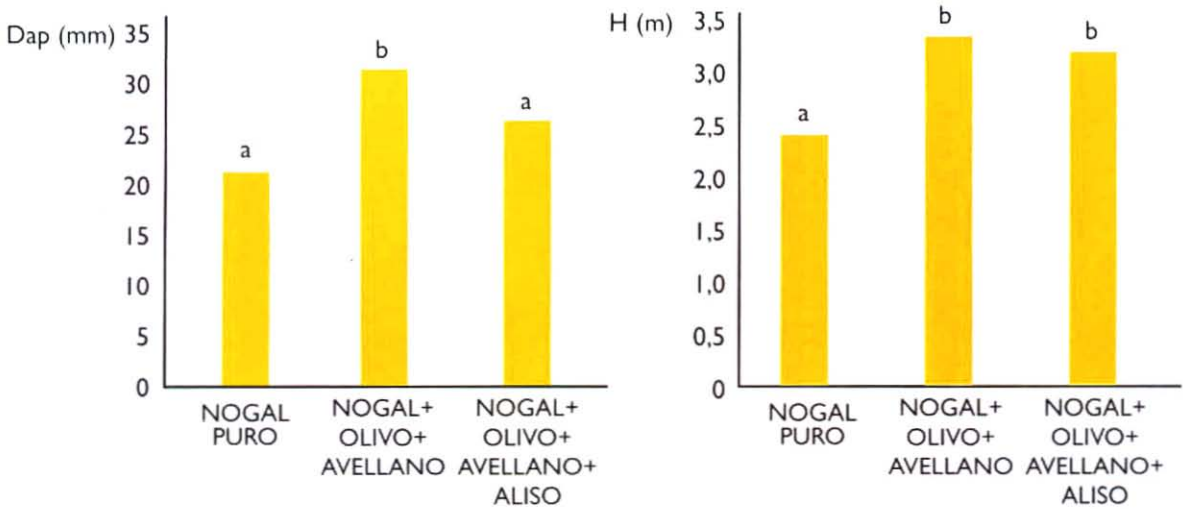
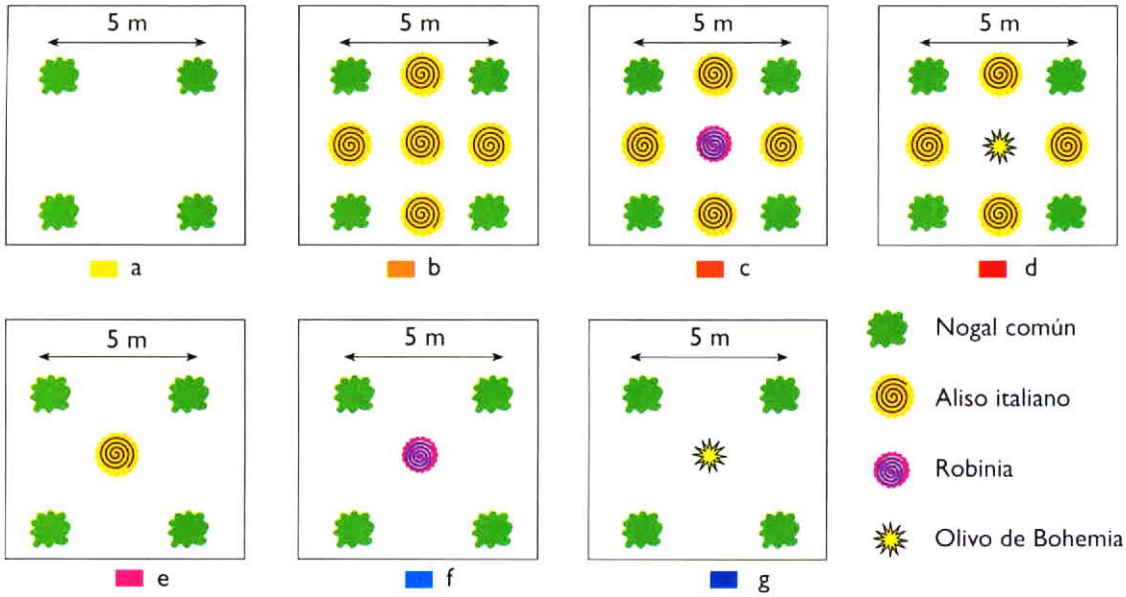



**Figura 26. Efecto de asociaciones de nogal común, aliso italiano, robinia y olivo de bohemia, a los 7 y 8 años. Valdarno (Florencia), Italia**

## Esquema de plantación




Fuente: Buresti (2000)

## Datos de crecimiento

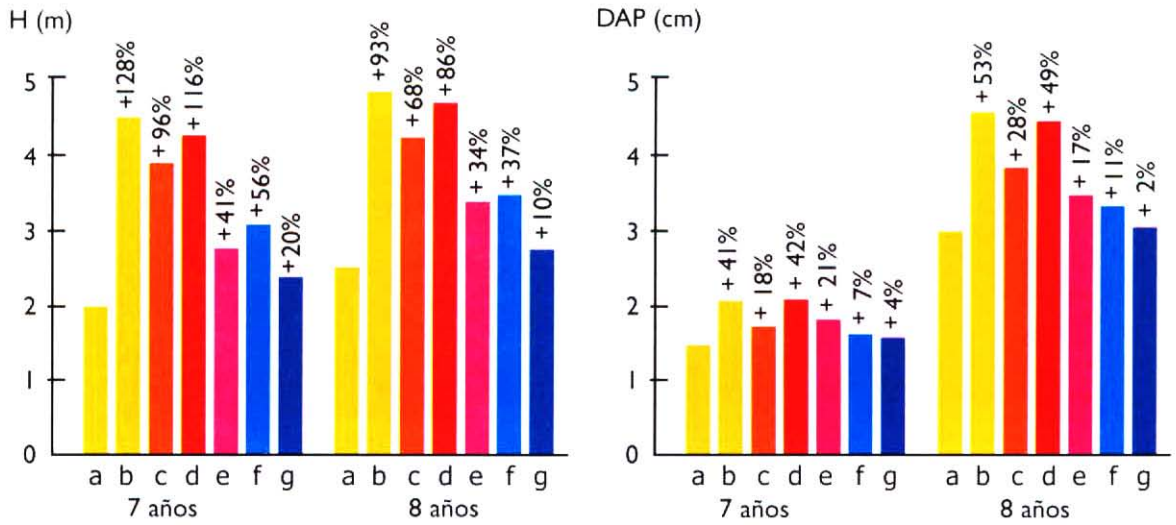
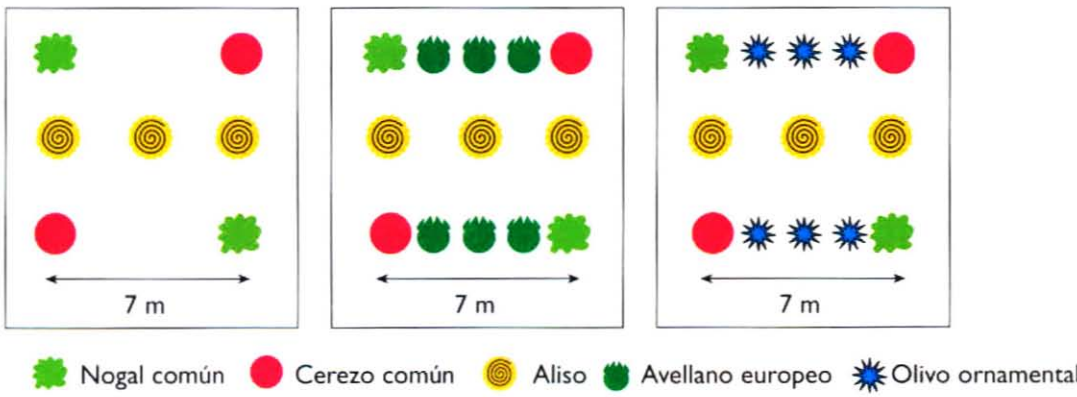
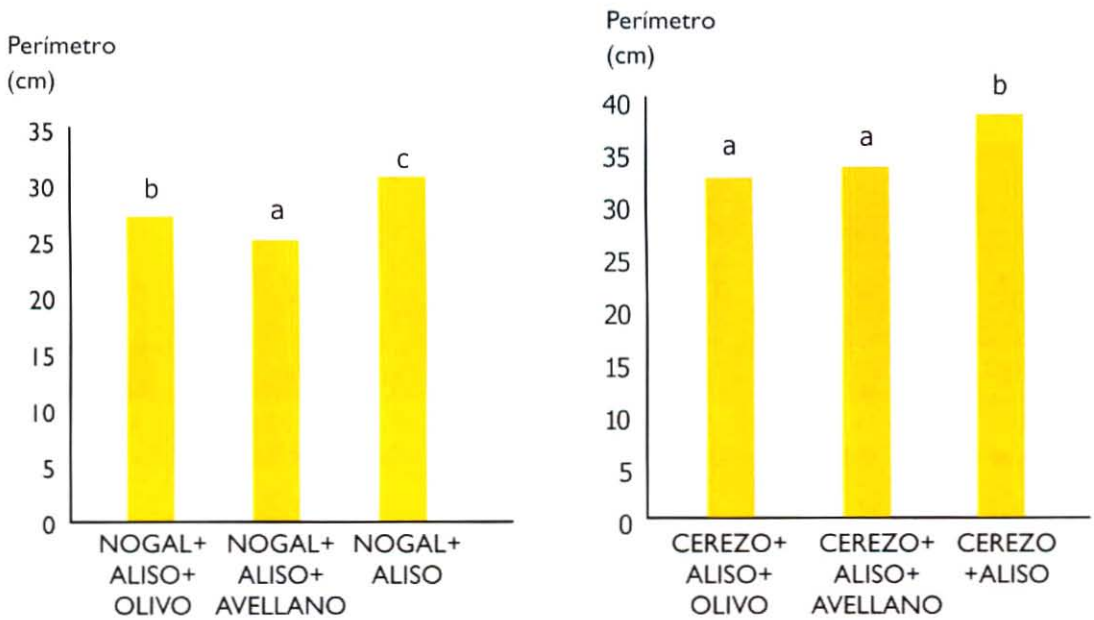



**Figura 27. Efecto de asociaciones de nogal común, aliso italiano, robinia y olivo de bohemia, a los 7 y 8 años. Italia**

**Esquema de plantación**




**Datos de crecimiento**



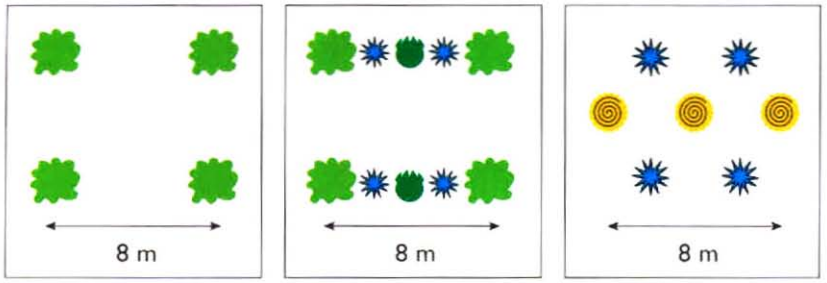

Fuente: Buresti (2000)

**Figura 28. Efecto de asociaciones de nogal común, cerezo común, aliso italiano, avellano europeo y olivo ornamental a los 6 años. Montecchio Precalcino (VI), Italia**



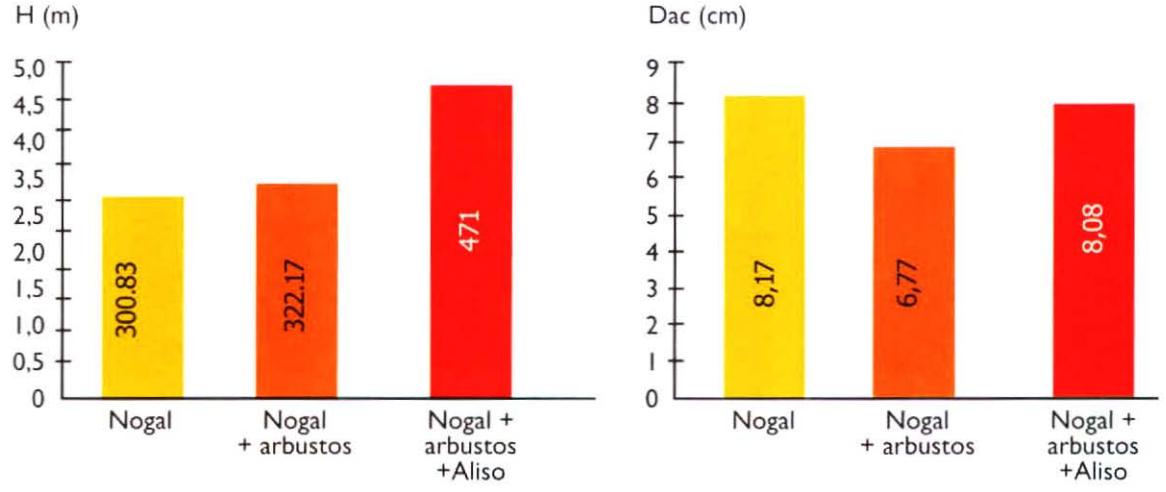
INFOR

## Esquema de plantación




Nogal Olivo ornamental Avellano europeo Aliso italiano

## Datos de crecimiento

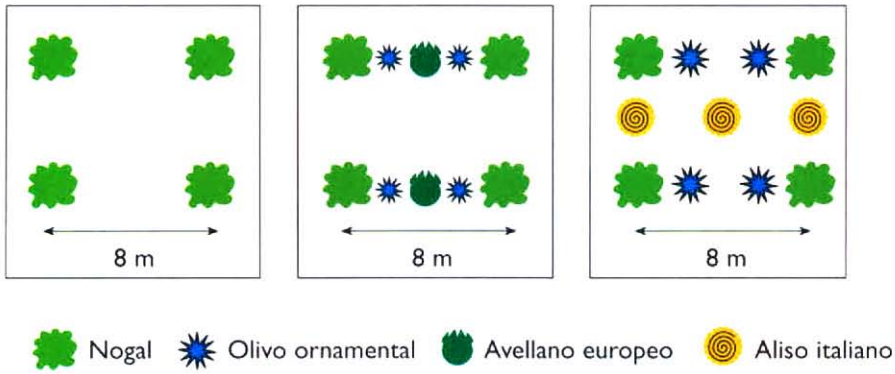



Fuente: Buresti (2000)

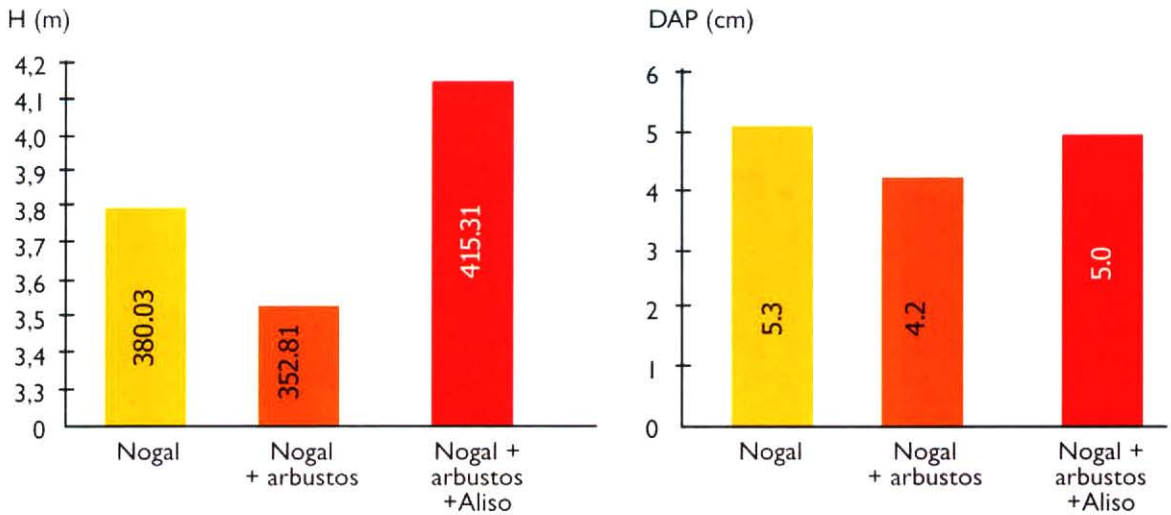
Esta plantación se realizó en el marco del proyecto "Walnut Brains", y fue ejecutada por el C.N.R. de PORANO (Terni)

**Figura 29. Efecto de asociaciones de nogal común, aliso italiano, avellano europeo y olivo ornamental a los 6 años. Porano (TR), Italia**

## Esquema de plantación




## Datos de crecimiento



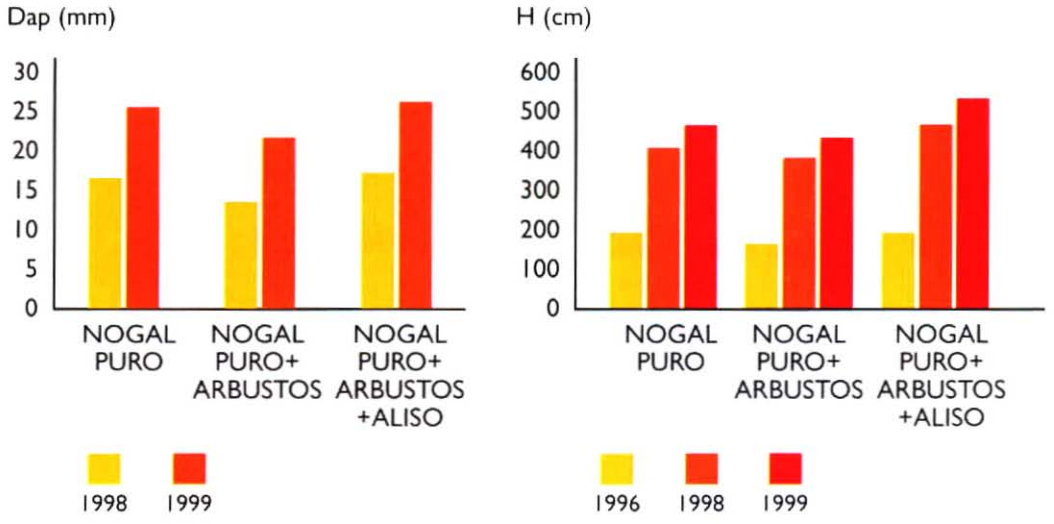

Fuente: Buresti (2000)

