



Figura N° 79. Anillo cicatricial y herida de poda sana

Falcioni y Buresti (1997) realizaron una prueba comparando tres intensidades de poda ($1/3$, $1/2$ y $2/3$ de la altura total) y dos periodos (invierno y otoño); los resultados mostraron que no existe diferencia de crecimiento entre plantas podadas a $1/3$ y a la $1/2$ de la altura total. Las plantas podadas más intensamente ($2/3$) presentaron incrementos diamétricos inferiores a las otras intensidades. Los resultados confirman la conveniencia de ejecutar las podas durante el invierno (Figura N° 80 y N° 81).



Figura N° 80. Poda invernal realizada en Castaño de 5 años, Renaico



Figura N° 81. Castaño de 7 años de edad con poda de levante

La Figura N° 80, muestra un Castaño de 5 años de edad con podas sucesivas, obteniéndose como resultado un árbol con ápice definido y varias ramas delgadas que aseguran una buena masa foliar.

- Actividades a efectuar en primavera

Los desyemes, que corresponden a la eliminación manual temprana de los brotes que salen en las heridas de poda (Figura N° 82), deben aplicarse en primavera y verano (Loewe, 2002). En la zona centro-sur de Chile el desyeme asociado a la poda invernal debe realizarse al menos 2 veces en la temporada de crecimiento, ya que el vigor vegetativo que se verifica en Chile con Castaño es elevado.



Figura N° 82. Brote epicórmico en herida de poda

- Actividades a efectuar en verano

Adicionalmente a lo anterior, se ha detectado la necesidad y conveniencia de efectuar podas en verano en Castaño, ya que ésta, unida a la poda progresiva invernal, resulta eficaz para favorecer la conformación de fustes de calidad (Figura N° 83).



Figura N° 83. Poda estival realizada en Castaño de 6 años, en este caso consiste en despuntar ramas que compiten con el ápice principal. Renaico.

Se ha observado que el anillar las ramas vigorosas y gruesas detiene su crecimiento en diámetro, a la vez que permite continuar la actividad fotosintética hasta su extracción total en el invierno siguiente. El anillamiento de las ramas debe considerar una franja de corteza de varios centímetros de ancho, y se realiza cuando el árbol tiene muy pocas ramas y gruesas, y que por lo tanto no pueden ser extraídas a la vez.

Otra actividad a realizar en verano es el despunte de los brotes muy vigorosos y verticales (chupones), de modo de no comprometer el equilibrio y balance del individuo. No obstante lo anterior, esta operación constituye un estímulo importante para la aparición de nuevos brotes vigorosos a partir del mismo punto, por lo que si se hace hay que cortar la rama justo bajo una yema orientada hacia el suelo, para reducir su vigor.

No debe aplicarse ningún tipo de productos químicos en las heridas de poda, pues éstos originan otros tipos de problemas al árbol, y por lo tanto afectan la calidad de la madera (Shigo, 1997).

Podas de levante

Posteriormente a la poda de formación, deben efectuarse podas de levante, que consisten en la eliminación en altura progresiva de todas las ramas presentes en fuste, cuando éste presenta un diámetro de 8-10 cm, para obtener un cilindro central nudoso de 10-12 cm, y a partir de ese momento producir madera sin nudos. La Figura N° 84 muestra la aplicación de poda de levante en una plantación de 6 años de edad.



Figura N° 84. Secuencia de poda de levante en plantación de 6 años

Poda de salvataje

En Chile se han aplicado con éxito podas de salvataje o recuperación de árboles con severos problemas de forma empleando la plegadura de ramas gruesas cuando no es posible extraerlas todas en un momento determinado debido a que el árbol tiene muy pocas ramas. Con esta técnica se evita que las ramas sigan engrosando pero se cuenta con una superficie foliar para fotosíntesis que asegura un buen crecimiento anual. En el invierno siguiente estas ramas deben extraerse. Otra técnica consiste en el anillamiento de la rama que se desea debilitar (Figura N° 85)



Figura N° 85. Anillamiento de rama

Otra opción probada es recepar, que consiste en cortar en invierno los individuos en la base cuando no hay posibilidad de recuperar su forma. En poco tiempo aparecen rebrotes, y a los 2-3 meses se selecciona el más vigoroso; en dos años se pueden tener individuos de 1,5 - 4,0 m, vigorosos, de buena forma y con aptitudes madereras. Para que esta técnica tenga éxito se debe realizar en plantas vigorosas y bien establecidas (Figura N° 86).



Figura N° 86. Rebrote de 7 meses de desarrollo como respuesta a poda de salvataje

9.2.3 Empleo y mantención de herramientas de corte

Las herramientas que se usan en la poda deben ser de buena calidad; la baja calidad de herramientas baratas a menudo produce cortes que pueden dañar los tejidos, teniéndose una falsa economía. Los resultados finales compensan la inversión en equipos de calidad (Elliot, 1993).

Al podar se recomienda emplear herramientas de cortes bien afiladas, limpias, desinfectadas y adecuadas al tipo de rama a eliminar (Figura N° 87).

Para hacer una poda correcta, limpie y afile sus herramientas al final de cada sesión de poda. Esto permitirá obtener cortes rectos y suaves y minimizar los daños a los tejidos y las decoloraciones de la madera.

Las herramientas deben desinfectarse regularmente con un germicida o desinfectante, entre los cuales se cuentan algunos productos caseros de uso común (cloro diluido al 50% o alcohol).

Es muy importante realizar un corte correcto, que será limpio y próximo al tronco, sin dejar muñones que posteriormente serían englobados y darían nudos muertos que depreciarían enormemente la madera. Pero se respetará el anillo cicatricial para no hacer una sección de corte excesivamente grande y facilitar la cicatrización (Álvarez *et al.*, 2000).

La mejor época suele ser justo antes del comienzo de la actividad vegetativa, a principios de primavera, ya que la cicatrización es más rápida (*Op. cit.*).



Figura N° 87. Herramientas de poda recomendadas para podar Castaño.

9.2.4 Experiencia de investigación en Chile

En el transcurso del proyecto “Hacia el Desarrollo del Castaño Forestal en Chile” se realizaron experiencias de poda de formación en rodales de Castaño

de distintas edades, los resultados de esta aplicación y las características de los rodales intervenidos se presentan a continuación.

1. Predio Manzanares

Objetivo: evaluación del desarrollo de una plantación de Castaño de dos años de edad luego de efectuar una poda de formación. En julio de 2004 se realizó la poda de formación de los individuos, controlándose la sobrevivencia y las variables dasométricas de 3 parcelas de 35, 38 y 36 plantas, en los años 2004, 2005 y 2006. La caracterización del rodal se presenta en el Cuadro N° 52.

Cuadro N° 52. Caracterización ensayo de poda Manzanares

Ubicación	Características del clima	Características del suelo
Región del Bío Bío, Comuna Ninhue	T° media anual: 13,9°C. T° máx. media mes más cálido: 28,9°C. T° mín. media mes más frío: 5,4°C. Período libre de heladas: 276 días. Precipitación media anual: 765 mm. Período seco: 7 meses.	Suelo de roca metamórfica. Drenaje bueno, textura moderadamente pesada, reacción pH ácido, profundidad efectiva 80 cm.

A continuación en el Cuadro N° 53, se presentan los porcentajes de sobrevivencia y los promedios en DAC y altura para las tres fechas de medición. En cuanto a la sobrevivencia se puede ver que se generó una disminución de ésta en el transcurso del tiempo. Sin embargo, los árboles restantes podados presentan un buen desarrollo en cuanto a su forma y vigor, lo que es corroborado por las mediciones realizadas, que indican que el crecimiento de los árboles ha ido aumentando significativamente.