Esta plantación se realizó en el marco del proyecto "Walnut Brains", y fue ejecutada por el ISSA (Arezzo)

**Figura 30. Efecto de asociaciones de nogal común, aliso italiano, avellano europeo y olivo decorativo. Montecchio Precalcino (VI), Italia**



INFOR



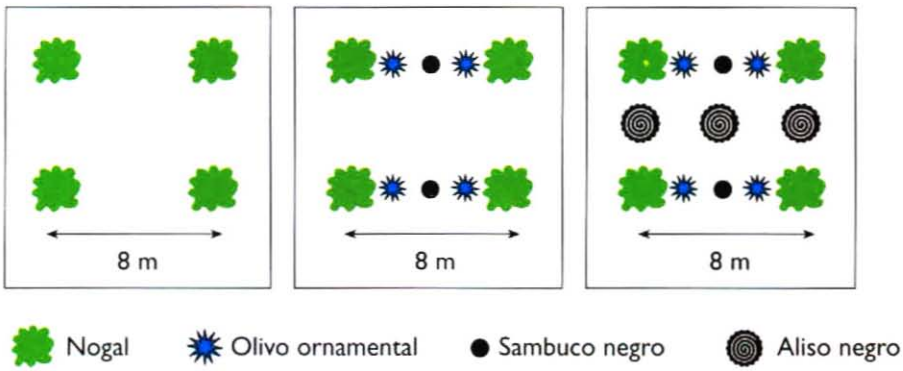

Fuente: Buresti (2000)

**Figura 31. Efecto de asociaciones de nogal común, aliso italiano, avellano europeo y olivo decorativo a los 2, 4 y 5 años. Montecchio Precalcino (VI), Italia**



INFOR

**Esquema de plantación:**




Fuente: Buresti (2000)

**Datos de crecimiento:**

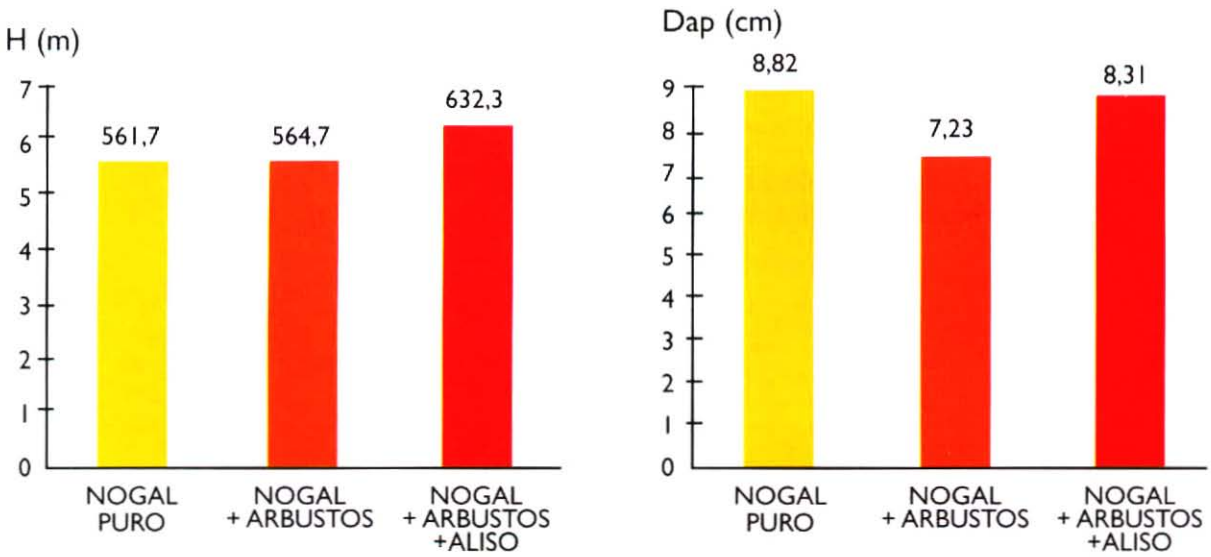
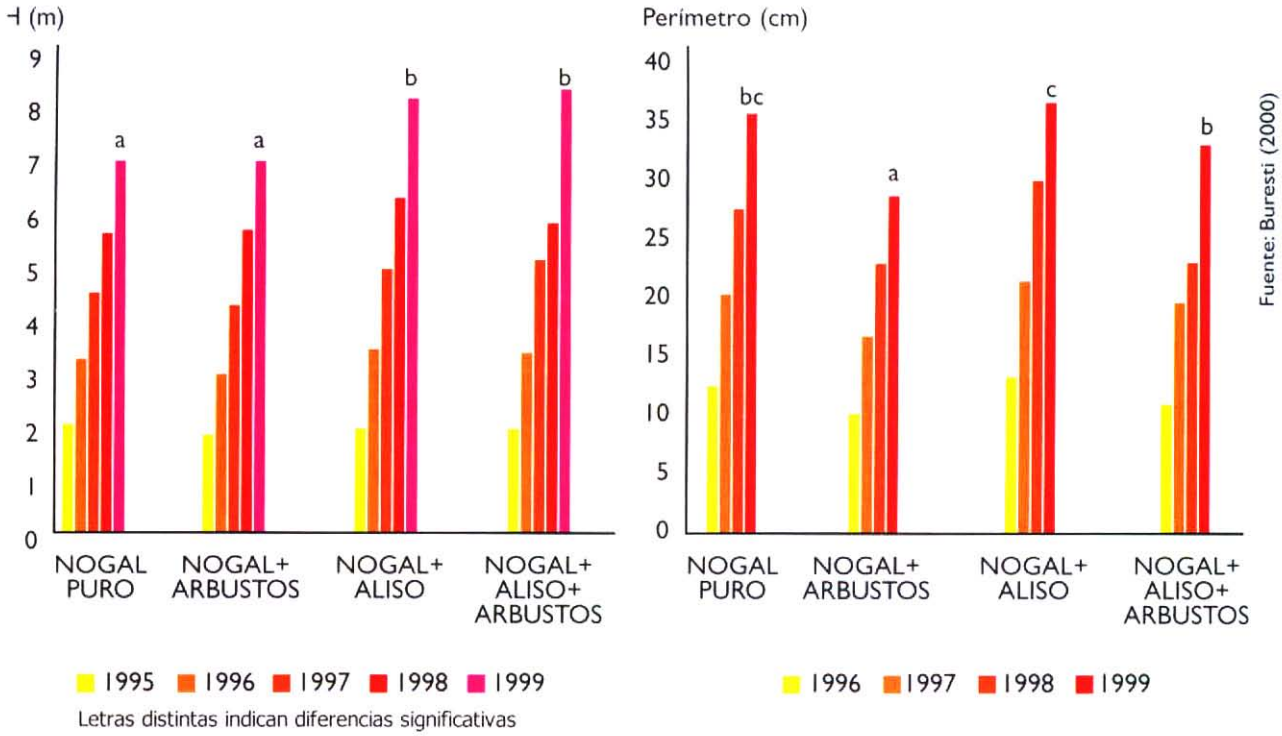



**Figura 32. Efecto de asociaciones de nogal común, aliso negro, olivo ornamental y sambuco. Casalmaggiore (CR), Italia**



INFOR




Letras distintas indican diferencias significativas

**Figura 33. Efecto de asociaciones de nogal común, aliso negro y arbustos a los 5, 6, 7, 8 y 9 años. Casalmaggiore (CR), Italia**



Fuente: Propia

**Figura 34. Plantación pura de nogal común de 9 años**

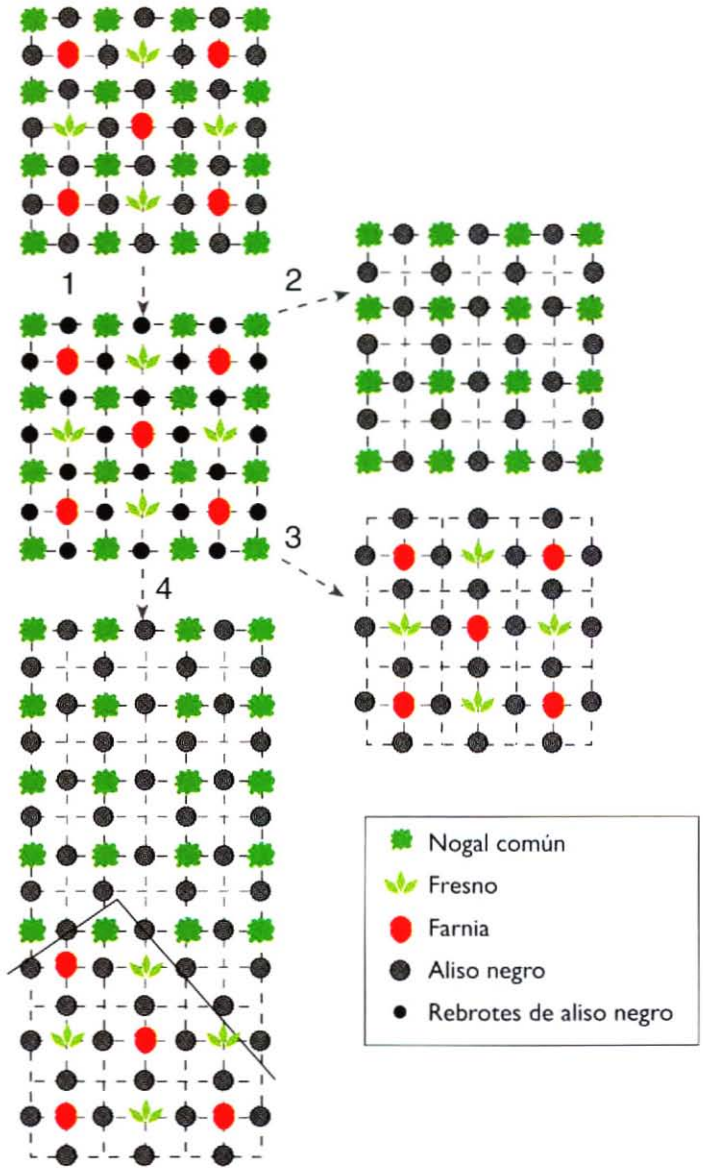


INFOR



Fuente: Propia

**Figura 35. Plantación mixta de nogal común con aliso italiano (izq.) y con aliso italiano y olivo de bohemia (der.) a los 9 años**

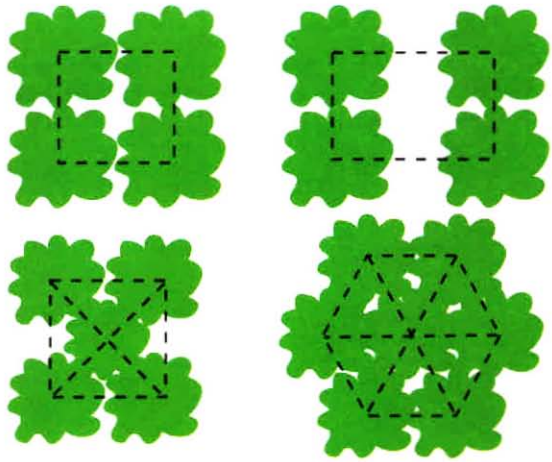



Fuente: Buresti y Mori (1995)

**Figura 36. Representación de la versatilidad de una plantación mixta, con tres alternativas: prevalece nogal; prevalecen fresno y farnia; o prevalecen ambas situaciones en diferentes condiciones de suelo, los que suelen cambiar en forma repentina, por lo que el modelo de Plantación Mixta permite una adaptación a esta realidad con gran flexibilidad**

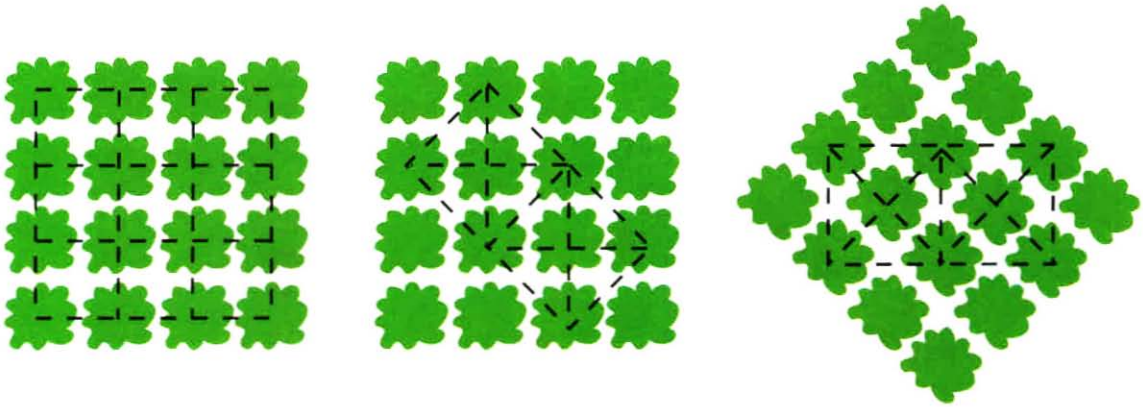


INFOR



Fuente: Buresti y Mori (1995)

**Figura 37. Cuando las copas de los árboles se juntan, es posible apreciar cómo las diferentes disposiciones conducen a una diferente utilización del espacio**

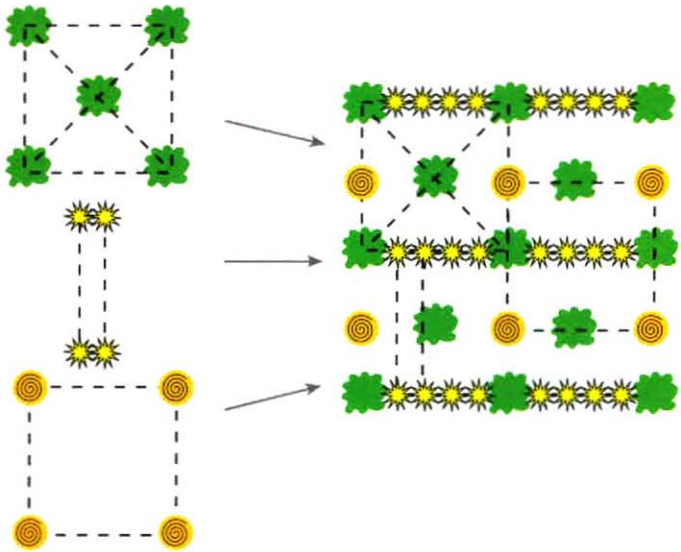


Fuente: Buresti y Mori (1995)

**Figura 38. Se aprecia que la disposición puede ser considerada cuadrada o a tres bolillos en función de la ubicación de los ejes de referencia, considerando la última una rotación de 45° de los ejes respecto a la primera**

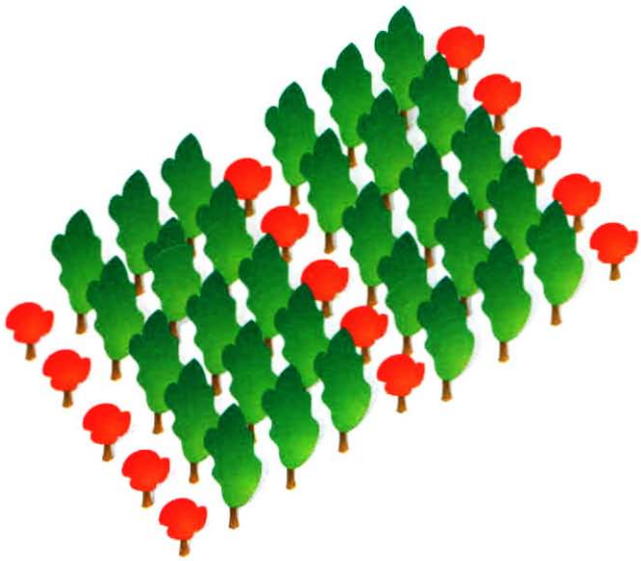


INFOR



Fuente: Buresti y Mori (1995)

**Figura 39. Ejemplo de disposición compuesta apta para producir madera de calidad, que incluye una disposición cuadrada, una rectangular y una a tres bolillos**

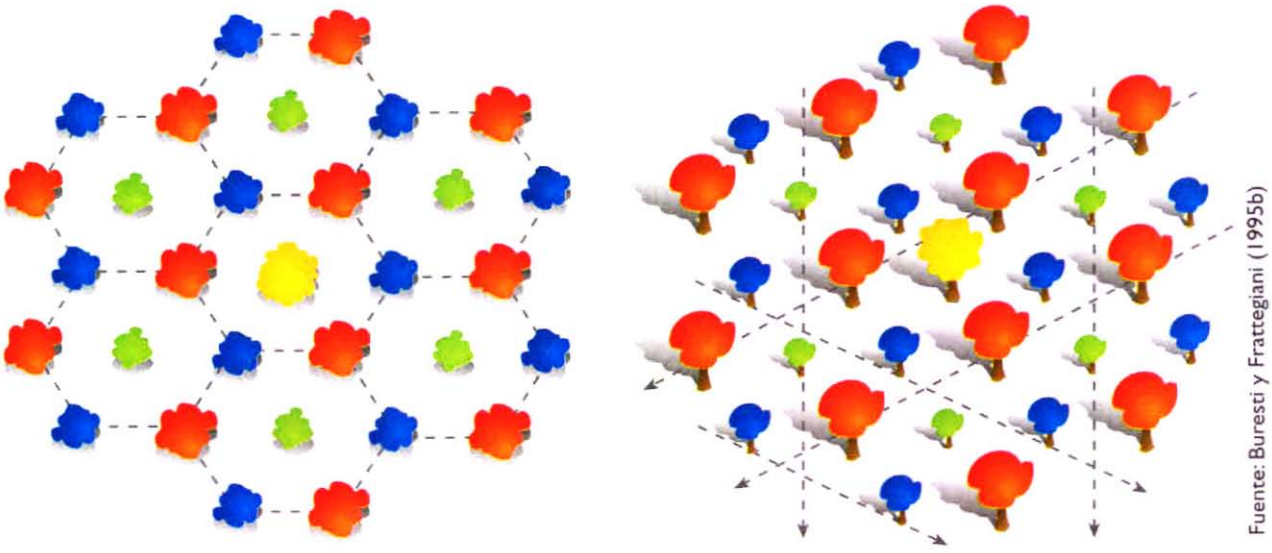


Fuente: Buresti y Frattegiani (1995b)

**Figura 40. Ejemplo de plantación mixta en hilera**

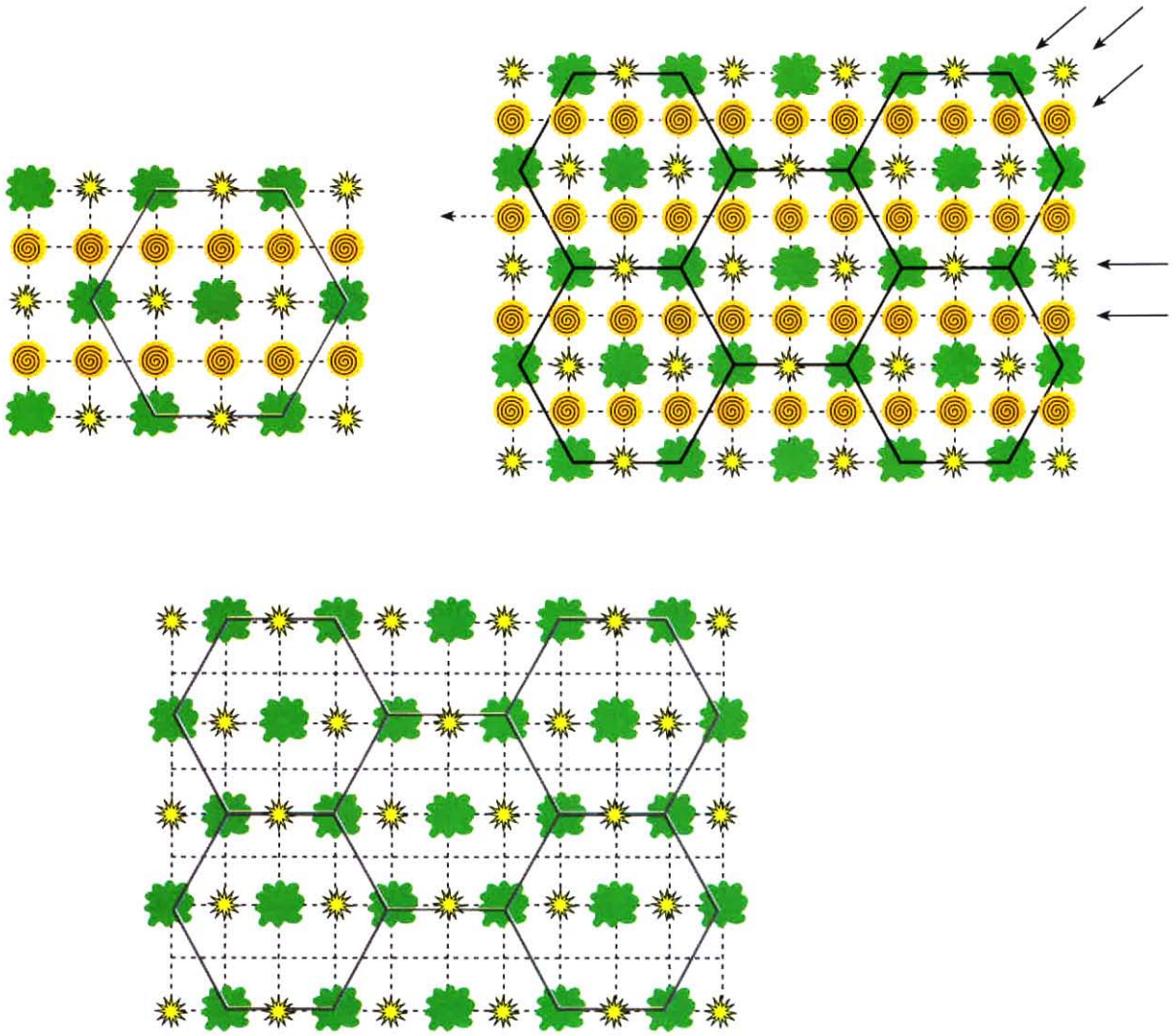


INFOR



Fuente: Buresti y Frattegiani (1995b)

**Figura 41. Esquema de asociación pie a pie, que considera las vías de extracción de la madera, y que representa una unidad repetible sobre toda la superficie**



Fuente: Buresti y Mori (1998)

**Figura 42. Esquema de asociación pie a pie en que las especies principal y arbustiva se disponen en un rombo-7, y la arbórea secundaria en disposición rectangular**



INFOR

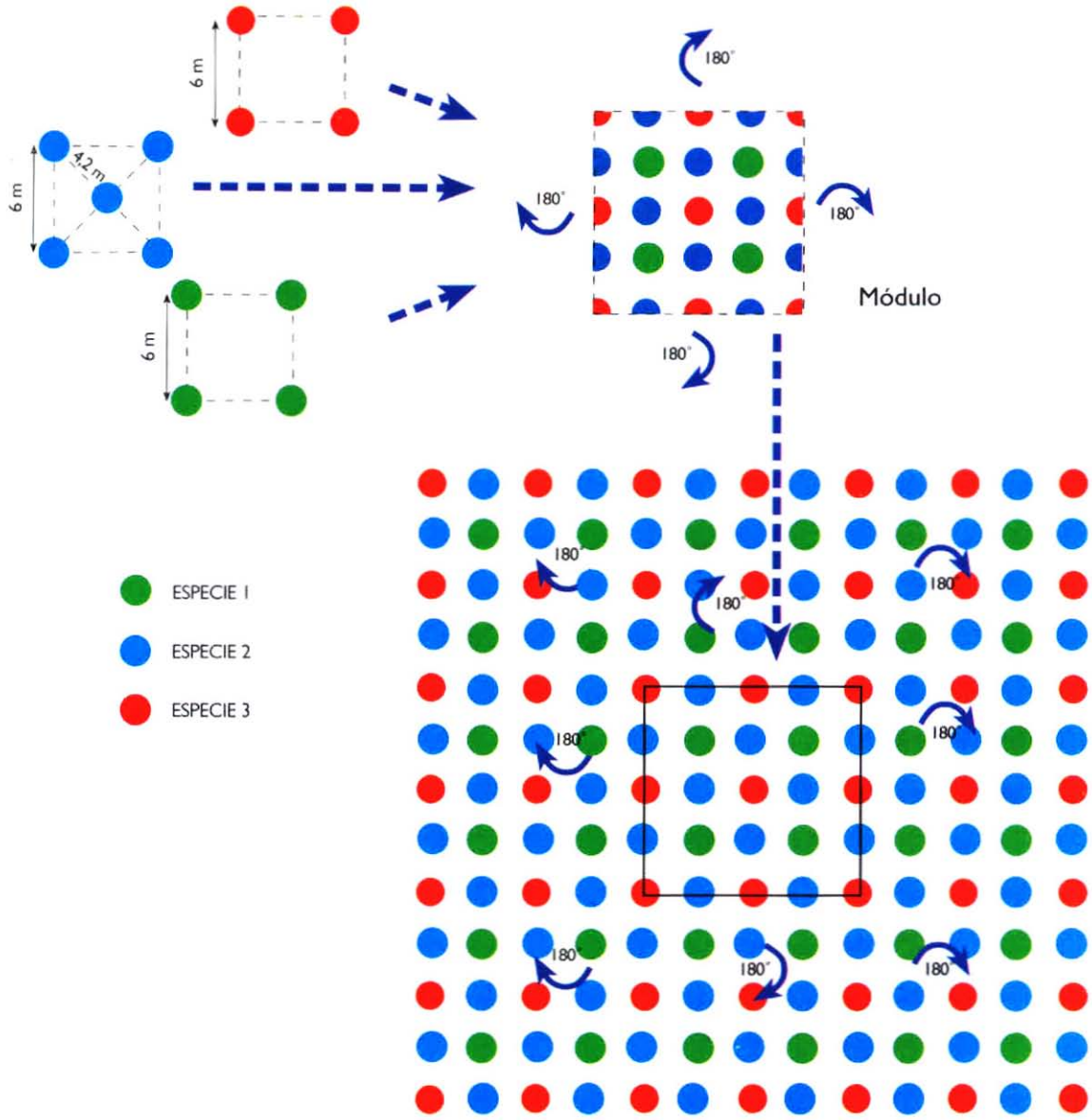
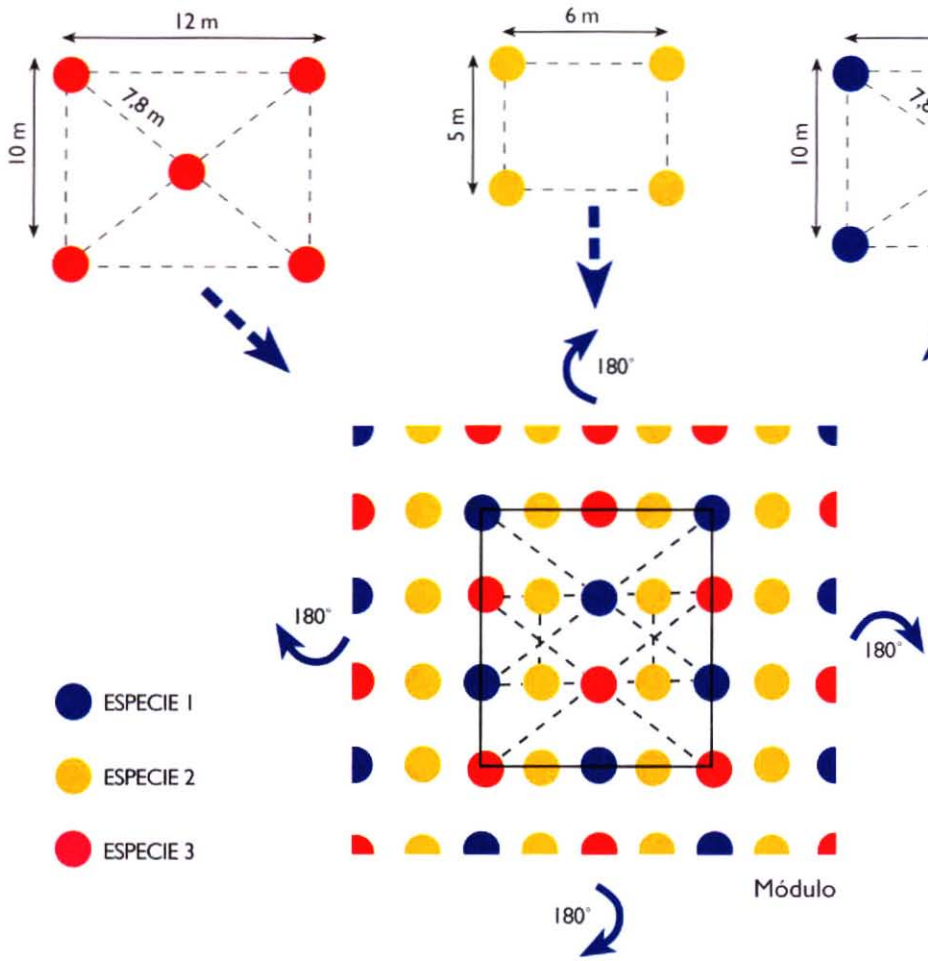



**Figura 43. Esquema que ejemplifica la contribución de cada árbol y especie en la constitución de un módulo mixto con disposición cuadrada. La especie 1 aporta en el módulo 4 árboles enteros; la especie 2 con 8 árboles (4 enteros más 8 medios); y la especie 3 con 4 árboles (1 entero, 4 medios y 4 cuartos).**



INFOR




Fuente: Buresti y Mori ( 2001b)

**Figura 44. Esquema que ejemplifica la contribución de cada árbol y especie en la constitución de un módulo mixto con disposición rectangular. La especie 1 aporta al módulo 10 árboles (6 enteros, 7 medios y 2 cuartos); la especie 2 con 20 árboles (16 enteros y 8 medios), la especie 3 con 10 árboles (6 enteros, 7 medios y 2 cuartos).**



INFOR

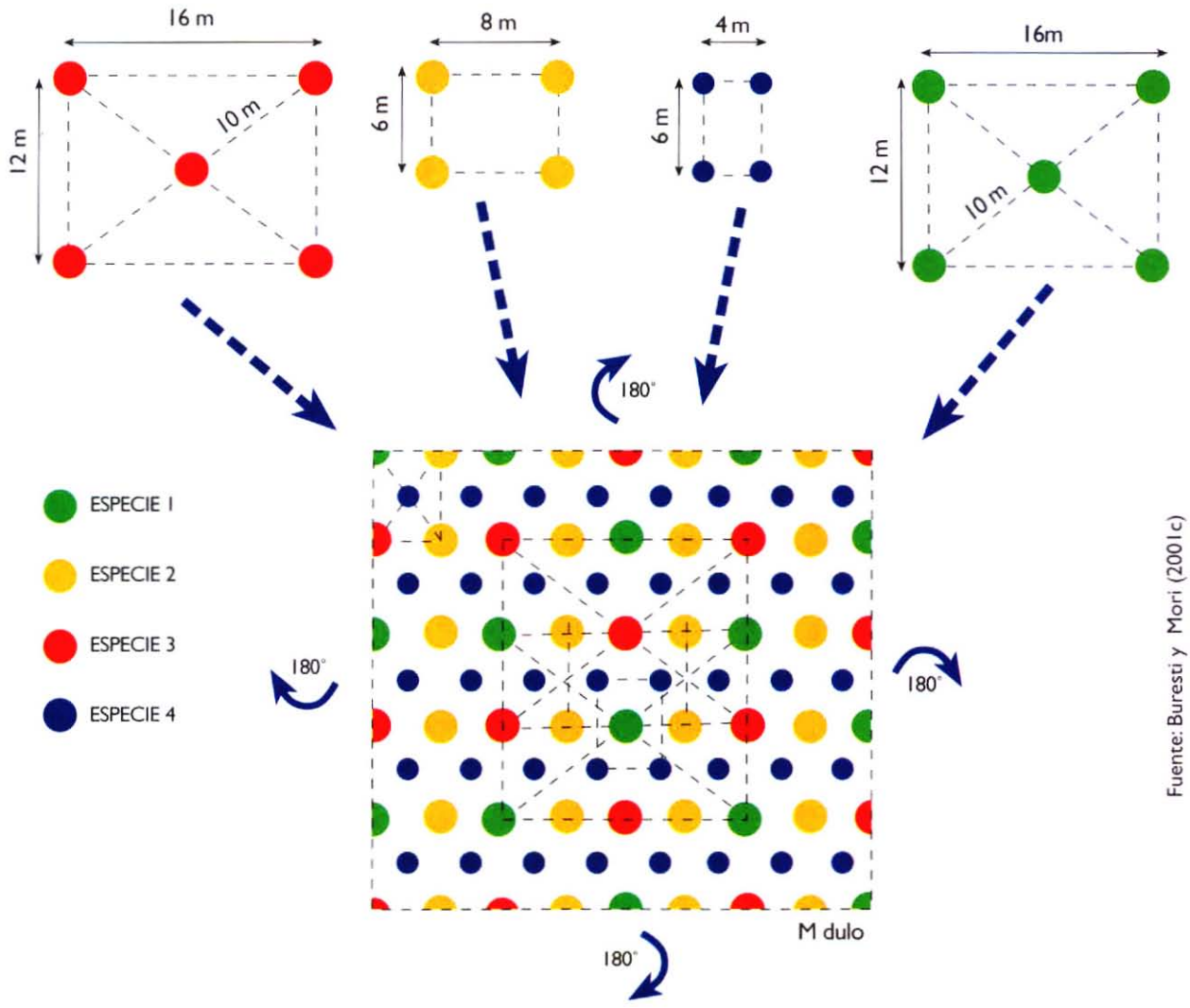
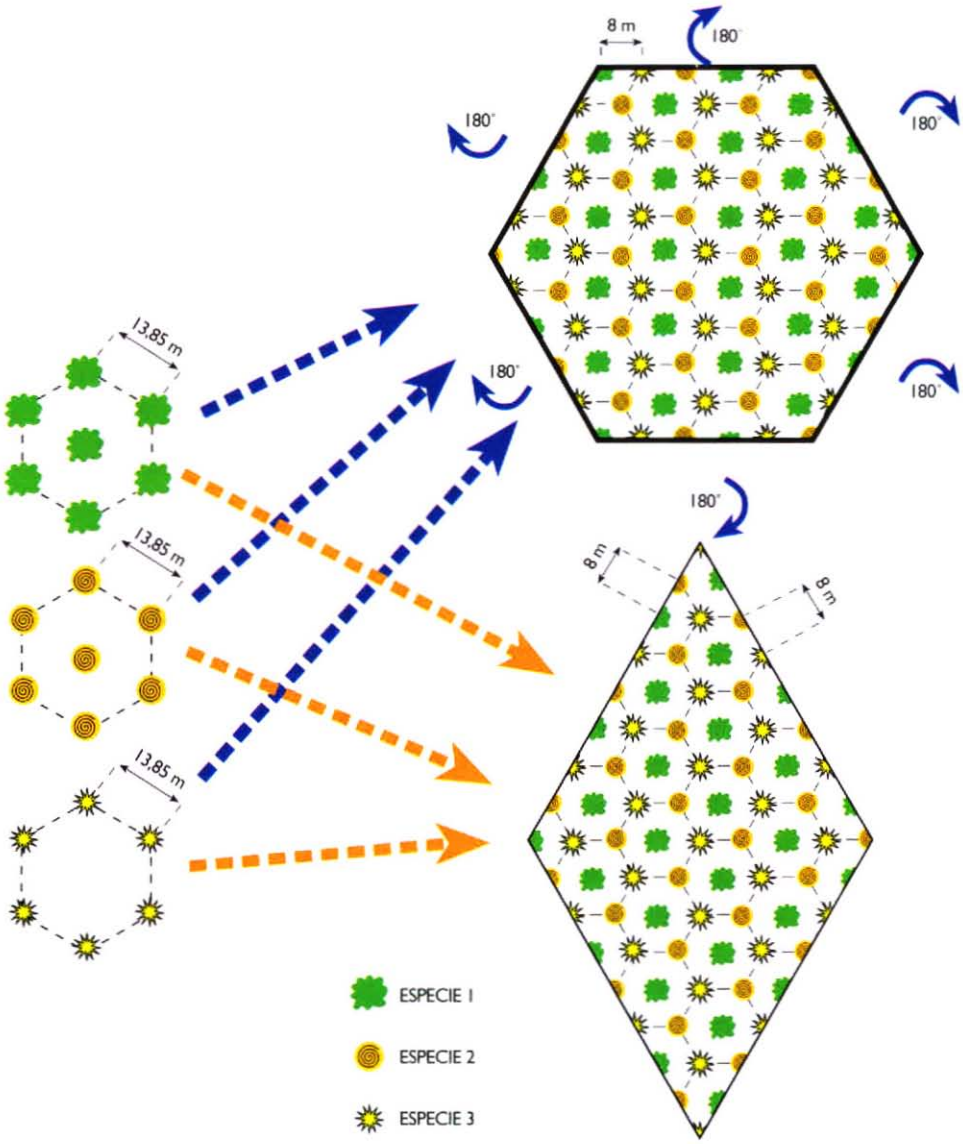