Cuadro N° 53. Evaluación post poda correspondiente al año 2004, 2005 y 2006 (medias)

	Individuos vivos	Sobrevivencia (%)	DAC (mm)	Atura (cm)
Año 2004. Ejecución poda	89	81,7	20,86	83,49
Año 2005 . 1ª evaluación	74	68,1	33,79	107,98
Año 2006. 2ª evaluación	67	66,3	49,12	172,48

En el Gráfico N° 17 se presentan los valores promedios de DAC y la altura durante los años evaluados. Así, después de realizada la poda se observa un incremento en el desarrollo del DAC de 12,9 mm y en altura de 24,5 cm. Al segundo año después de realizada la intervención (año 2006) se generó un incremento aún más importante de 15,3 mm para DAC y 64,5 cm para la altura, lo que permite concluir que la respuesta de los árboles a tales manejos se ve cuantificada después del segundo año de intervención favoreciendo principalmente al desarrollo en la altura.

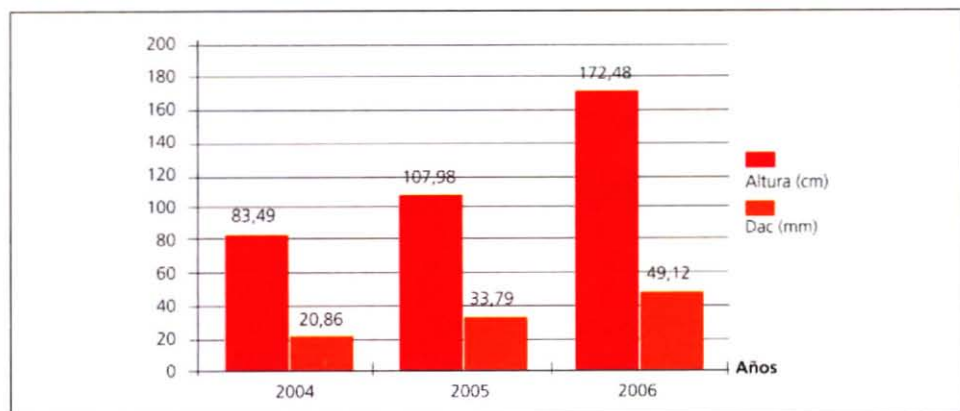


Gráfico N° 17. Evolución del DAC y altura promedio post poda en Manzanares

2. Predio Holanda

Objetivo: evaluación de la respuesta a la intervención de poda de formación en términos de sobrevivencia, crecimiento y desarrollo de una plantación de Castaño de 6 años de edad. La poda se llevó cabo el año 2004, en esa ocasión se definió el ápice, se cortaron los rebrotes de cuello (chupones) y se eliminaron las ramas de edad superior a 3 años y coronas (exceso de ramas en un verticilo). Se realizaron 2 mediciones los años 2004 y 2006 en 55 plantas (n), no se produjo mortalidad. En el Cuadro N° 54 se visualiza la caracterización del rodal.

Cuadro N° 54. Caracterización ensayo de poda Holanda

Ubicación	Características del clima	Características del suelo
Región de los Lagos, Comuna Osorno. Latitud: 40° 37' 34,52" S. Longitud: 73° 6' 11,19" O. Altitud: 68 m.s.n.m.	T° media anual: 11,4°C. T° máx. media mes más cálido: 23,8°C. T° mín. media mes más frío: 3,2°C. Período libre de heladas: 2 meses. Precipitación media anual: 1.383 mm. Período seco: 1 mes.	Serie Osorno. Suelo trumao, drenaje bueno, textura moderadamente pesada, reacción pH ácido, profundidad efectiva 60 cm.

En el Gráfico N° 18 se muestra la evolución que han tenido las plantas en las dos mediciones, indica que se obtuvo un incremento medio en DAP de 3,12 cm y en altura de 1,92 m.

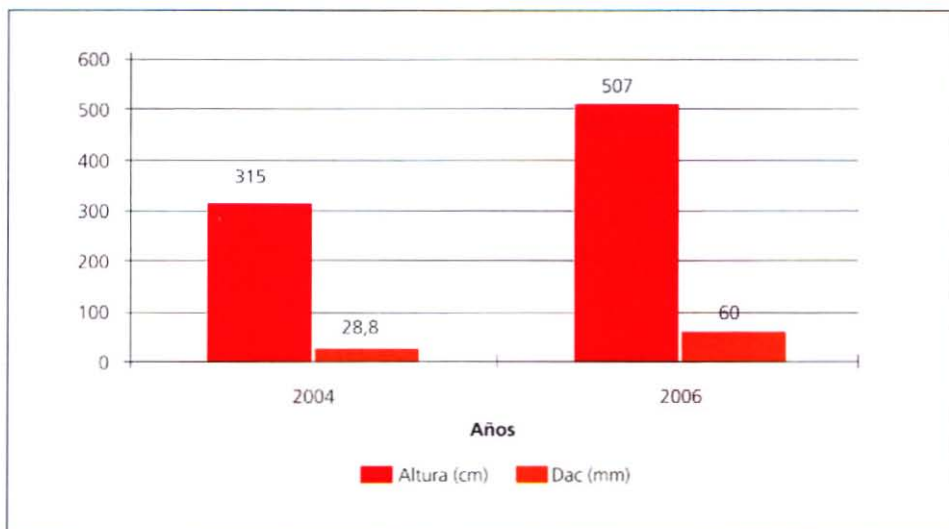


Gráfico N° 18. Evaluación del DAP y altura promedio post poda correspondiente al año 2004 y 2006 (medias)

Para entender la distribución del conjunto de las plantas evaluadas, en el Gráfico N° 19 se muestran los histogramas de frecuencias de la variable DAP de las dos mediciones realizadas. Así, se puede ver que en el año 2004 el 50% de las plantas presentaban 2,7 cm de DAP aproximadamente y que en el año 2006 la mayor cantidad de las plantas presentaban DAP entre 3,9 y 7,5 cm.

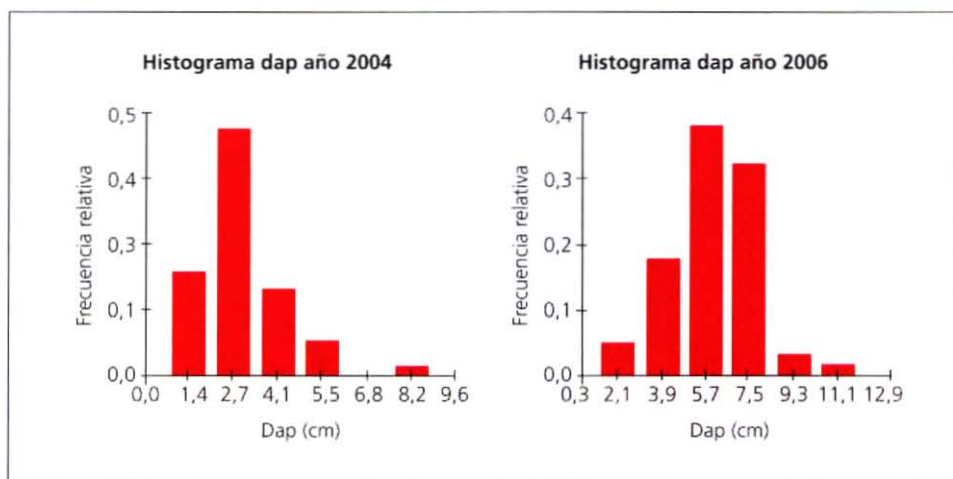


Gráfico N° 19. Distribución del DAP, años 2004 y 2006

Con respecto a la altura en Gráfico N° 20 se presentan los histogramas de frecuencias correspondientes a las dos mediciones. Así, se muestra que las plantas evaluadas en el año 2004 se concentran mayoritariamente entre 1,8 y 3,9 metros de altura. En el año 2006 la distribución del conjunto de datos evaluados cambia, acercándose a una distribución normal en que cerca del 50% de las plantas presentaron una altura de 5 metros.