**Figura 45. Esquema que ejemplifica la contribución de cada árbol y especie en la constitución de un módulo mixto con disposición a tres bolillos. La especie 1 aporta al módulo 10 árboles (6 enteros, 7 medios y 2 cuartos); la especie 2 con 20 árboles (16 enteros y 8 medios); la especie 3 con 10 árboles (6 enteros, 7 medios y 2 cuartos), y la especie 4 con 40 árboles.**



INFOR

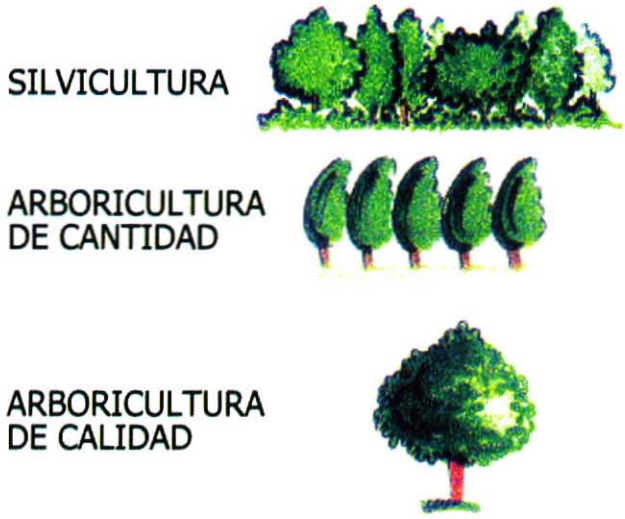



Fuente: Buresti y Mori (2001d)

**Figura 46. Esquema que ejemplifica la contribución de cada árbol. En el primer caso la especie 1 contribuye al módulo con 25 árboles (21 enteros, 6 medios, 3 tercios); la especie 2 con 25 árboles (21 enteros, 6 medios, 3 tercios); y la especie 3 con 2 árboles (19 enteros, 12 medios). En el segundo caso la especie 1 contribuye al módulo con 21,3 árboles (16 enteros, 10 medios y 1 tercio); la especie 2 con 21,3 árboles (16 enteros, 10 medios y 1 tercio); la especie 3 con 21,3 árboles (17 enteros, 8 medios y 2 sextos).**



INFOR




Fuente: Buresti y Frattegiani (1995a)

**Figura 47. Representación de la silvicultura, arboricultura de cantidad y arboricultura de calidad**

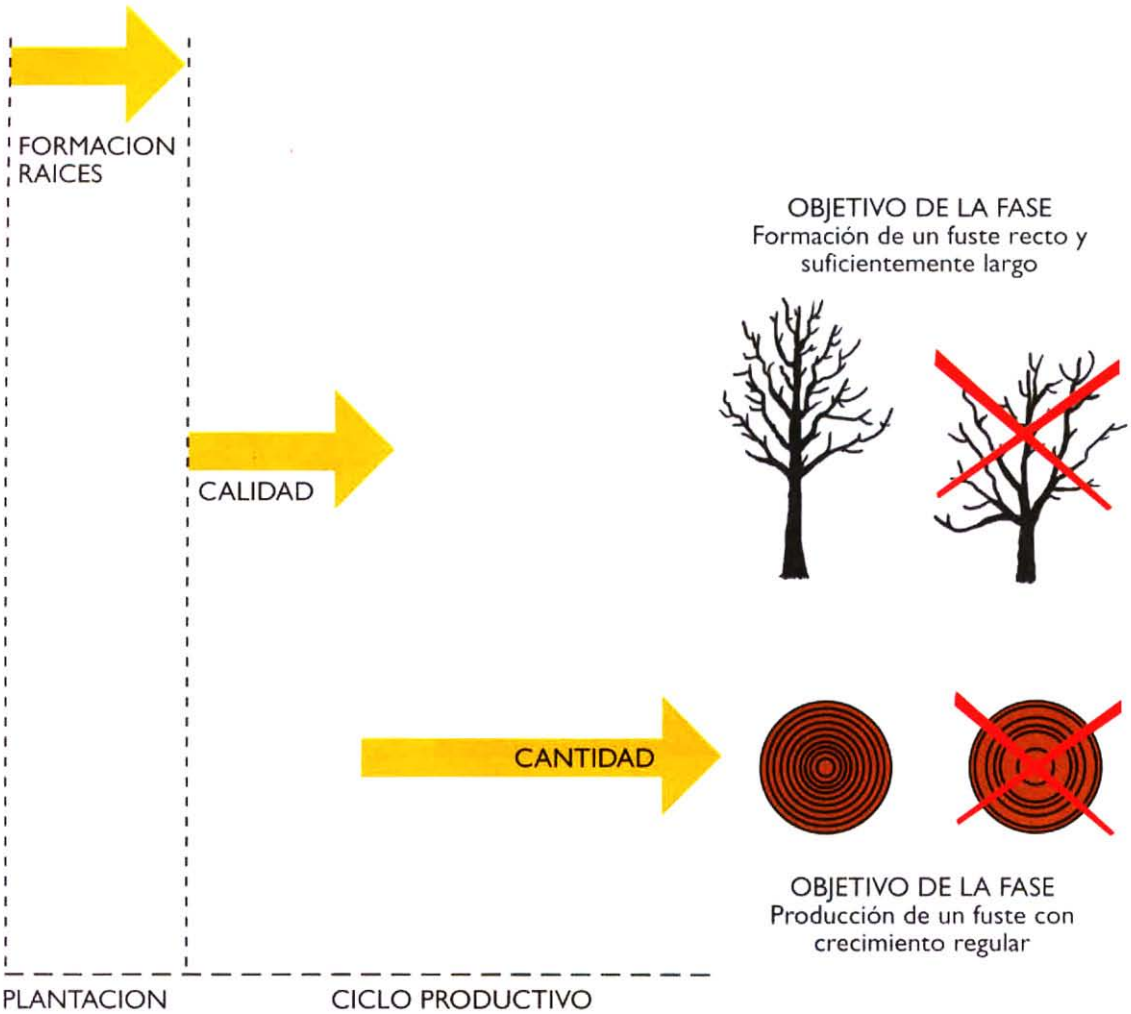



Fuente: Buresti y Mori (1998)

**Figura 48. Fases de desarrollo de un árbol y su impacto en la calidad de la madera**



INFOR

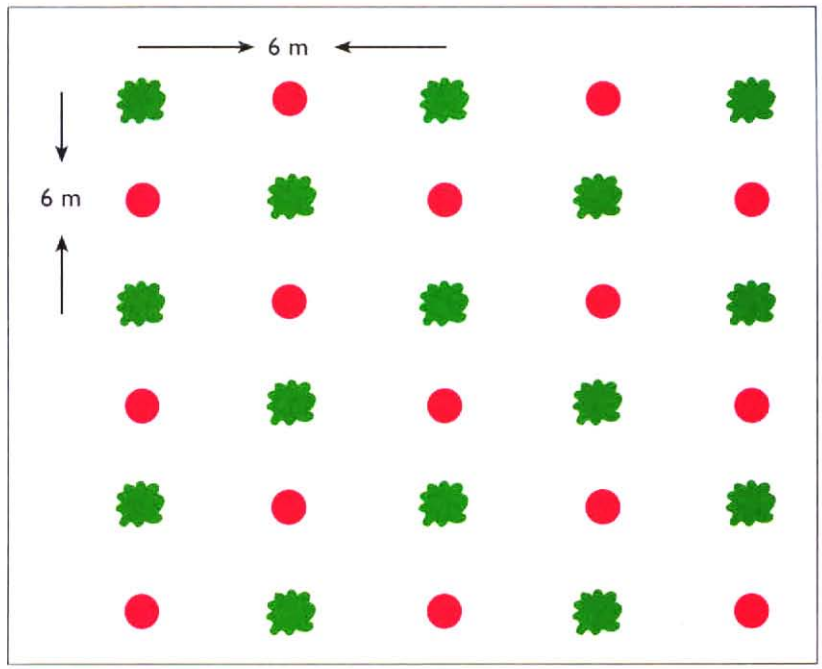



Fuente: Buresti y Mori (1998)

**Figura 49. Etapas de desarrollo de un árbol; en la primera se busca establecer el sistema radicular, en la segunda formar el fuste, y en la tercera obtener crecimientos diamétricos regulares**



INFOR




| | |
|---|---|
| Cerezos/ha: | 555 |
| Nogales/ha: | 555 |
| Total de plantas/ha: | 1.110 |

Fuente: Propia

**Figura 50. Diseño de plantación mixta de nogal y cerezo. Sector Cerro, Molina, VII Región**

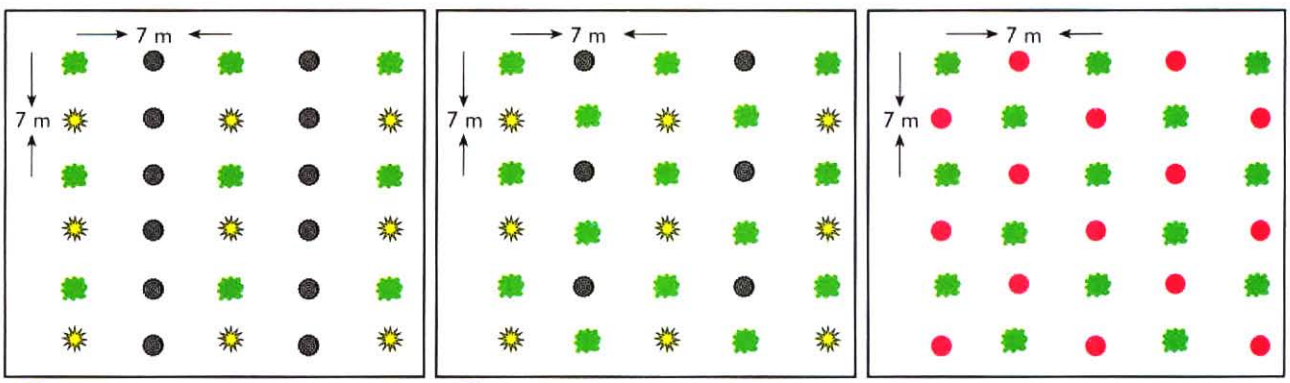


INFOR



Fuente: Propia

**Figura 51. Plantación mixta de nogal y cerezo de 4 años. Sector Cerro, Molina, VII Región**




| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Nogales/ha: | 204 | Nogales/ha: | 408 | Cerezos/ha: | 408 |
| Aliso negro/ha: | 408 | Aliso negro/ha: | 204 | Nogales/ha: | 408 |
| Olivos de Bohemia/ha: | 204 | Olivos de Bohemia/ha: | 204 | Total de plantas/ha: | 816 |
| Total de plantas/ha: | 816 | Total de plantas/ha: | 816 | | |

Fuente: Propia

**Figura 52. Diseño de plantación mixta. Sector Marengo, Molina, VII Región**



INFOR

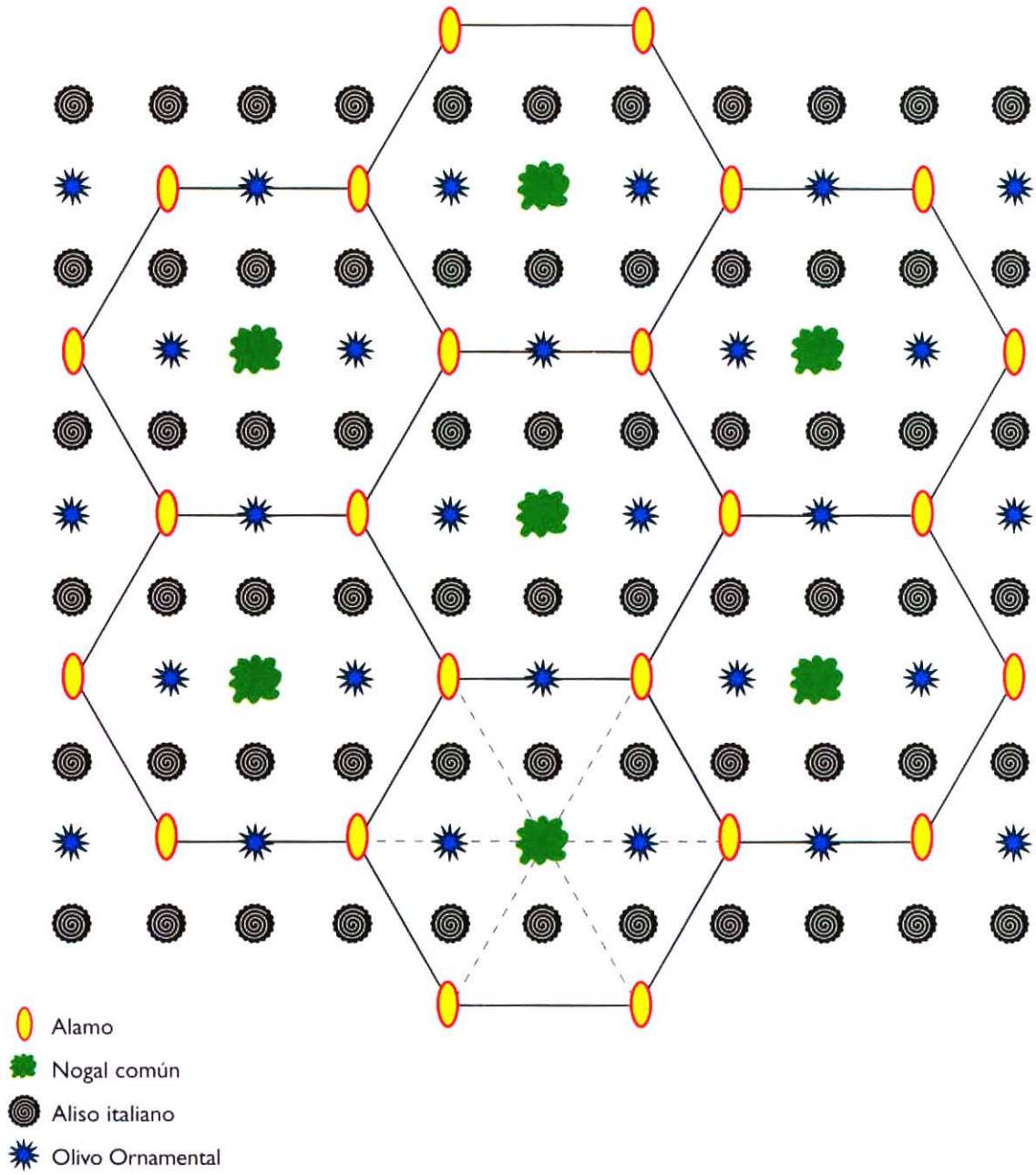


Fuente: Propia

**Figura 53. Plantación mixta de nogal y cerezo de 4 años. Sector Marengo, Molina, VII Región**

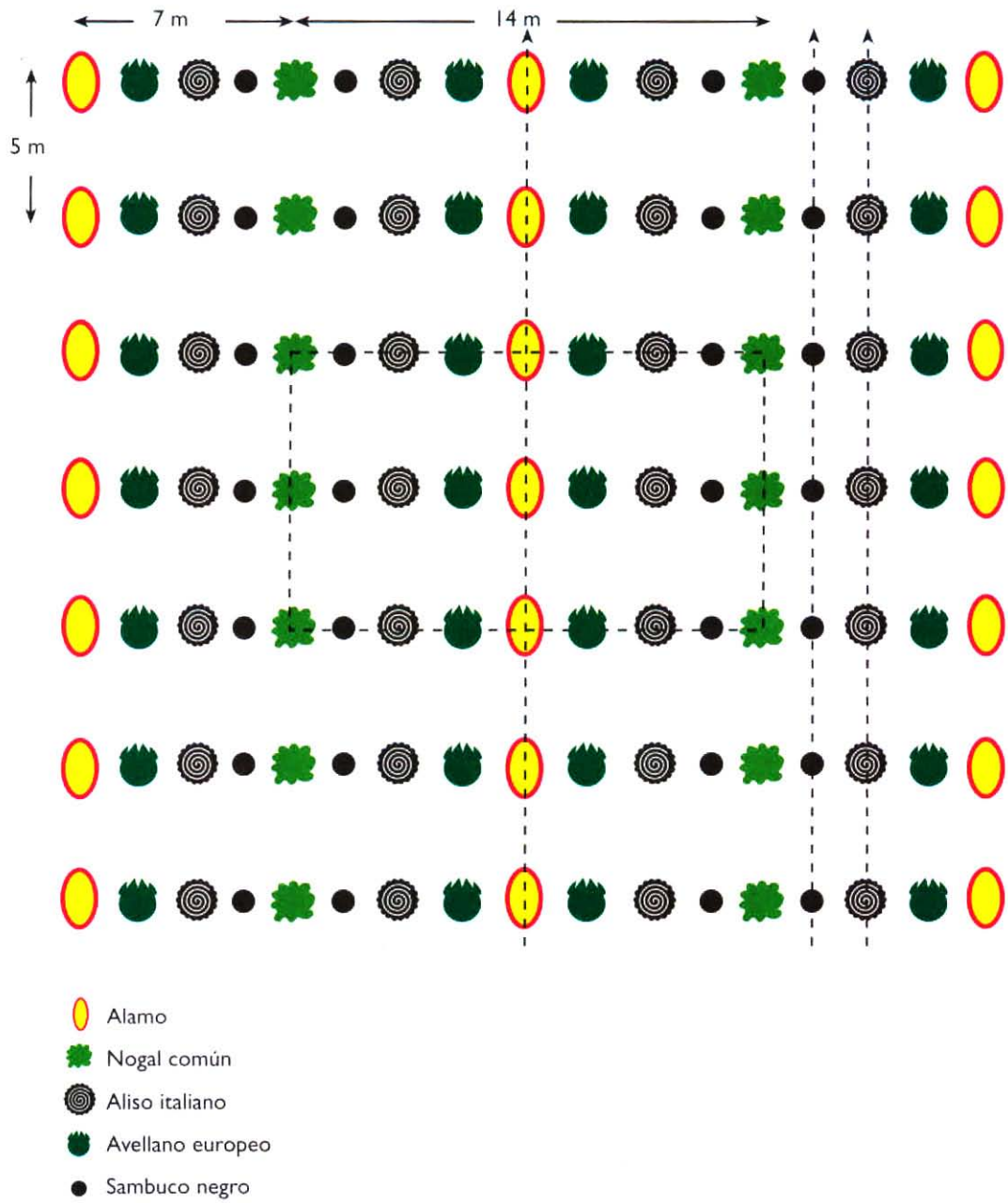


INFOR




Fuente: Buresti et al. (2001)