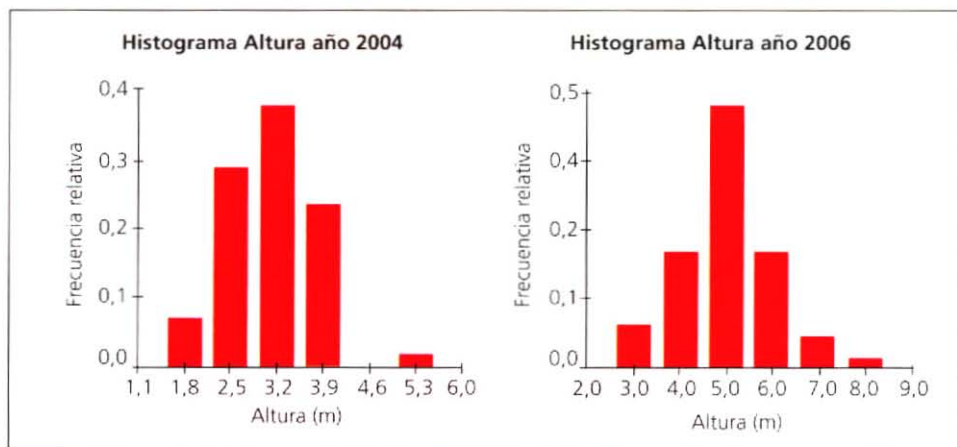


Gráfico N° 20. Distribución de la altura, años 2004 y 2006

En la foto siguiente se muestra el resultado de la aplicación de la poda a esta plantación (Figura N° 88).



Figura N° 88. Vistas de la plantación del predio Holanda, una vez podada

9.3 Raleando

9.3.1 Qué se busca con el raleo

Los raleos son cortas intermedias de árboles que no interesa mantener hasta la corta final (Álvarez *et al.*, 2000). Pueden ser de desecho como lo son en los estados iniciales o comerciales.

Estas cortas liberan el espacio que los árboles necesitan a medida que se desarrollan en altura; el objetivo es lograr buenos crecimientos al concentrar en los mejores árboles la producción de madera, y fustes de calidad, en un tiempo razonablemente corto.

Quiróz y Steembuck (2001) mencionan los siguientes objetivos del raleo:

- Acelerar y dirigir el incremento hacia los individuos de superior calidad o árboles futuros.
- Aprovechar productos antes de la rotación final.
- Mantener la salud y estabilidad del rodal.
- Elevar la calidad del rodal.
- Aumentar la estabilidad del árbol (mejorar la relación altura/diámetro).

La oportunidad de aplicación del raleo está condicionada por la edad de rotación y por el crecimiento de los árboles (*Op. cit.*).

9.3.2 Tipos de raleo

Los raleos se clasifican principalmente en cuatro tipos en función del desarrollo relativo de las copas: raleo por lo bajo, por lo alto y de selección) y el espaciamiento, raleo mecánico (Quiróz y Steembuck, 2001).

Estos tipos también pueden subdividirse según el grado de intervención, que está determinado por la intensidad de extracción del área basal (volumen) o el número de árboles (Samex, 1974, cit. por Quiróz y Steembuck, 2001):

- Raleo suave: cosecha de hasta un 10%
- Raleo moderado: cosecha de hasta un 20 ó 30%
- Raleo fuerte : cosecha de hasta un 40 ó 50%

Raleo por lo bajo

En este tipo se extraen los individuos inferiores, intermedios y a veces codominantes. Su base teórica se fundamenta en que las clases inferiores de copas consumen importantes cantidades de agua y nutrientes del suelo, de modo que son dañinas

para el crecimiento de las clases superiores. Este tipo de raleo se justifica en plantaciones puras de especies intolerantes como Castaño, especialmente en sitios de regular calidad, para favorecer la producción de gran cantidad de madera de menor calidad.

En este tipo de raleo se continua con el proceso natural del rodal, o sea no interviene el silvicultor, y no se reduce la competencia de los mejores árboles; sin embargo, es sencilla su aplicación.

Raleo por lo alto

Este raleo consiste en extraer los individuos de las clases dominantes y codominantes, que son los que compiten en mayor medida por luz y espacio. Favorece el desarrollo de los mejores árboles dominantes y codominantes de la plantación y al existir una mayor entrada de luz se fomenta el crecimiento de los individuos intermedios e inferiores, que con su sombra protegen y estimulan la poda natural de los árboles favorecidos con el raleo.

Raleo de selección

Se cosechan los árboles dominantes con el fin de estimular el crecimiento de los individuos de las clases codominantes e intermedias. En este tipo de raleo permanecen los árboles que usualmente son removidos en los raleos por lo alto o por lo bajo. Su aplicación se limita a situaciones especiales como por ejemplo producción de árboles de tamaño medio para pulpa, postes y rodrigones (Quiróz y Steembuck, 2001).

Raleo esquemático o mecánico

Este raleo se efectúa en base a un espaciamiento determinado o regla fijada previamente, como por hileras. En el primer caso se escoge la distancia a que se desea que queden los árboles después del raleo y se cortan los individuos restantes. Este tipo es típico en rodales altamente densos. Cuando se aplica un raleo por hileras, se cortan hileras completas de árboles en forma alternada o árboles en forma alternada. Esto se realiza en plantaciones uniformes, densas, no raleadas previamente, con el objeto de facilitar el acceso al rodal y facilitar el posterior raleo, generalmente por lo alto (*Op. cit.*).

La ventaja de esta intervención radica en la facilidad de aplicación y menor costo, y la desventaja es que no considera el desarrollo natural del rodal, es decir no selecciona los mejores individuos.

Otro tipo de raleo, muy utilizado para la producción de madera de alto valor, es el raleo de árbol futuros, este consiste en la liberación de competencia para los individuos de mejor desarrollo, es decir aquellos que presentan las mejores

características de forma, altura, diámetro y rectitud. La Figura N° 89, muestra esquemáticamente la aplicación de raleo en base a árbol futuro y sus resultados.

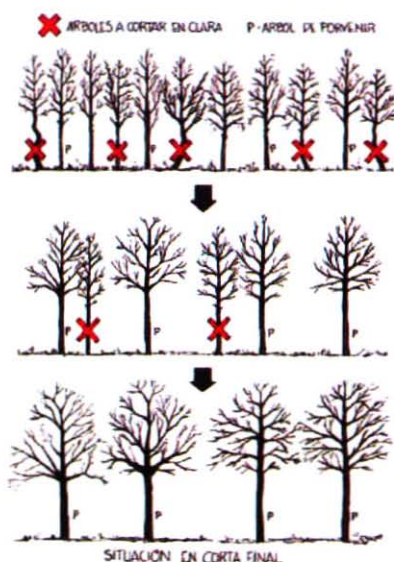


Figura N° 89. Esquema de aplicación de raleo de árbol futuro

Fuente: Álvarez et al., 2000.

Los raleos se deben realizar en función del objetivo de producción; si la plantación tiene como objetivo la producción de postes y polines, se recomendará la opción de un raleo sistemático; en cambio si el objetivo es producción de madera de calidad, se debe realizar un raleo considerando árboles futuro, de modo de lograr al final de la rotación fustes rectos y libres de ramas.

9.3.3 Cuando aplicar raleo

De acuerdo a (Álvarez et al., 2000), el primer raleo se aplicará eliminando los árboles torcidos, deformes, dañados y los árboles lobo, es decir, los árboles que dominan pero que no son aceptables como árboles futuro. La selección de éstos debe realizarse cuando sea inequívoca y cuando se tenga cierta certeza de que los elegidos como futuro seguirán manteniendo su vigor y calidad de forma.

La realización de este primer raleo es solamente planteable en masas susceptibles de ser mejoradas con el mismo, pudiéndose establecer un límite superior de edad para los raleos de 15 años para el monte bajo y 20 para monte alto.

Los raleos siguientes se harán a favor de los árboles futuro, que se deben designar previamente (raleos de selección positiva), y se eliminarán los árboles que más compiten con los que se han designado como árboles de futuro. El número de árboles futuro a elegir para el objetivo de producción de madera de calidad variará

entre 150 y 350 árboles por hectárea, realizándose esta selección a los 18-20 años de edad de la plantación (*Op. cit.*)

Respecto de la oportunidad y frecuencia del raleo, en el punto 9.4 de este capítulo se presentan las propuestas de esquemas de manejo.

9.3.4 Técnica de raleo

La marcación del raleo debe ser realizada de tal forma que se deje al menos un metro de espacio alrededor de las copas de los árboles futuro (*Álvarez et al.*, 2000).

La marcación del raleo requiere de pintura, machete y/o rozón para eliminar vegetación que impide la realización de esta actividad, huincha de distancia, brújula, GPS, ropa y zapatos de seguridad y plano del rodal.

Para efectuar el raleo se utiliza comúnmente una motosierra, la que requiere para su utilización combustible, aceite para la cadena, aceite para el motor (mezcla) y cadenas de motosierra de repuesto. También puede ser necesario el empleo de machete y/o rozón, y se debe considerar la utilización de zapatos y ropa de seguridad. Para el madereo posterior al volteo se requiere de una yunta de bueyes, huincha para marcar trozas y regla para cubicarlas.

La ejecución del raleo se inicia, considerando que ya se cuenta con la caracterización completa del rodal en cuestión. Con los datos se determina a que distancia o densidad se espera dejar los árboles futuros (selectos), y de acuerdo a esta distancia se procede a marcar los individuos que califiquen las condiciones de calidad (Figura N° 90), es decir sanidad y forma, marcando estos árboles con pintura de un color determinado, en el DAP y en la base, lo mas abajo posible (control de volteo), una vez elegido, se procede a aligerar su copa en a lo menos 2 de sus cuadrantes, dejando así posibilidad de desarrollo futuro de su copa.



Figura N° 90. Selección de árboles según criterio de árbol futuro

En la mayoría de las marcaciones de raleo, hay un grupo de árboles, que no obstante liberando los futuros, no producen ninguna competencia (árboles acompañantes), estos tienen la función de completar una densidad uniforme y servir de reemplazo en caso que algún árbol selecto tenga algún daño.

Se debe considerar que el corte debe ser lo más limpio posible, al igual que la poda. Por este motivo la cadena de la motosierra debe estar en buen estado y el operador debe estar entrenado.

En caso de cortar individuos afectados por hongos u otro agente de daño, se debe limpiar la cadena de la motosierra con alcohol (Álvarez *et al.*, 2000).

9.3.5 Experiencias de investigación en Chile

En el marco del Proyecto "Hacia el desarrollo del Castaño Forestal en Chile", con el fin de evaluar la respuesta al raleo en plantaciones de Castaño de diferentes rangos de edad, se intervinieron cuatro rodales de la Región de Los Lagos, en noviembre de 2003.

El criterio que se consideró para realizar el raleo fue el de árbol futuro, es decir la liberación de competencia para los mejores individuos, definiéndolos como los que presentaban las mejores características de diámetro, altura, forma y rectitud. Además, se tomó en cuenta no extraer un número mayor al 40 % de los individuos, es decir aplicar un raleo suave y no extraer un área basal superior al 35 %. En consecuencia, al ralear se dejó una densidad aproximada de 700-800 árboles/ha, pensando en un segundo raleo. Para evaluar la respuesta del raleo, posterior a esta actividad, se midieron los DAP de todos los árboles que se dejaron dentro de cada una de los sectores raleados y todos los árboles marcados dentro del sector testigo, en tres fechas; a los 9 meses de haber efectuado el raleo (2004), a los 22 meses (2005) y a los 30 meses (2006).

En el Cuadro N° 55 a continuación se aprecian las características generales de los ensayos.

Cuadro N° 55. Caracterización de ensayos de raleo

Ensayos	Características plantación	Ubicación	Características del clima	Características del suelo
Pumillahue	Edad aproximada: 18 años Densidad inicial : 1.280 arb/ha raleado: 32% (n° árboles)	Comuna: Valdivia Latitud: 39° 39' 10,52" sur; Longitud: 72° 46' 30" oeste; Altitud: 155 m.s.n.m.	T° media anual: 12,5°C; T° máxima media mes más cálido (enero): 27,1°C; T° mínima media mes más frío (junio): 3,3°C. Período libre de heladas: 3 meses. Precipitación media anual de 2.139 mm, sin estación seca, con dos meses febrero y marzo, no húmedos ¹³ .	Suelo Trumao, buen drenaje, textura media - moderadamente pesada. Ligeramente ácido. Profundidad efectiva: 86 cm. Material parental: cenizas volcánicas modernas sobre complejo metamórfico ¹⁴ .
Pillo Pillo	Edad aproximada: 21 años Densidad inicial : 1.300 arb/ha raleado: 36% (n° árboles)	Comuna: Valdivia Latitud: 39° 52' 27,41" sur; Longitud 73° 06' 59,48" oeste; Altitud: 44 m.s.n.m.		Suelo de roca metamórfica, drenaje bueno, textura moderadamente pesada, reacción (pH) ácido. Profundidad efectiva 80 cm ² .
Las Minas 1 y 2	Las Minas 1: Edad aproximada: 22 años Densidad inicial : 900 arb/ha raleado: 30% (n° árboles) Las Minas 2: Edad aproximada: 18 años Densidad inicial : 1940 arb/ha raleado: 25% (n° árboles)	Comuna: Corral Latitud 39° 55' 16,89" sur; Longitud 73° 13' 54,9" oeste Altitud: 50 m.s.n.m.	T° media anual: 10,49°C; T° máx. media mes más cálido (enero): 19,4°C; T° mín. media mes más frío (agosto): 3,2°C. 500 días-grado anuales y 6.274 horas de frío. Período libre de heladas: 5 meses. Pp. media anual 1.942 mm, sin estación seca.	

Respecto de los resultados obtenidos, en el Gráfico N° 21 se muestran los diámetros a la altura del pecho promedios para el sector testigo y el sector raleado en cada uno de los rodales evaluados. En las tres mediciones realizadas, en todos los casos se presenta un mayor crecimiento en DAP en el sector raleado respecto del testigo. Los incrementos aún no son muy altos en Pumillahue y Pillo Pillo respecto de lo que se esperaría (al menos 1 cm/año en sectores raleados), sin embargo la respuesta del raleo es paulatina, por lo que aún es apresurado esperar dicho valor. En Las Minas 1 se destaca el último incremento significativamente mayor que en los años anteriores evaluados, lo que indica que la respuesta al raleo es significativa sólo después de 3 o más años de efectuado.

13. Novoa *et al.*, 198914. Ministerio de Agricultura *et al.*, 1968; Tosso, 1985; IREN, 1979; Roberts y Díaz, 1959-60; Whright, 1959-60; Díaz *et al.*, 1958.