**Figura 54. Diseño de asociación de nogal, álamo y especies secundarias (Mantova, Italia).**




Fuente: Buresti et al. (2001)

**Figura 55. Diseño de asociación de nogal, álamo y especies secundarias**



Fuente: Siebert (2004)

**Figura 56. Paisaje de bosque mixto, región de clima templado lluvioso estacional**



Fuente: Siebert (2004)

**Figura 57. Masa de roble fustal con estrato intermedio de laurel, lingue y olivillo.**



INFOR



Fuente: Siebert (2004)

**Figura 58. Claro en una masa de roble adulta con regeneración de roble de desarrollo brinzal. Fundo Pirihueico, Pirihueico**



Fuente: Siebert (2004)

**Figura 59. Claro en regeneración de roble, enriquecido 17 años antes con aromo australiano o blackwood y pino oregón. Fundo Miraflores, Lanco**



INFOR



Fuente: Siebert (2004)

**Figura 60. Claro en regeneración de roble, enriquecido 18 años antes con Eucalyptus globulus. Fundo Miraflores, Lanco**



Fuente: Siebert (2004)

**Figura 61. Claro en matorral de radal, enriquecido en el año 2000 con pino oregón**



INFOR



Fuente: Siebert (2004)

**Figura 62. Macal enriquecido hace 16 años con blackwood. Fundo Dollinco, Mariquina**



Fuente: Siebert (2004)

**Figura 63. Macal con laurel enriquecido hace 12 años con eucalipto. Fundo Dollinco, Mariquina**



INFOR



Fuente: Siebert (2004)

**Figura 64. Regeneración abundante de laurel y lingue en masa de pino radiata. Fundo Miraflores, Lanco**



Fuente: Siebert (2004)

**Figura 65. Transformación de masa de pino radiata en masa de pino oregón. Fundo Miraflores, Lanco**



INFOR



Fuente: Siebert (2004)

**Figura 66. Establecimiento mixto en franjas de Eucalyptus globulus y pino oregón, año 2000. Fundo Miraflores, Lanco**



Fuente: Siebert (2004)

**Figura 67. Asociación mixta de raulí y oregón de 8 años. Fundo Miraflores, Lanco**



INFOR



Fuente: Siebert (2004)

**Figura 68. Masa de oregón y raulí de 30 años. Fundo Paillahuinte, Choshuenco**



Fuente: Siebert (2004)

**Figura 69. Masa mixta de pino oregón y blackwood de 17 años. Fundo Miraflores, Lanco**



INFOR



Fuente: Siebert (2004)

**Figura 70. Asociación de pino insigne con blackwood de 20 años. Fundo Miraflores, Lanco**

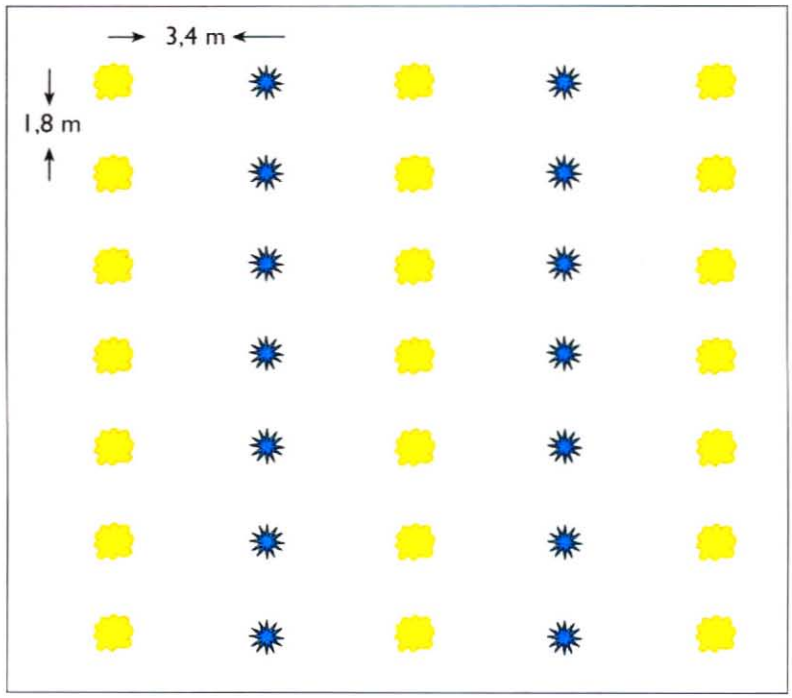


Fuente: Siebert (2004)

**Figura 71. Masa mixta de Quercus robur y castaño de 18 años. Fundo Miraflores, Lanco**



INFOR




| | | |
|---|---|---|
| | Aromo u otra especie principal | 816 |
| | Especie secundaria/ha | 816 |
| | Total de plantas/ha: | 1.633 |

Fuente: Propia

**Figura 72. Diseño plantación mixta. Miraflores, Lanco, X Región**



INFOR



Fuente: Propia

**Figura 73. Plantación mixta de aromo australiano y una especie secundaria. Miraflores, Lanco, X Región**



Fuente: Proyecto SAFE

**Figura 74. Sistema agroforestal de álamo con espárragos**



INFOR



Fuente: Proyecto SAFE

**Figura 75. Sistema agroforestal de cerezo común con raps**



Fuente: Proyecto SAFE

**Figura 76. Sistema agroforestal de nogal común con lavanda**

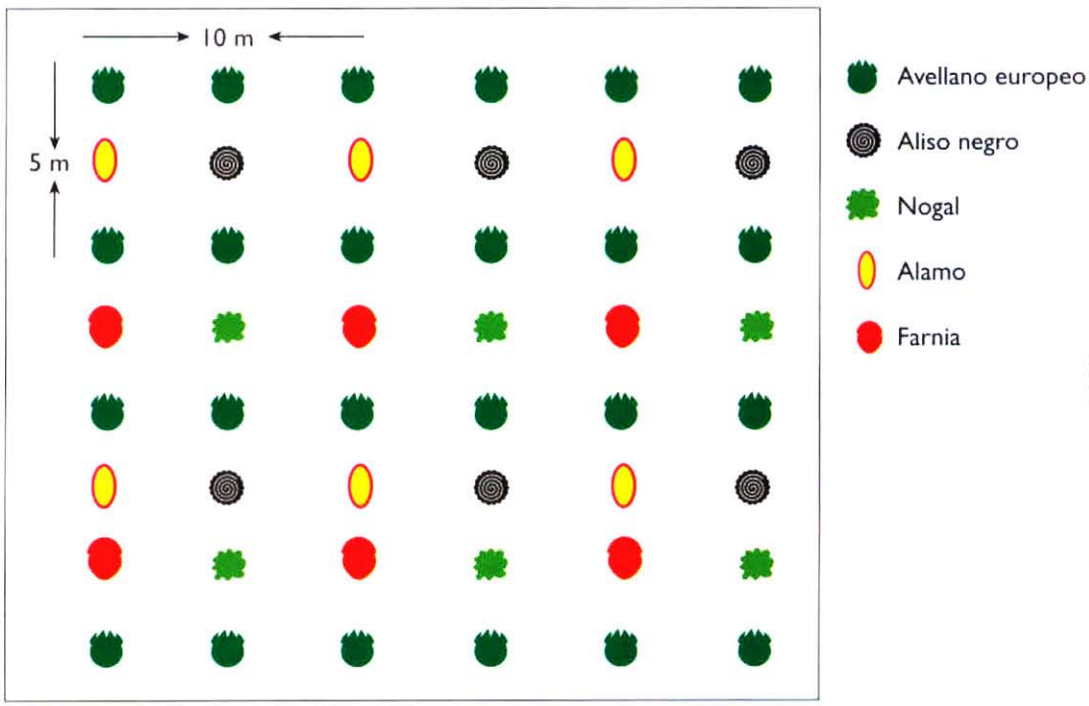


INFOR



Fuente: Proyecto SAFE

**Figura 77. Encinos asociados a cereales**




Fuente: Buresti y Mori (2003)

**Figura 78. Diseño de plantación mixta con especies secundarias y paracaídas (caso 1)**



INFOR

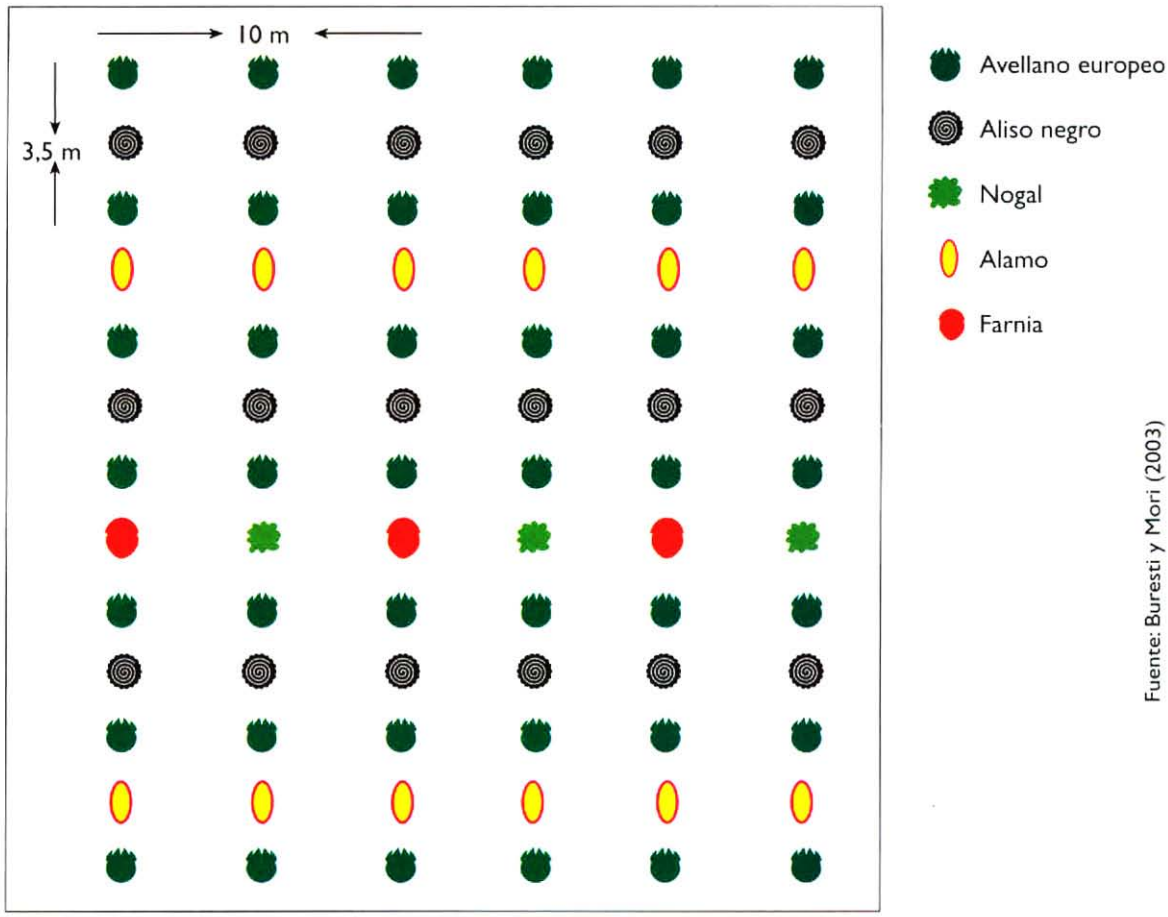
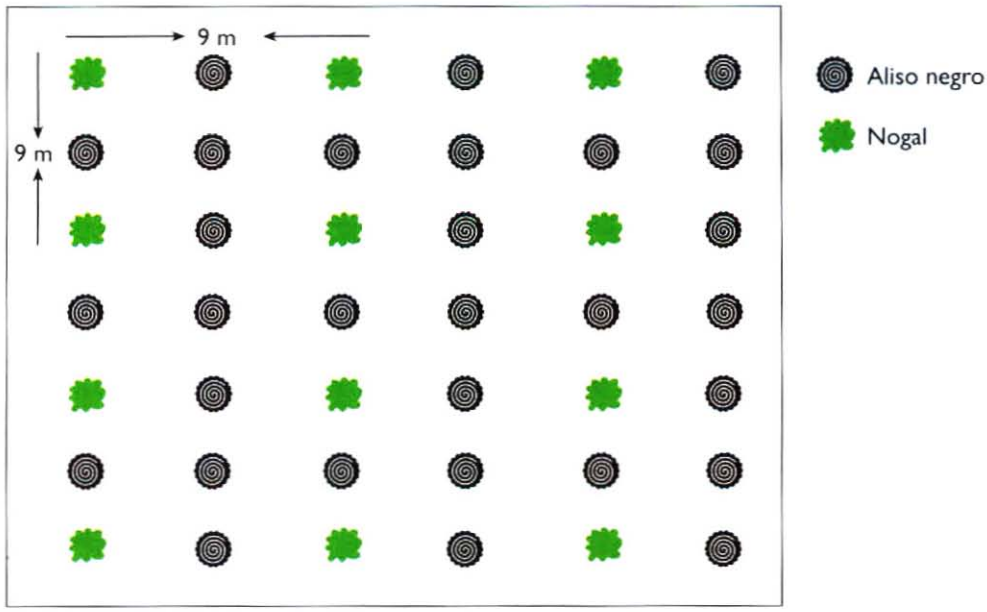
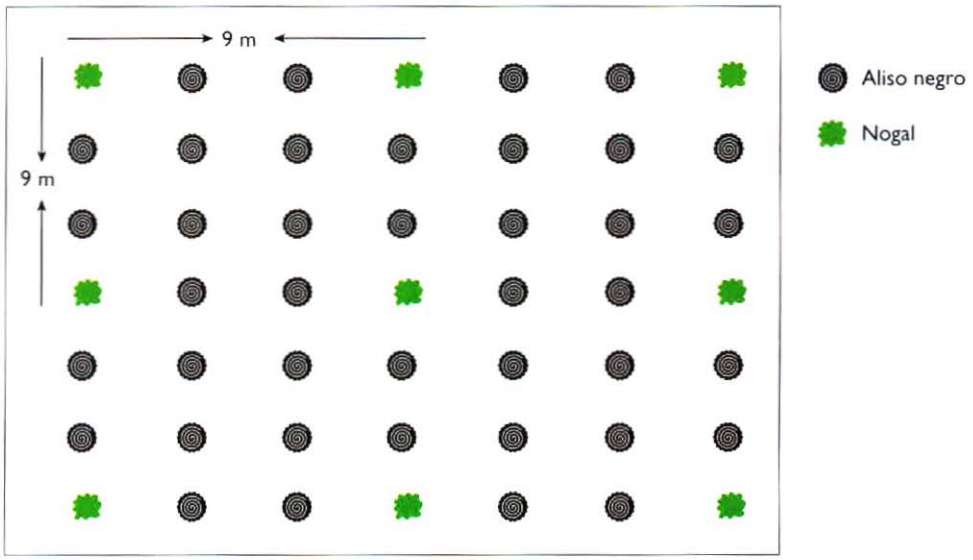



**Figura 79. Diseño de plantación mixta con especies secundarias y paracaídas (caso 2)**




Fuente: Buresti y Mori (2003)

**Figura 80. Diseño de plantación pura con especie secundaria (caso 3)**

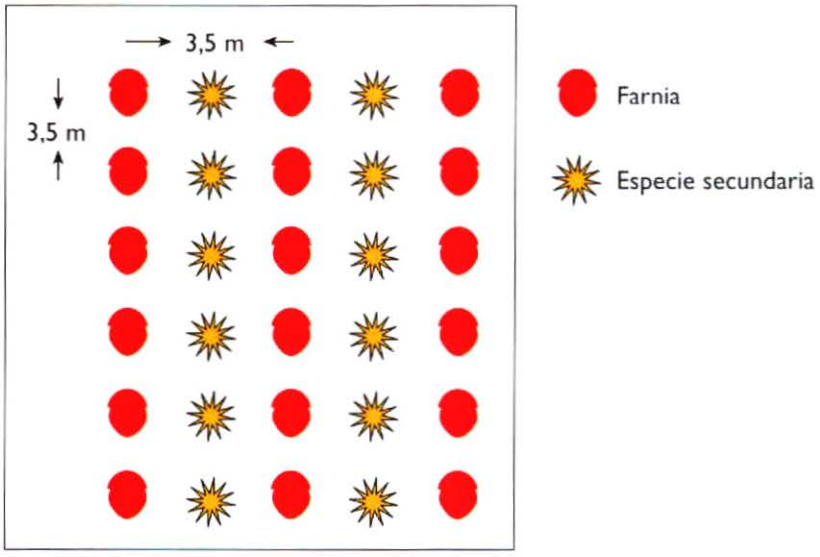



Fuente: Buresti y Mori (2003)