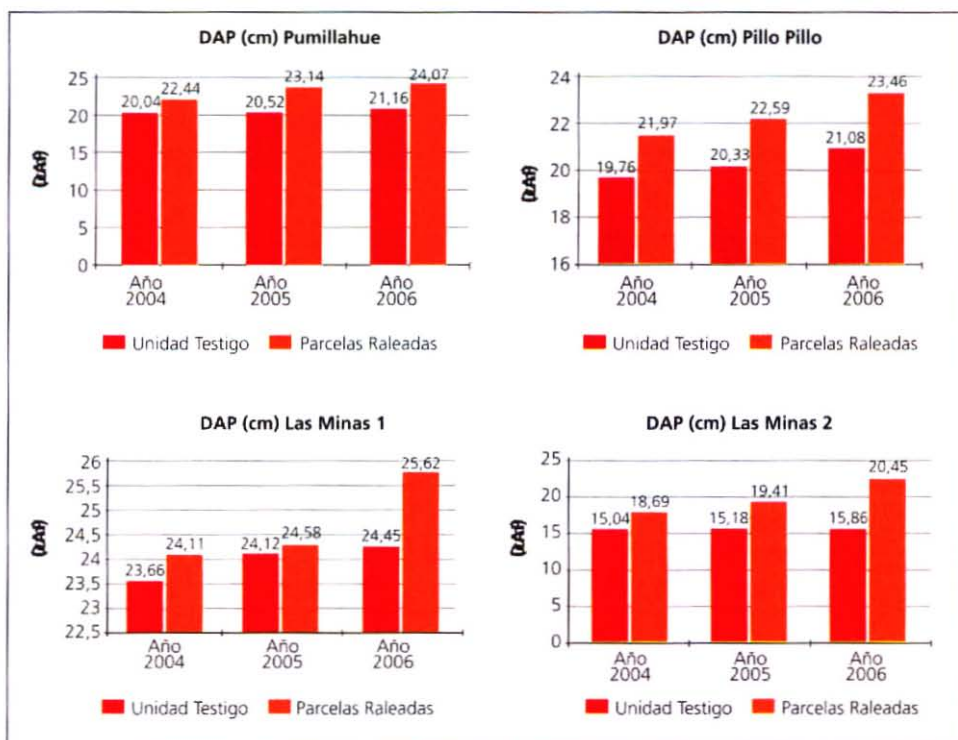


Gráfico N° 21. Evolución del DAP medio en los rodales evaluados

En el Cuadro N° 56 se muestran los valores e incrementos en diámetro cuadrático medio y en área basal promedio, cuyos valores son para todos los sectores raleados mayores que los testigos; destaca Las Minas 1, donde al año 2006 se observó el mayor incremento anual, de más de 1 cm para el DCM y 0,004 cm² para el área basal por individuo.

Cuadro N° 56. Valores e incrementos para las variables diámetro cuadrático medio y área basal en los rodales intervenidos

	Pumillahue		Pillo Pillo		Las Minas 1		Las Minas 2	
	DCM (cm)	Área Basal (cm ²)	DCM (cm)	Área Basal (cm ²)	DCM (cm)	Área Basal (cm ²)	DCM (cm)	Área Basal (cm ²)
Parcelas Raleadas								
Medición 2004	22,96	0,04	22,48	0,04	24,71	0,05	19,18	0,03
Medición 2005	23,68	0,04	23,13	0,04	25,26	0,05	19,97	0,03
Medición 2006	24,66	0,06	24,05	0,05	26,33	0,05	21,07	0,03
Incremento 2004-2005	0,72	0,002	0,65	0,002	0,548	0,002	0,79	0,002

Continuación Cuadro N° 56

	Pumillahue		Pillo Pillo		Las Minas 1		Las Minas 2	
Parcelas Raleadas	DCM (cm)	Área Basal (cm ²)	DCM (cm)	Área Basal (cm ²)	DCM (cm)	Área Basal (cm ²)	DCM (cm)	Área Basal (cm ²)
Incremento 2005-2006	0,99	0,004	0,92	0,003	1,065	0,004	1,10	0,004
Unidad Testigo								
Medición 2004	20,53	0,03	20,77	0,03	24,24	0,05	16,02	0,02
Medición 2005	21,069	0,03	21,35	0,04	24,73	0,05	16,25	0,02
Medición 2006	21,74	0,03	22,06	0,04	25,20	0,05	17,00	0,02
Incremento 2004-2005	0,53	0,002	0,58	0,002	0,49	0,002	0,23	0,0006
Incremento 2005-2006	0,67	0,002	0,71	0,002	0,47	0,002	0,75	0,002

En el Gráfico N° 22 se aprecian los incrementos para los parámetros en los rodales intervenidos. En Pillo Pillo se observa que aún la respuesta del raleo en comparación con el sector testigo no es tan evidente, sin embargo en el resto de los rodales evaluados ya se aprecia una respuesta a esta intervención.

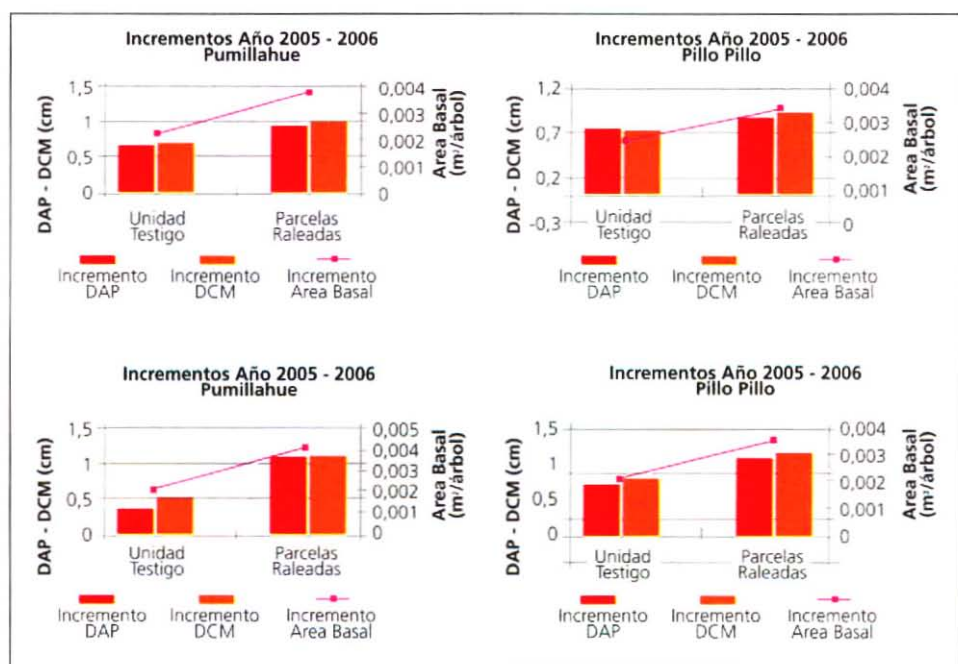


Gráfico N° 22. Incrementos en DAP promedio, DCM y área basal promedio en los rodales intervenidos

Según las mediciones realizadas se observa que la respuesta del raleo no se puede determinar en tres años, puesto que según las evaluaciones realizadas sólo en la última fecha de medición se presentaron incrementos significativos entre el sector testigo y los sectores raleados. En la medida de ser posible se debe continuar con estas evaluaciones para analizar en un período de tiempo mayor la respuesta a esta intervención. Además se considera necesario analizar el comportamiento de rodales de menor edad que los analizados a esta intervención.

9.4 Propuestas de Esquemas de Manejo para Producción de Madera

La adaptación y buen crecimiento de Castaño en Chile junto a su capacidad de rebrote y vigor, permiten la aplicación de distintos esquemas de manejo para la producción de madera, entre los principales se tienen; Manejo de Monte Bajo, donde los individuos son producto de la regeneración vegetativa de cepas existentes y Manejo de Monte Alto, donde los individuos que conforman la masa forestal o rodal son producto del establecimiento de plantas o de regeneración por semilla. Es posible también generar otras formas de manejo a partir de la combinación de ambos esquemas.