**Figura 81. Diseño de plantación pura con especie secundaria (caso 4)**

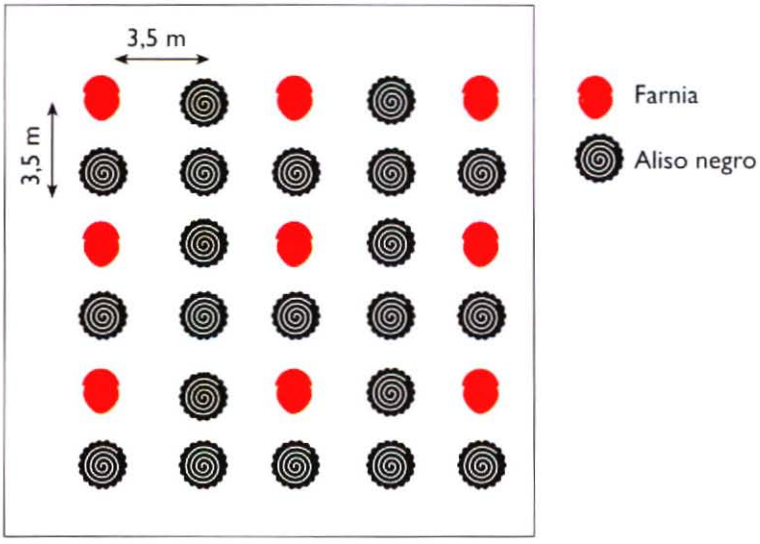


INFOR




Fuente: Buresti y Mori (1999)

**Figura 82. Diseño de plantación pura con especie secundaria (caso 5)**

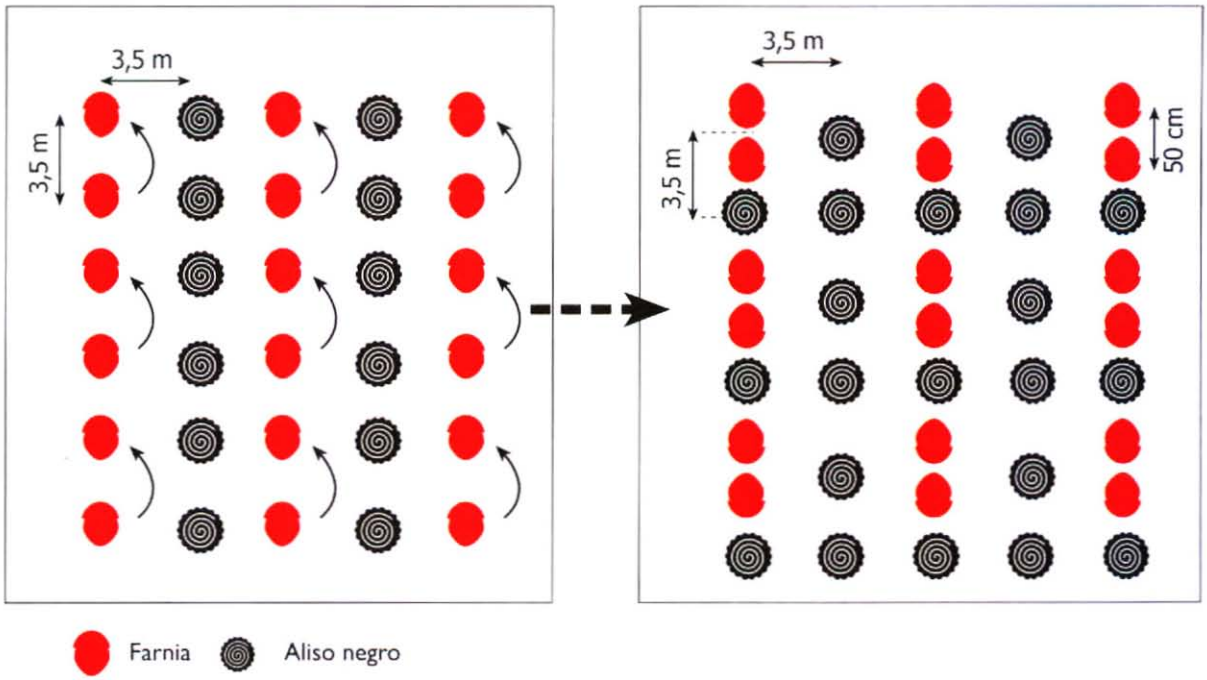



Fuente: Buresti y Mori (1999)

**Figura 83. Diseño de plantación pura con especie secundaria (caso 6)**

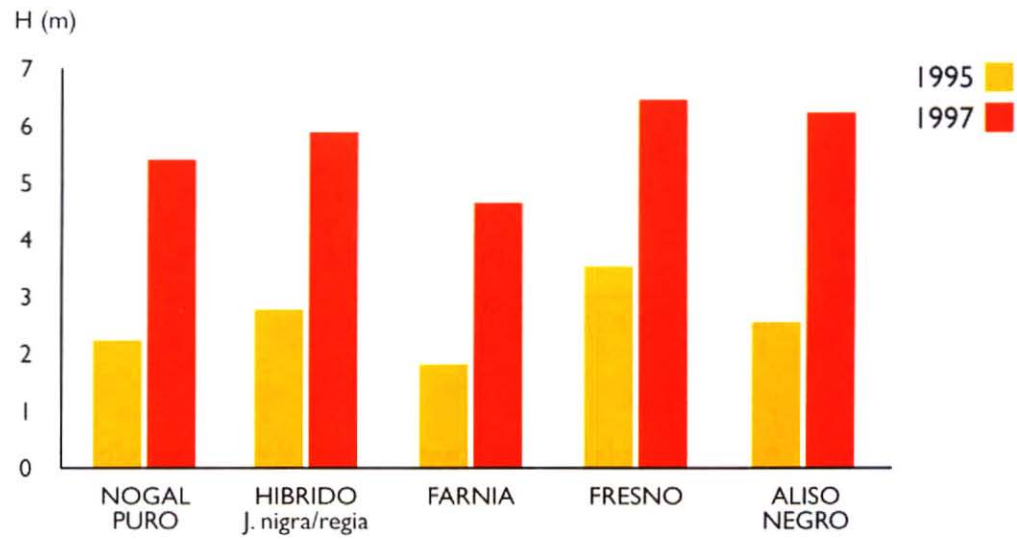


INFOR



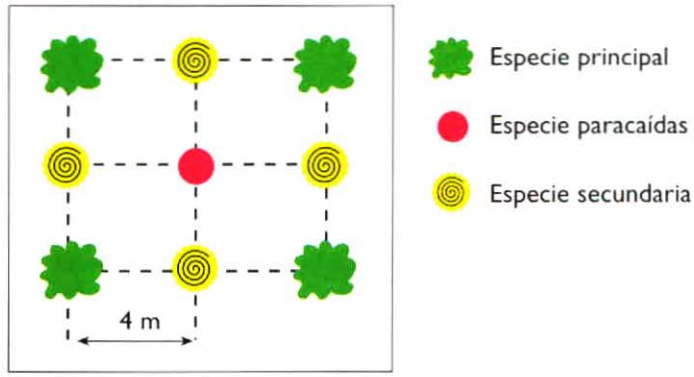

Fuente: Buresti y Mori (1999)

**Figura 84. Diseño de plantación pura con especie secundaria (caso 7)**



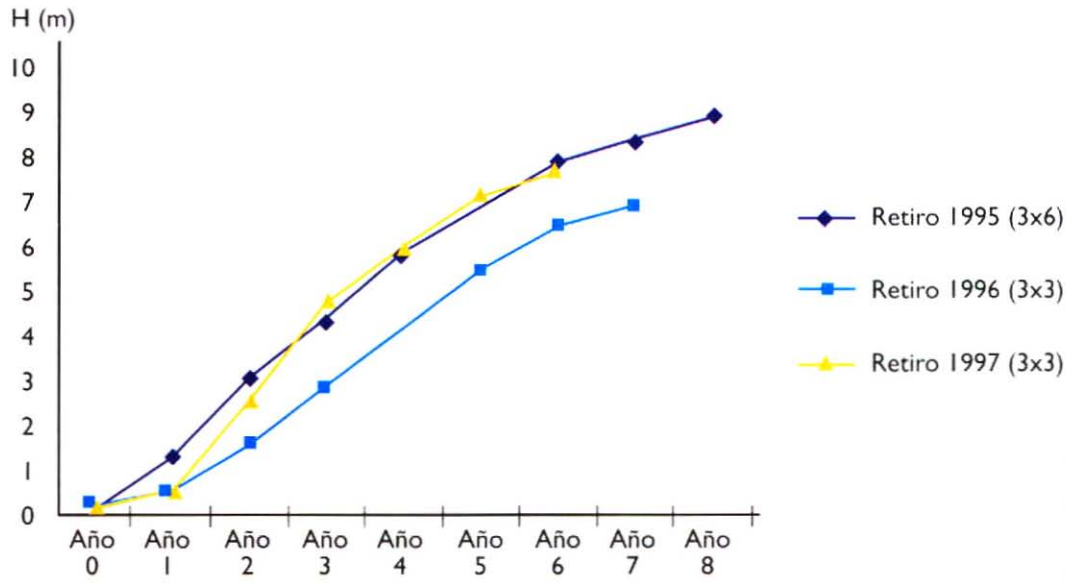

Fuente: Buresti y De Meo (1998b)

**Figura 85. Altura media en 1995 y 1997 (caso 8)**




Fuente: Buresti y De Meo (1998b)

**Figura 86. Diseño de plantación mixta con especie secundaria y paracaída (caso 8)**




Fuente: Propia

**Figura 87. Alturas de plantación mixta de nogal común y olivo de bohemia (1997) y de plantaciones puras de nogal (1995 y 1996). Retiro, VII región.**



INFOR

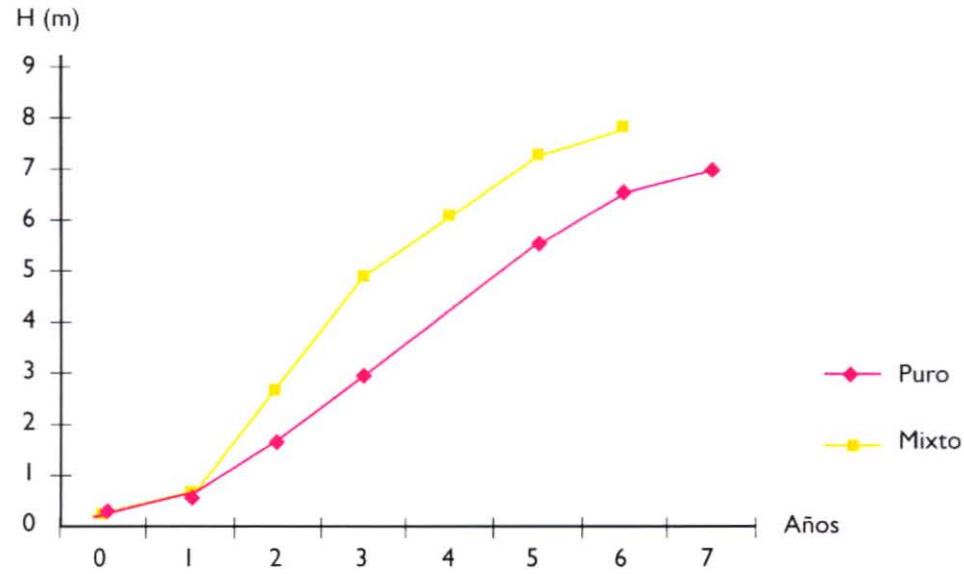



**Figura 88. Alturas de plantaciones pura y mixta de nogal común y olivo de bohemia de igual densidad, Retiro, VII región.**

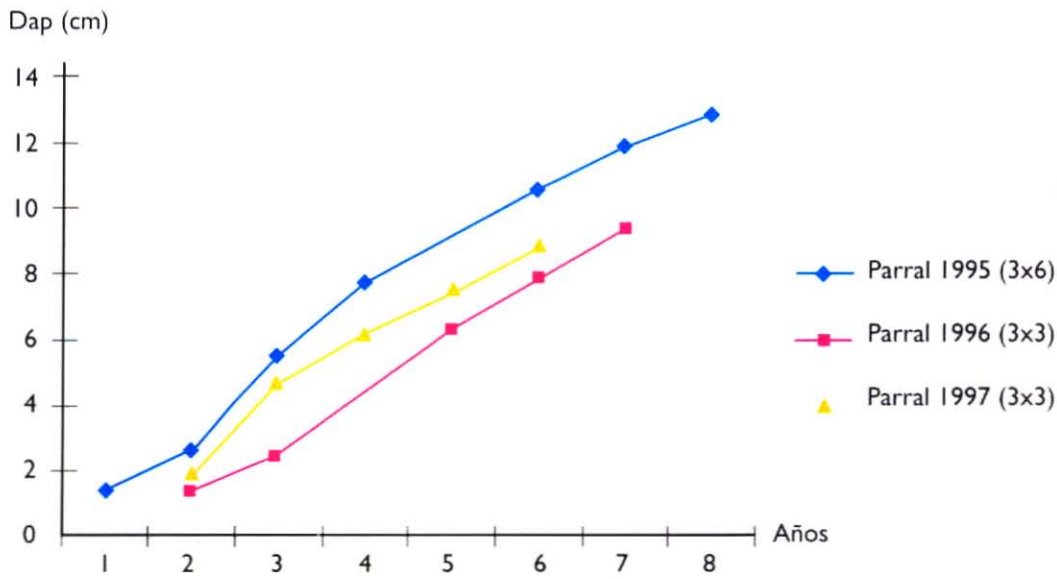



**Figura 89. Diámetros de una plantación mixta de nogal común y olivo de bohemia (1997) y de dos puras con diferentes densidades, Retiro, VII región.**



INFOR

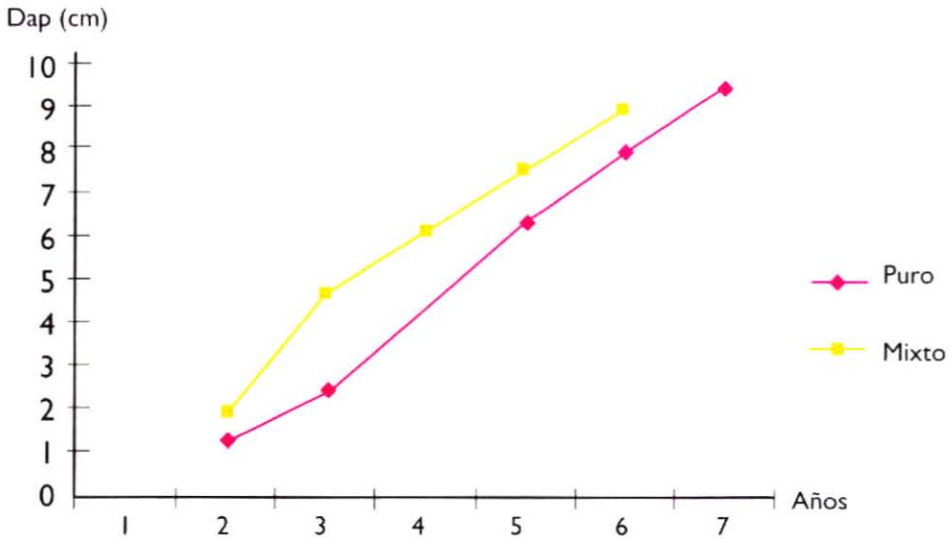



**Figura 90. Diámetros de plantación pura y mixta de nogal común y olivo de bohemia, Retiro, VII región.**

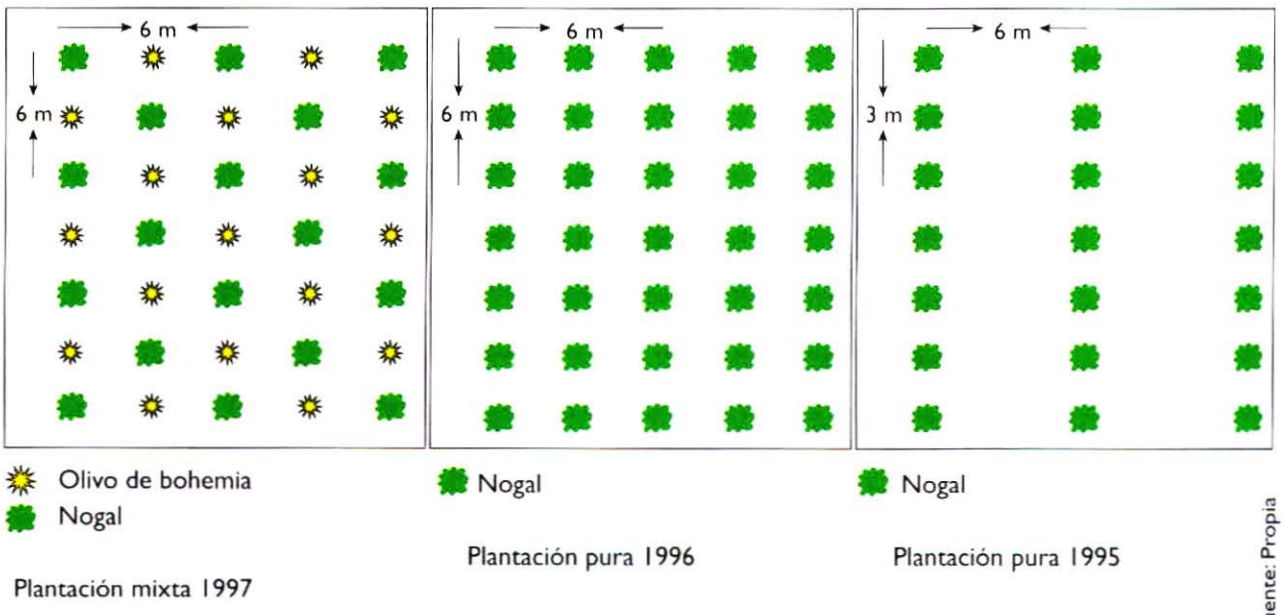
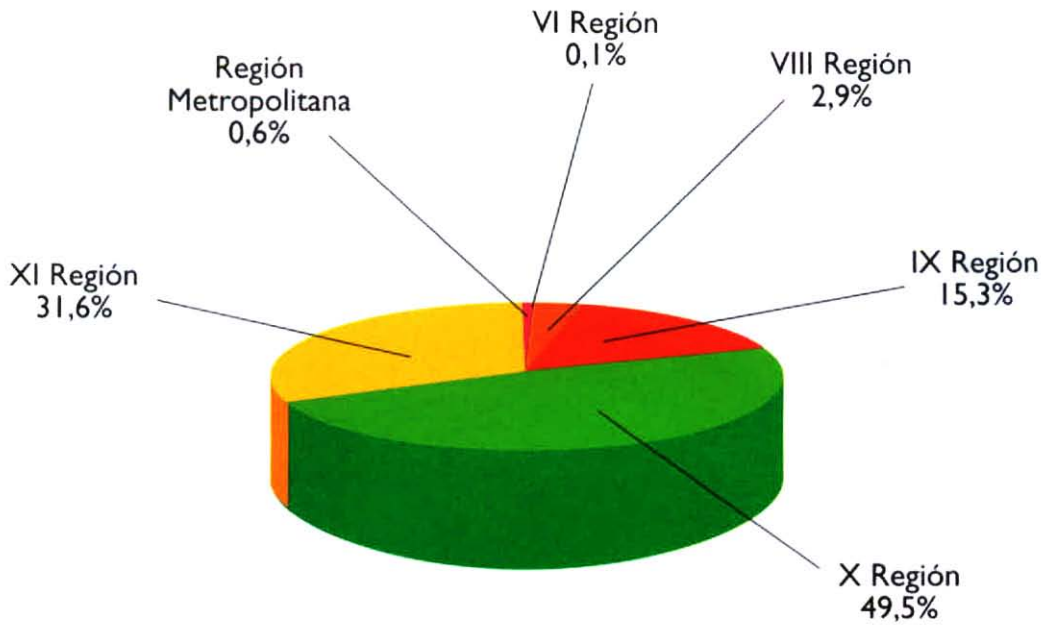