La integración de información técnica, ecológica y económica para la selección de las alternativas productivas, corresponde al manejo. Así los esquemas de manejo de una plantación, supone el análisis de las alternativas posibles en relación a las variables de decisión.

9.4.1 Manejo de Monte Bajo

El término “Monte Bajo” se aplica a los bosques que se han regenerado a partir de brotes de cepa o tocón y de raíz, dejados por la cosecha de un Monte Alto (Prado y Barros, 1989). El sistema de Monte Bajo o tallar está basado en la posibilidad que tienen preferentemente especies latifoliadas y algunas coníferas de regenerarse vegetativamente a partir de retoños provenientes de cepa o raíz. Aunque la mayoría de las latifoliadas puede retoñar, sólo unas pocas presentan la capacidad de hacerlo en forma repetida durante varias rotaciones (Vita, 1996). Castaño en este sentido es una especie destacable por su vigor y capacidad de respuestas reiteradas a este tipo de intervenciones.

El sistema de manejo de Monte Bajo es de aplicación más simple que el manejo de Monte Alto y generalmente la reproducción es más segura y barata debido a que evita la inversión en adquisición de plantas y establecimiento de la plantación. En las formaciones manejadas como Monte Bajo los crecimientos en los estados iniciales son en general más rápidos, debido a que la cepa posee un sistema radicular ya asentado, completo y con reservas de nutrientes que son utilizados para su desarrollo, los fustes se desarrollan más rectos que el de los individuos generados a partir de semillas y en general se puede tener un aprovechamiento de productos en forma temprana.

La aplicabilidad continua de este tipo de manejo y la mantención de sus ventajas en el tiempo, depende de que las cepas se mantengan sanas y vigorosas, para lo cual es imprescindible que la sección de corte en cada aprovechamiento o cosecha, sea lo más limpia posible y en forma convexa de manera de evitar acumulaciones de agua y posibles pudriciones de la cepa.

La transformación de una plantación a una estructura de Monte Bajo, supone el cambio del sistema de regeneración de semilla a una regeneración vegetativa. Corresponde a la aplicación de intervenciones silviculturales que regulan la retoñación y su desarrollo, la respuesta de retoñación tiene relación con la edad de la plantación, las características ambientales del sitio y la época de aplicación entre otros, pero principalmente con el objetivo de la plantación, ya sea de conservación o de producción. Si la plantación tiene un objetivo productivo, la definición de las variables estará en función del producto que se espera obtener, donde por ejemplo el ciclo de corta será más corto o más largo si se desea obtener postes o madera aserrada.

Antecedentes de Monte Bajo en Castaño

El esquema productivo de Monte Bajo corresponde a un sistema silvicultural que define una estructura de Monte Bajo, la que supone la regeneración de la masa forestal a través de rebrotación o retoñación de los primeros individuos de un bosque plantado o los componentes de un bosque natural reproducidos por semillas.

El aprovechamiento del Monte Bajo parte del hecho de que el Castaño tiene una gran capacidad para producir numerosos brotes vigorosos, incluso a partir de cepas muy viejas (Álvarez *et al.*, 2000). Este fácil rebrote es causa de que en Europa predominen los Montes Bajos entre las masas boscosas (Ruiz de la Torre, 2001).

El manejo del Castaño bajo esquema de Monte Bajo se desarrolló de forma significativa en varias regiones de España. El recepe de los pies de Castaño para la formación de este tipo de monte tradicionalmente se realizaba en pies jóvenes, mientras que en la actualidad, con el abandono de gran cantidad de sotos¹⁵ y, por tanto, con la necesidad de cambio del método de beneficio (Monte Alto a Monte Bajo) que afecta a amplias zonas nacionales, dicho recepe se realiza en pies adultos (Berrocal *et al.*, 1998).

En Asturias, Cataluña y Extremadura, el manejo de cepas comenzó alrededor del siglo XIX. En Cataluña, el motivo principal fue la fabricación de duelas¹⁶, en Asturias el interés se centraba en la cestería y en Extremadura pareció deberse al consumo por la industria de taninos (Álvarez *et al.*, 2000). En Cáceres importantes superficies de sotos, con problemas de debilitamiento y sanitarios fueron

15. Formaciones generadas a partir del manejo de huertos frutales de larga data.

16. Tipo de tablilla de madera maciza para pisos.

transformados a Monte Bajo. Esta transformación ha permitido la aparición de grandes talleres con fustes rectos y elevados, con turnos de aprovechamiento de 25 a 60 años con madera de buena calidad (Berrocal *et al.*, 1998).

La rotación de Monte Bajo varía dependiendo de la finalidad del aprovechamiento, es decir de los productos que se desea obtener, los que pueden ir desde leña, varas, tutores, postes, hasta madera aserrada. La rotación normal de Monte Bajo para Castaño en Gerona (España) es de entre 15 y 22 años y en Asturias (España) en cambio es de entre 18 y 22 años para la obtención de duelas y parquetes. Ciclos o turnos de 8 años se utilizan para cestería, turnos mayores de 25 años se destinan a la industria del mueble. También se usan turnos mayores de entre 60 a 80 años. Sin embargo se ha comprobado que turnos cortos favorecen el buen estado sanitario del bosque, ya que limita la propagación de hongos o sus vectores, en turnos mayores se pueden generar problemas de pudrición y ahuecamiento.

En Inglaterra se usan turnos de 12 años para la obtención de postes (Edlin, 1985). Grandes superficies son manejadas como Monte Bajo, especialmente en Kent y Sussex, donde quedan los últimos bosques importantes de la especie. Utilizan rotaciones de entre 12 a 16 años, periodo corto en relación a la edad de máximo incremento medio anual, pero provee de postes y polines para cercado. Rotaciones de 25 a 30 años se utilizan para la obtención de pulpa (Savill, 1991).

En situaciones de buena fertilidad de suelo la vitalidad de Castaño es inagotable de forma que aunque las cepas de Castaño con la edad se llegan a ahuecar debido a pudriciones internas, la base de los renuevos forma una corona alrededor de la cepa lo que permite seguir realizando el aprovechamiento inicial, retoñando con vigor sus bases seleccionadas (Berrocal *et al.*, 1998). En este sentido es posible prolongar el aprovechamiento de Castaño en forma ilimitada, según Macchioni y Pividori (1996) la capacidad de retoñación de Castaño se mantiene inalterable por periodos que pueden durar siglos.

En Chile, hasta la fecha, no hay registros de experiencias de manejar Castaño como Monte Bajo, con respecto a este tipo de manejo algunas especies del género *Eucalyptus* se han manejado con gran éxito.

De acuerdo a los rendimientos en España, Bourgeois (1992) citado por Vieitez (1996), menciona crecimientos al primer año de 1,8 m de largo. De estos brotes a los 18 - 20 años se obtienen producciones que llegan a los 18 m³/ha/año. Los franceses mencionan producciones de 16 a 18 m³/ha/año. En Italia la producción de Monte Bajo varía entre 8 a 14 m³/ha/año entre los 18 y 20 años, llegando a 14-20 m³/ha/año en los sitios óptimos a la misma edad (Bourgeois, 2004). Ortuño y Ceballos (1977) citado por Vieitez (1996), indican que el Castaño en Monte Bajo con una rotación de 20 años y con dos raleos intermedios, llega a producir un total de 10 a 12 m³ por hectárea año. El crecimiento depende principalmente de la edad, características genéticas y de la fertilidad del suelo.