**Figura 91. Diseño de plantación pura con y sin especie secundaria (caso 9)**




Fuente: Propia

**Figura 92. Distribución regional de las plantaciones mixtas registradas en Chile**



Fuente: Propia

**Figura 93. Plantación mixta en hileras con eucalipto y aromo australiano. X región, Chile**

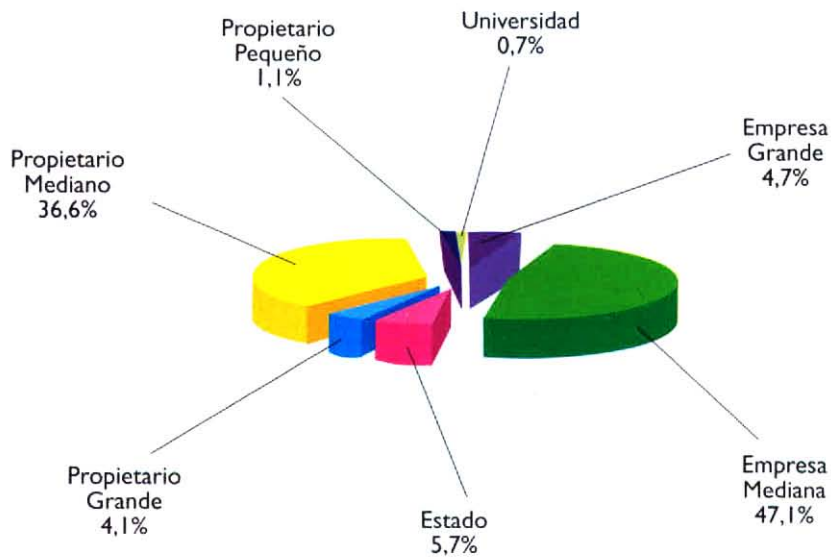


INFOR



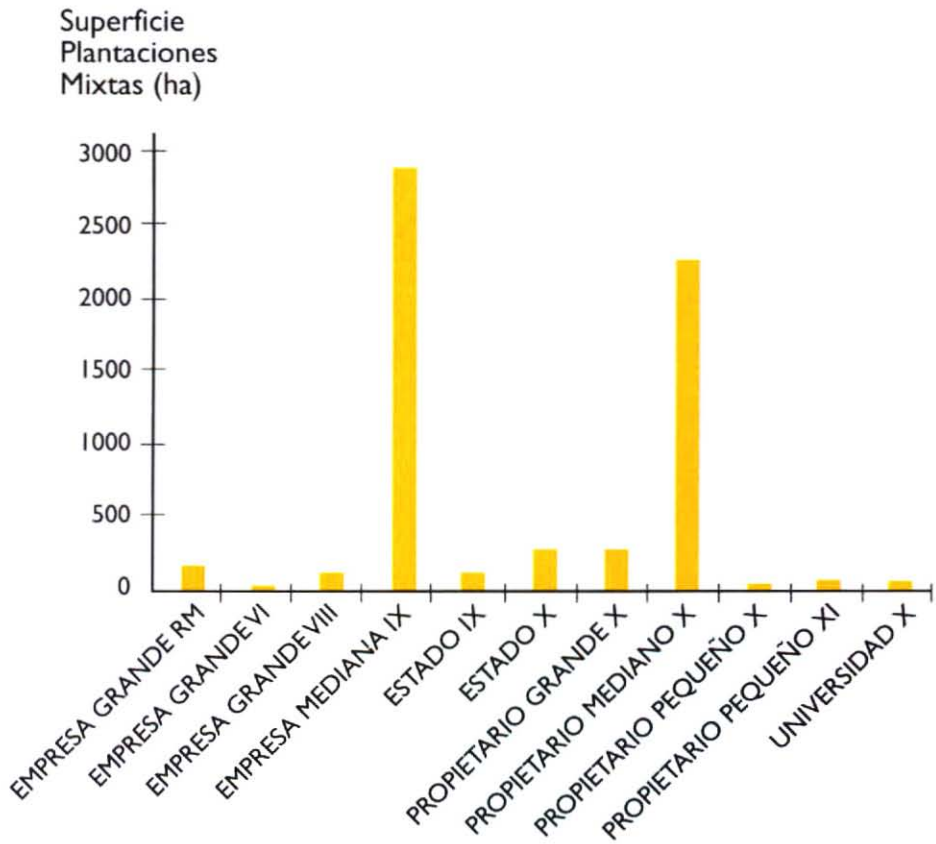
Fuente: Propia

**Figura 94. Plantación mixta en grupos con pino oregón, castaño y roble. X región, Chile**




Fuente: Propia

**Figura 95. Distribución de las plantaciones mixtas según agente socioeconómico**




Fuente: Propia

**Figura 96. Distribución de las plantaciones mixtas según agente socioeconómico a nivel regional**



INFOR



Fuente: Propia

**Figura 97. Plantación mixta de nogal común asociado a olivo de bohemia a los 5 años. VII región, Chile**



INFOR



Fuente: Propia

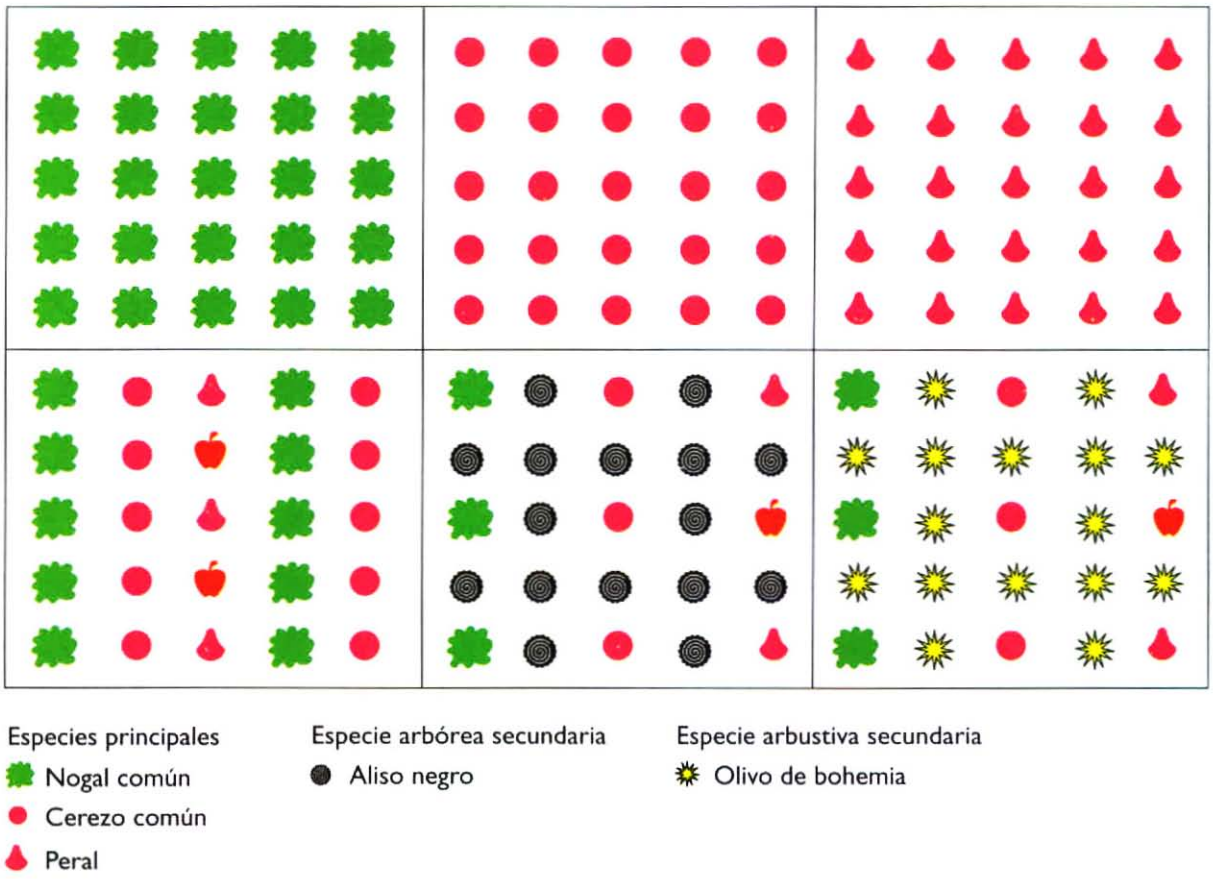
**Figura 98. Plantación mixta de nogal común, castaño, raulí y cerezo a los 9 años. VIII región, Chile**



**Figura 99. Plantación mixta de nogal negro, castaño, liquidambar y fresno a los 7 años. IX región, Chile**



INFOR

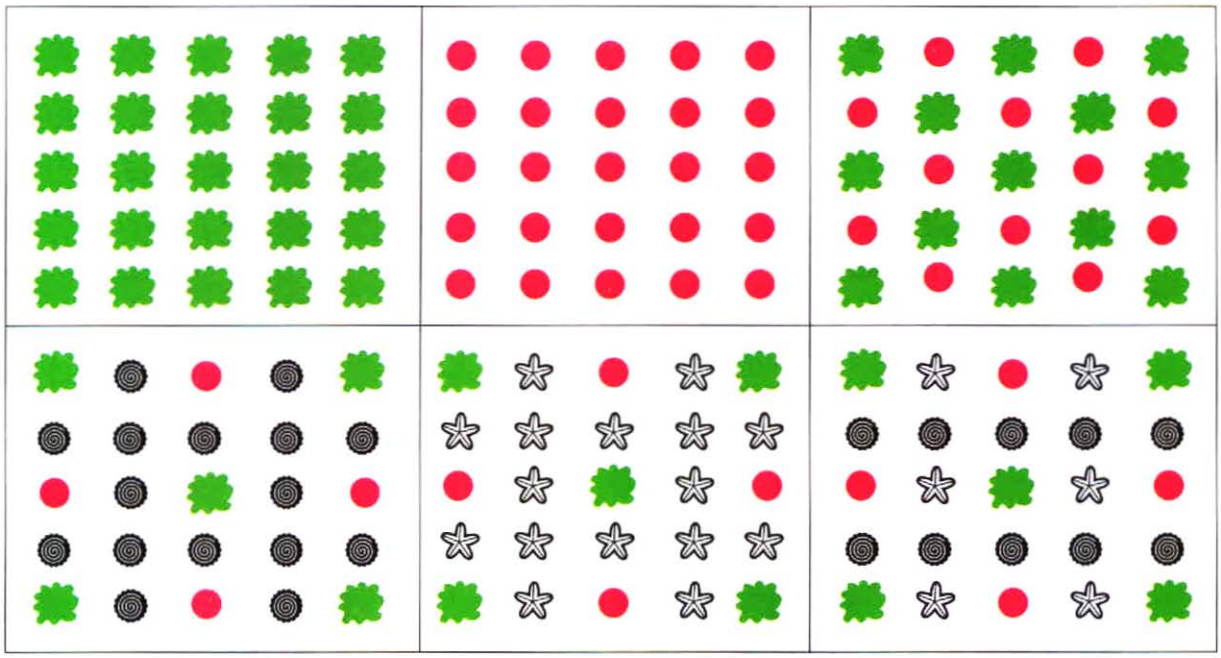



Fuente: Propia

**Figura 100. Diseño de las tesis probadas en plantación mixta experimental El Yacal, VII región, Chile**



INFOR



Fuente: Propia

Especies principales

Nogal común

Cerezo común

Especie arbórea secundaria

Aliso negro

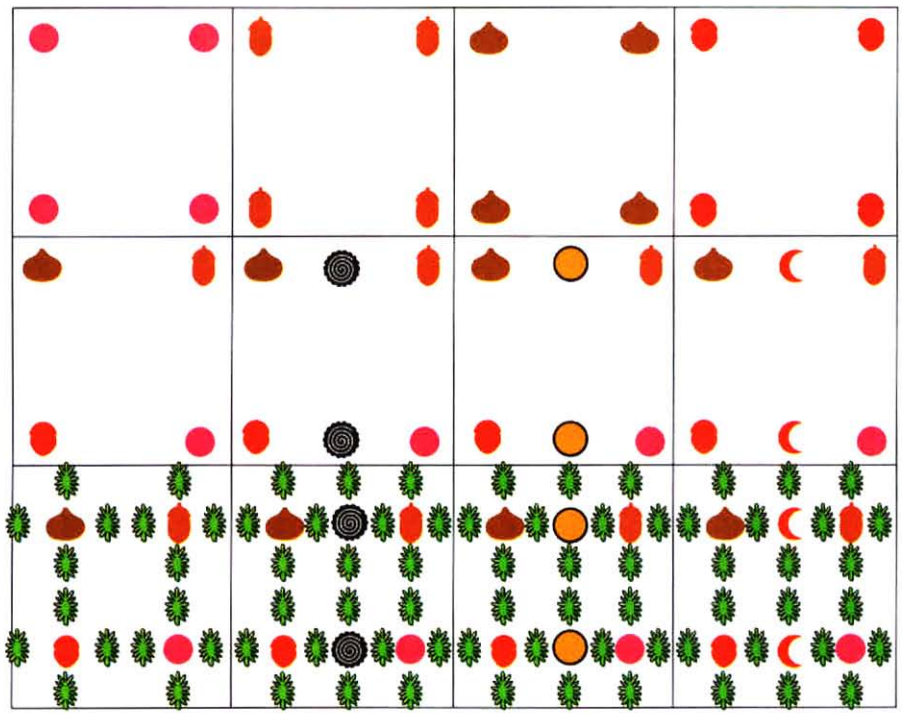
Especie arbustiva secundaria

Quillay

**Figura 101. Diseño de las tesis probadas en plantación mixta experimental Curanilahue, VIII región, Chile**



INFOR



Fuente: Propia

Especies principales
- Cerezo comúm
- Roble rojo americano
- Castaño
- Farnia

Especies arbóreas secundarias
- Aliso negro
- Avellano chileno
- Notro

Especie arbustiva secundaria
- Pichi

**Figura 102. Diseño de las tesis probadas en plantación mixta experimental. Los Lagos, X región, Chile**

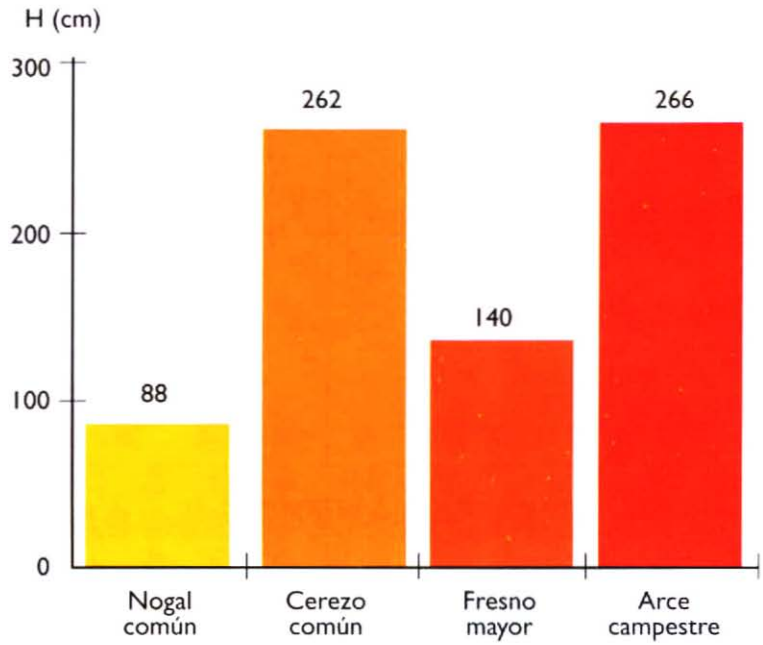


INFOR

# FIGURAS ANEXO 2



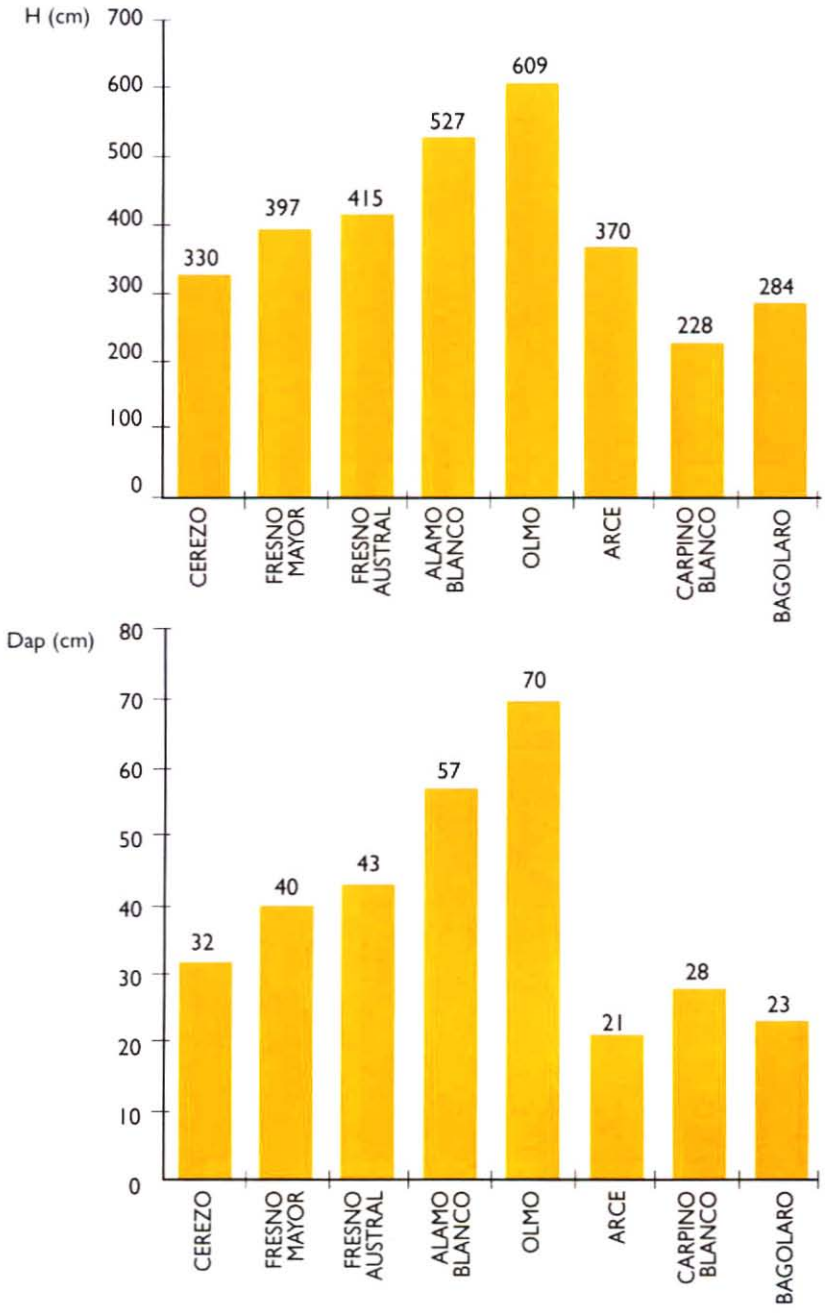
INFOR






Fuente: CBRP (1995)

**Figura 1. Estado de plantación mixta con nogal, cerezo, fresno y arce en zona montañosa a los 3 años (Grizzana Morandi, Italia)**




Fuente: CBRP (1995)

**Figura 2. Estado de plantación mixta en valle con arce, cerezo, fresno, bagolaro, fresno austral y álamo blanco a los 3 años (Sala Bolognese, Italia)**



INFOR

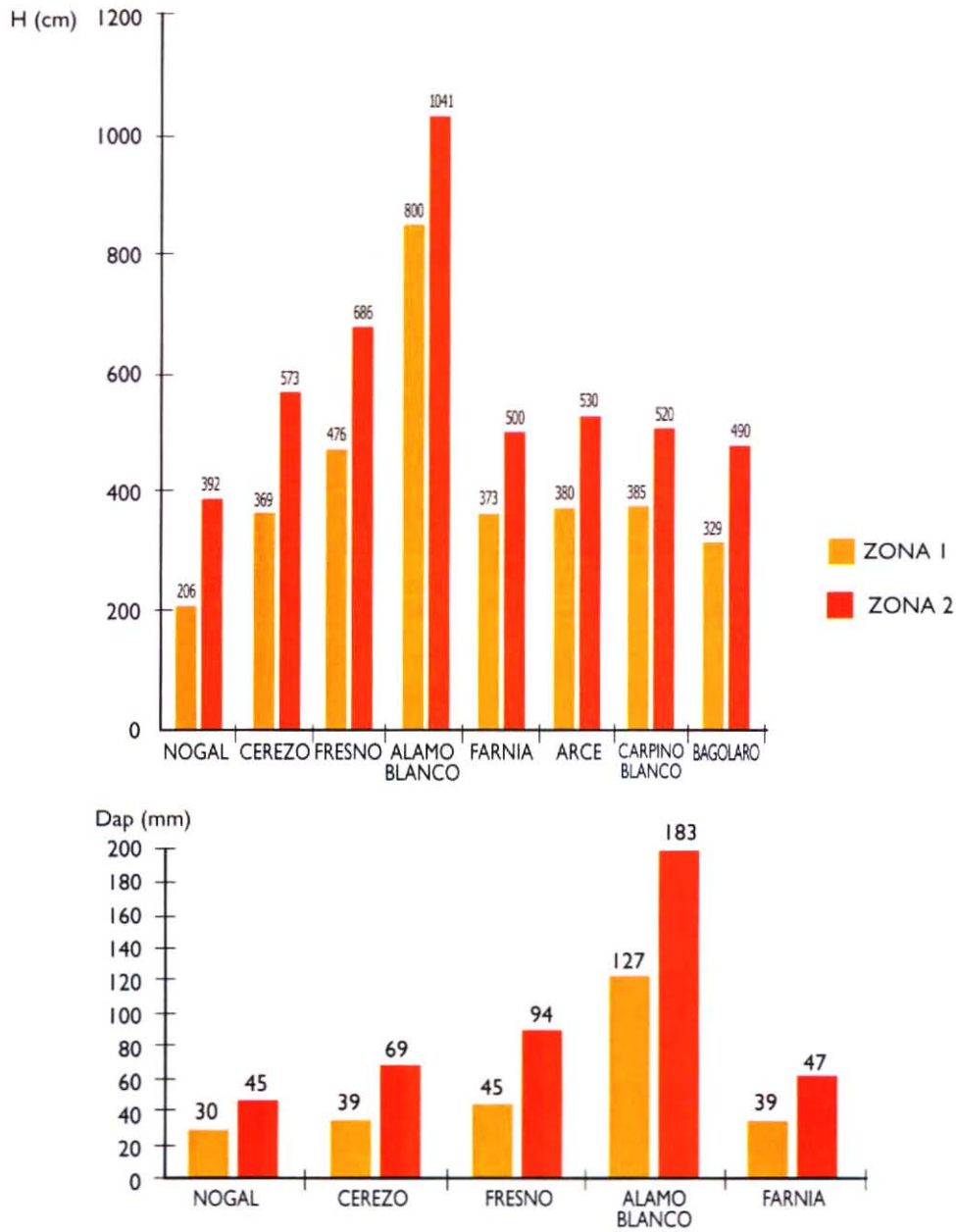
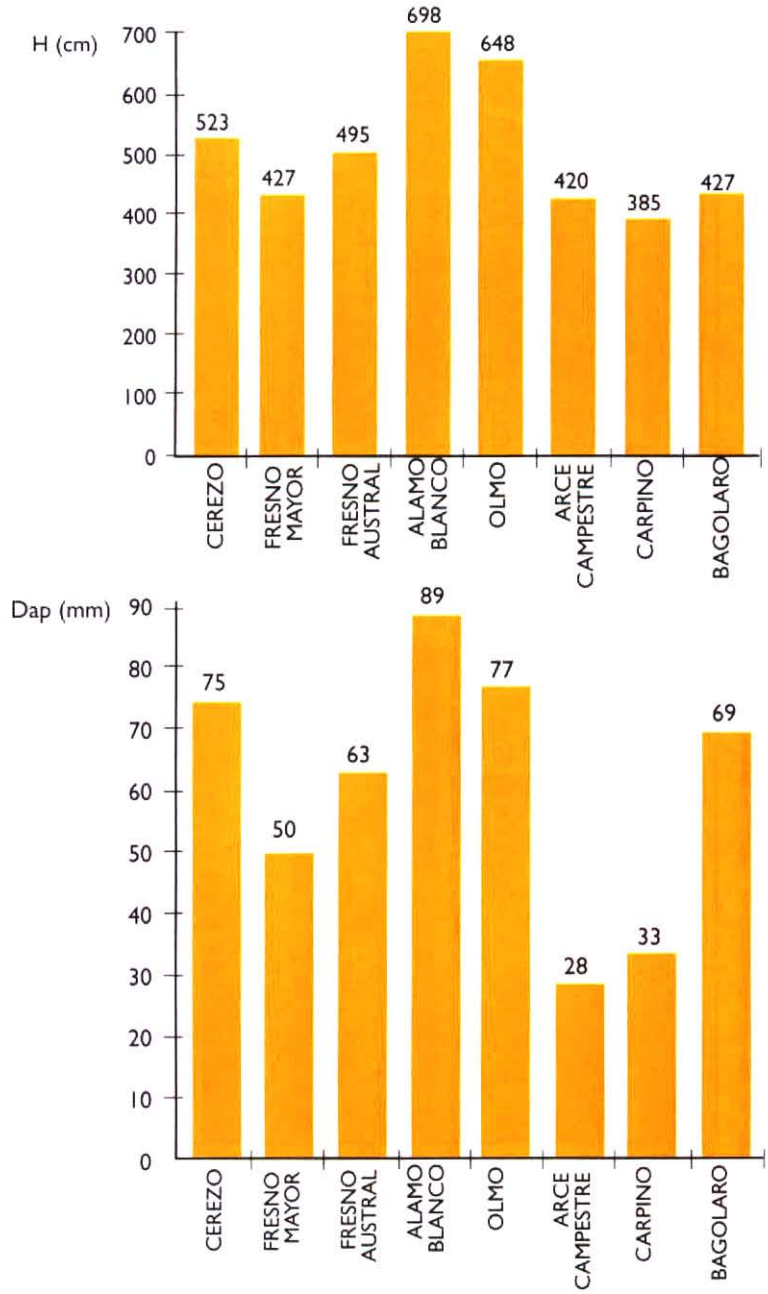



**Figura 3. Estado de plantación mixta en valle con fresno mayor y austral, cerezo, arce, arce de azúcar, álamo blanco, tilo, nogal y gelso a los 5 años (Crevalcore, Italia)**



INFOR

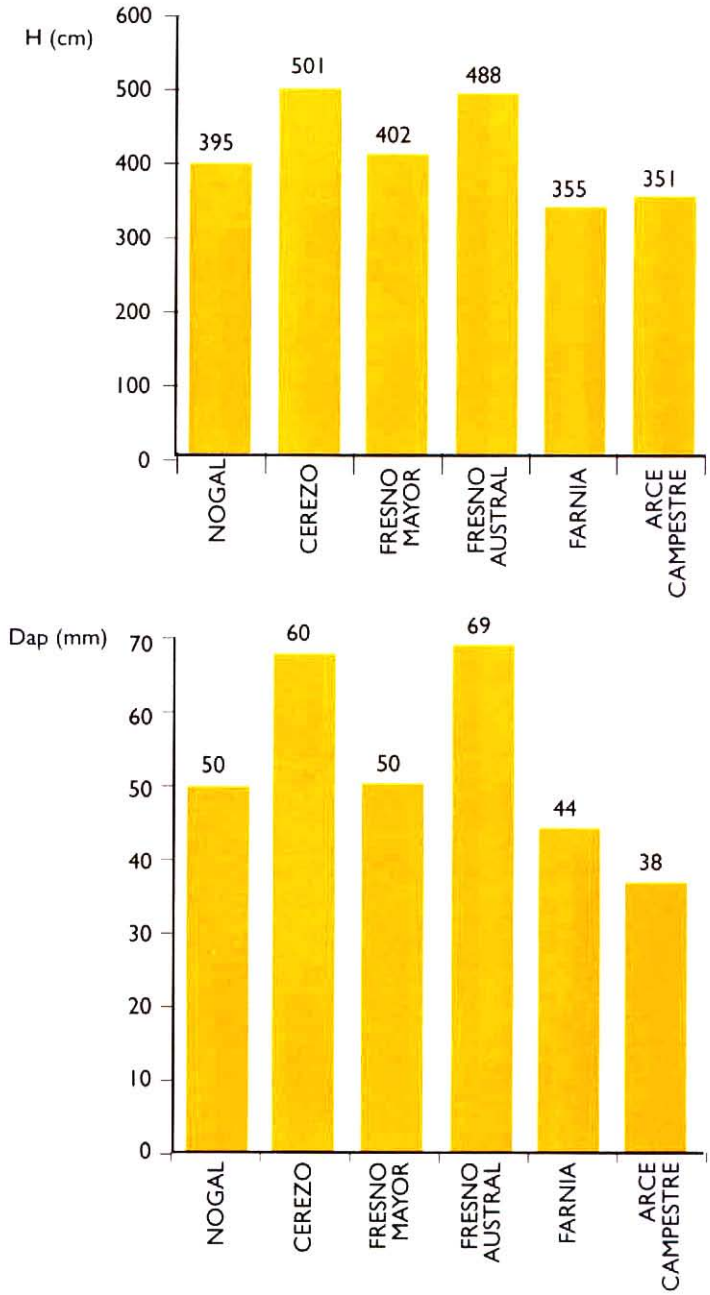



Fuente: CBRP (1995)

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



INFOR




Fuente: CBRP (1995)

**Figura 5. Estado de plantación mixta en valle con fresno mayor, fresno austral, cerezo, arce, farnia, gelso y nogal a los 3 años (Zola Predosa, Italia)**



INFOR

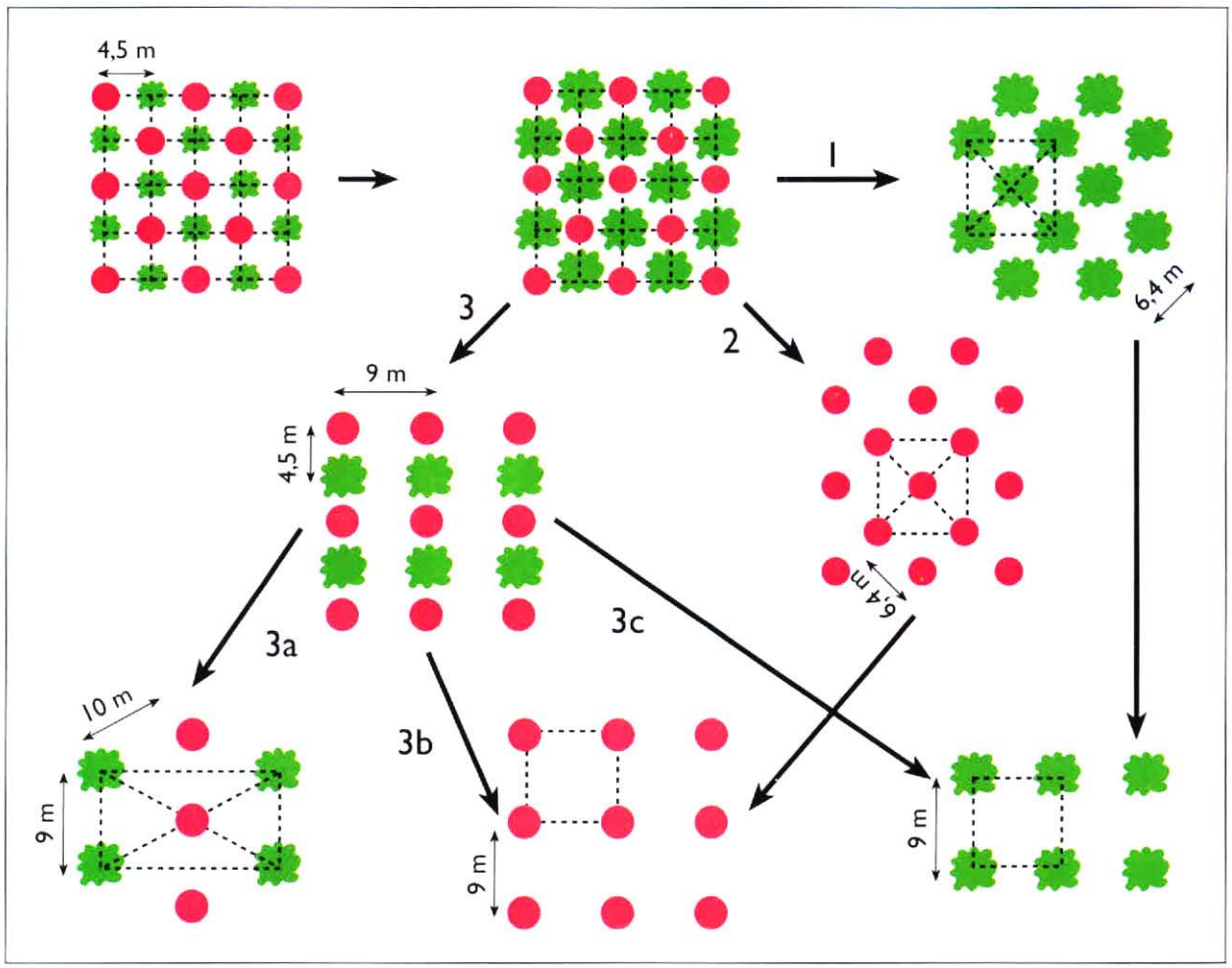



**Figura 6. Cuando las copas se tocan es necesario ralear. Se podrá elegir seguir sólo con nogal (eliminando el cerezo) (1), o sólo con cerezo (eliminando el nogal) (2), o continuar con ambas (3)**

Fuente: Frattegiani y Mori (1996)



INFOR