Macchioni y Pividori (1996) recomiendan para la obtención de madera de calidad sin presencia de acebolladura, defecto muy común de Castaño en Italia, la aplicación de un sistema silvicultural que garantice un ritmo de crecimiento constante. En el primer año de crecimiento de la retoñación existe una fuerte competencia de los retoños alcanzando hasta 200 por cada cepa. A los 10 años, se recomienda disminuir a 1 o 10 vástagos. Para mantener el crecimiento constante, se sugiere reducir el número de vástagos en dos intervenciones o clareos (*Op. cit.*):

- 1º clareo: entre los 5 y 8 años de edad, disminuir los rebrotes a 2.000 a 3.000 retoños por hectárea.
- 2º clareo: a los 15 años de edad, disminuir a 1.000 a 1.500 retoños por hectárea.

El segundo clareo no es recomendable atrasarlo hasta los 16 ó 18 años, debido a que los individuos suelen emitir brotes epicórmicos como reacción a la presencia de luz, lo que trae como consecuencia una disminución en la calidad tecnológica de la madera (*Op. cit.*).

La rotación tradicional en Italia es de 10 a 12 años y 16 a 18 años, con lo cual se obtiene postes y polines. El problema de utilizar rotaciones mayores, es que aumenta el riesgo de la acebolladura, problema que no se ha detectado en nuestro país. Por tal motivo, si se quiere manejar el bosque para obtener diámetros mayores, la corta se debe realizar una vez que se ha obtenido un DAP entre los 20 y 25 cm., de esta forma la rotación no superaría los 25 a 30 años (*Op. cit.*).

Bourgeois *et al.* (2004), proponen distintos esquemas de manejo de Monte Bajo para Castaño en base al producto objetivo que se desea obtener, a continuación se muestran 2 esquemas, el primero para la obtención de madera de carpintería y postes y el segundo para trozas de alto valor:

1. Opción madera de carpintería y postes

Producto: trozas de 17 a 28 cm de diámetro (DAP) a los 30-35 años.

Esquema 1: sólo 1 raleo			
Altura (m)	Edad (años)	Nº rebrotes antes	Nº rebrotes después
10-12	10-14	5.000 a 9.000	1.500

Esquema 1: sólo 1 raleo				
Altura (m)	Edad (años)	Intervención	Nº rebrotes antes	Nº rebrotes después
7-9	8-10	Clareo	7.000 a 10.000	2.500 a 3.000
11-12	13-15	Raleo	2.500	1.500

2. Opción trozas aserrables

Producto: trozas de 38 a 40 cm de diámetro (DAP) en 40 a 50 años, en sitio de muy buena calidad

Esquema 1: sólo 1 raleo			Esquema 2: 1 clareo y 4 o 5 raleos		
Altura (m)	Edad (años)	Intervención	Altura	Edad	Intervención
10-13	10-15	Selección de 120 a 200 árb/ha de árboles futuros, Raleo* fuerte alrededor de los árboles seleccionados, poda de levante a 6 m.	10-12	10-13	Ídem esquema 1
14-17	15-20	Raleo y poda complementaria si es necesaria, sobre los árboles futuros.	13-15	13-16	2° raleo sobre los árboles futuros, poda complementaria eventual.
			15-17	18-21	3° raleo
			17-19	23-26	4° raleo (electivo)
			19-20	28-31	5° raleo
20 y +	40-50	Tala rasa	20 y +	40-50	tala rasa

Nota: * en este caso el raleo corresponde también a la selección de árboles semilleros, es decir los árboles futuros cumplen dicha función.

Aplicación del Monte Bajo

La silvicultura de Monte Bajo en Castaño consiste en definir un objetivo de producción y un esquema silvícola para lograrlo. Este esquema se compone de intervenciones tales como selección de rebrotes, clareo, poda y regeneración. El clareo, único o varios, es la intervención principal (Bourgeois *et al.*, 2004).

Para la transformación de una plantación a Monte Bajo es necesario tener en consideración ciertos aspectos que justifican este cambio, entre ellos los más importantes son:

- Sitio de la plantación favorable para Castaño: esto supone un buen desarrollo de la masa en altura, con un ritmo de crecimiento continuo y regular. En Chile un buen ritmo de crecimiento debiera ser de 1 m en altura y 1 cm en diámetro al año.
- Buenas condiciones fitosanitarias: nula o baja presencia de daños en los individuos. Buena respuesta a la cicatrización.

- Buena respuesta en calidad de los factores hereditarios: principalmente vigor y forma del fuste

La obtención de una estructura de Monte Bajo supone la aplicación de las siguientes intervenciones silviculturales:

a. Generación de rebrotes o retoños:

La regeneración vegetativa por brotes de tocones se produce en el árbol cortado, la inhibición hormonal de la brotación de la yema, desaparece cuando hay desordenes fisiológicos como la eliminación del fuste (Pacheco, 2001).

La generación de retoños puede obtenerse a través de dos vías:

Cosecha Final: es la forma más común, corresponde a la tala rasa al concluir un ciclo de producción o rotación.

Corta o poda de salvataje: corta a tala rasa de una plantación en cualquier momento de su rotación debido a problemas sanitarios o de mala forma de los individuos.

En ambos casos se genera la retoñación de las cepas, la que puede variar en número de retoños, generalmente en Castaño es abundante.

Cualquiera de estas dos intervenciones debe ser aplicada durante el periodo de receso vegetativo, ya que en ese momento las reservas de las plantas son mayores y se favorece el vigor del brote.

La altura de la cepa o tocón remanente debe ser entre 10 a 20 cm.

Para que las cepas se mantengan vigorosas y sanas durante mucho tiempo, la sección de corte debe ser de forma convexa para evitar acumulación de agua en el interior del tocón que pueda dar lugar a su pudrición y realizarse limpiamente, sin desprendimiento de corteza y lo más próxima posible a la base (por el cuello de la raíz) para minimizar el riesgo de que el brote se desgaje con el viento (Álvarez et al., 2000).

b. Selección de rebrotes

En general, el número inicial de rebrotes por cepa puede ser muy abundante, lo que implica una competencia excesiva que de no ser controlada afecta el crecimiento individual de cada rebrote y genera curvaturas en los fustes. Para evitar estos problemas es necesario hacer un clareo a nivel de cepas, este primer clareo generalmente es denominado "selección de rebrotes". Esta primera intervención, corresponde a una reducción fuerte, supone la selección de los rebrotes más promisorios de acuerdo al objetivo productivo, el número de rebrotes a dejar dependerá también del tamaño de la cepa y del producto que se desee obtener, el material eliminado en esta primera selección generalmente corresponde a desecho.

A la hora de seleccionar los rebrotes es importante dejar aquellos más vigorosos y eliminar los más débiles y que estén peor asentados en el tocón. Se recomienda dejar los brotes provenientes de yemas proventicias también conocidos como brotes epicórmicos, son aquellos que surgen del tocón en su parte superior, están conectados al xilema primario y se mueven hacia fuera en la medida que el árbol crece en diámetro cada año (Vita, 1996). En cambio las yemas adventicias en que se producen a partir de un tejido calloso como resultado de una herida o corta, se forman en el punto terminal de la huella radial, por lo que no tiene continuidad hacia la médula y por ende es más débil.

Si se opta por dejar varios rebrotes se deberán escoger los más alejados para disminuir la competencia. Se debe además considerar la dirección del viento de manera de escoger aquellos que se ubiquen a barlovento.

El corte de los rebrotes se deberá realizar con el máximo cuidado de no dañar a los rebrotes seleccionados, es por esto que no se recomienda la motosierra y el hacha. Las herramientas a utilizar deberán provocar un solo corte limpio que no desgarre la corteza y que sea adecuado al diámetro del rebrote.

En Castaño el crecimiento inicial de los brotes es mucho más intenso (hasta 2 m por año) que en el caso de las plantas utilizadas en plantaciones de Monte Alto debido a que el brote aprovecha el potente sistema radicular de la planta original. A partir del brote, la mortalidad natural entre los chirpiales (masa de rebrotes) es muy intensa debido a la competencia, reduciéndose enormemente el número de brotes durante los primeros 10 años (Álvarez *et al.*, 2000).

En la región de Piemonte, Italia, recomiendan aplicar esta intervención cuando los rebrotes tienen entre 6 a 9 m de altura, lo que ocurre a los 6 a 10 años de edad, dejando los mejores rebrotes por cepa. Los rebrotes cortados no son comercializables y los dejan en el lugar (Regione di Piemonte, 2000).

La época más adecuada para realizar la selección de retoños es en otoño, una vez caído gran parte del follaje y es posible ver claramente el vigor y la forma de cada retoño.

c. Clareo o Raleo de rebrotes

Corresponde a un raleo a nivel de cepa de los rebrotes posterior a la selección de rebrotes y antes de la cosecha final. Esta intervención está dirigida a favorecer el desarrollo en diámetro de los mejores brotes. Se aplicará una o más veces dependiendo del producto a obtener, sobre todo del diámetro que se busque. De esta forma si se espera obtener madera aserrable para muebles o foliable, será necesario al menos la aplicación de 2 clareos.

La aplicación de esta intervención requiere previamente una selección y marcación de individuos a dejar, denominados brotes o individuos de futuro, los que deben ser seleccionados tanto por su forma, vigor y buena inserción en la cepa.

El primer raleo se aplica en Piemonte entre los 10 y 15 años, del material cortado es posible obtener polines, varas y material para pulpa. Un segundo raleo se aplica entre los 20 a 25 años, siempre con el criterio de dejar los individuos más prometedores, de buena forma, buen crecimiento y sanos, se obtienen similares productos que en el primer raleo.

d. Cosecha final

Una vez cumplido el ciclo de corta determinado para el producto que se desea obtener se realiza la cosecha final. Esta intervención tiene el doble propósito de renovar la masa como de generar ingresos por la obtención de productos comercializables.

Bajo los esquemas utilizados en Piemonte, esta intervención se aplica entre los 40 a 50 años y con densidades de 400 a 500 individuos por hectárea o dependiendo de la cantidad anterior de intervenciones aplicadas. De esta intervención se obtienen trozas foliaves, aserrables y una pequeña proporción de leña y material para pulpa.

La calidad del producto obtenido dependerá directamente de las intervenciones efectuadas anteriores y de la calidad del material de partida.

9.4.2 Experiencia de investigación en Chile

En el marco del Proyecto "Hacia el Desarrollo del Castaño Forestal en Chile", financiado por FONDEF-CONICYT, se estudió la respuesta de rebrote y crecimiento, producto de la aplicación de dos intervenciones silviculturales distintas, en un caso de poda de salvataje, la que supone aplicación de tala rasa a un bosque o plantación relativamente joven, y en otro caso aplicación de raleo. Los resultados de estos casos se presentan a continuación:

Estudio de caso 1. Evaluación retoñación poda de salvataje

En un rodal ubicado en la zona norte del área de distribución determinada para Castaño en Chile (Cuadro N° 57), de 6 años de edad y aproximadamente de 1 hectárea de superficie, se evaluó la retoñación posterior a la aplicación de una poda de salvataje (tala rasa a aproximadamente 10 cm del suelo) aplicada producto de un desarrollo deficiente y deformaciones de los árboles. Cabe señalar que en esta plantación las plantas utilizadas para su establecimiento fueron en su mayoría de 2 temporadas de vivero, con tallos gruesos, pocas raíces; en general, de regular a mala calidad.

Cuadro N° 57. Antecedentes del rodal

Sector La Repechada	
Ubicación	Predio El Peumal
Comuna	Molina
Provincia	Curicó
Región	VII
Edad aproximada	6 años
Características climáticas	Temperatura media anual de 12,3°C, máxima media 26,8 °C y mínima media 4,2 °C. Período seco de 3 a 5 meses. Precipitación media anual de 1.315 mm, y 11 heladas por año.
Características de Suelo	Suelo Trumao, de buen drenaje, textura franco limosa, de pH moderado y profundidad aproximada de 30-40 cm, pedregosidad media

La poda de salvataje se aplicó el año 2003 y el año 2004 se realizó un clareo de retoños, cuando en la cepa había un retoño con dominancia clara y buena y vigorosidad se seleccionó un retoño por cepa, cuando esta situación no era clara, se dejaron dos retoños por planta.

Las mediciones de las respuestas a estas intervenciones se realizaron después de la aplicación de cada intervención, año 2003, año 2004 y posteriormente el desarrollo de la estructura definitiva el año 2006. Para este seguimiento se delimitaron 3 parcelas al azar.

La primera evaluación realizada el 2003 consideró las variables sobrevivencia, número de rebrotes y alturas mínima y máxima de los rebrotes, estos resultados se presentan el Cuadro N° 58. En general se observaron una buena sobrevivencia y alta brotación por árbol y una variabilidad importante en altura de los brotes.

Cuadro N° 58. Medidas resumen post poda de salvataje. Año 2003

Parcela	Sobrevivencia (%)	N° rebrotes / árbol promedio	Altura min. medio brote más bajo (cm)	Altura max. medio brote más alto (cm)
1	80,56	10	59,7	122,1
2	86,11	6	46,5	81,1
3	77,78	7	54,7	101,2
Total promedio	81,48	7	53,6	101,5

La evaluación el año 2004 se realizó posterior a la aplicación del clareo de rebrotes, las variables consideradas en esta ocasión fueron sobrevivencia, diámetro a la altura del cuello (DAC) y Altura, los resultados se muestran en el Cuadro N° 59.

Cuadro N° 59. Medidas resumen post-clareo. Año 2004

Parcela	Sobrevivencia (%)	DAC medio (mm)	Altura media (cm)
1	88,89	19,62	133,10
2	86,11	16,93	108,20
3	75,00	23,29	135,59
Total	83,33	19,95	125,63

El año 2005 se realizó una poda de formación y se estableció el rebrote definitivo, dejando un retoño por cepa. La evaluación se realizó el año 2006. En esta ocasión se midieron las variables diámetro a la altura del cuello, DAC, altura y diámetro a la altura del pecho, DAP. Los resultados se resumen en el Cuadro N° 60.

Cuadro N° 60. Medidas de resumen post - poda. Año 2006

Parcela	DAC medio (mm)	Altura media (m)	DAP medio (cm)
1	32,98	1,88	17,98
2	21,92	1,23	19,40
3	36,13	2,63	20,35

En conclusión a los tres años de la transformación a una estructura de Monte Bajo, se lograron alturas medias de entre 1,88 a 2,63 m, lo que se considera bueno pero no óptimo, en cambio los desarrollos en DAC y DAP fueron excelentes.

Estudio de caso 2. Evaluación retoñación post raleo

A nivel preliminar, se evaluó la capacidad de retoñación de tocón post aplicación de raleo, en un rodal de Castaño ubicado la Décima Región de Los Lagos, específicamente en el sector de Pumillahue, de propiedad de Forestal Tornagaleones. En el Cuadro N° 61 se presentan los antecedentes del rodal y las características de clima y suelo, lo que muestra que este sector cumple con los requerimientos ecológicos para el buen desarrollo de la especie.

Previamente a este rodal se le aplicó un raleo suave que no superó el 40% de una densidad inicial de 1.250 árb/ha para dejar una densidad entre 840 y 940 árb/ha, esta intervención fue aplicada en Noviembre del año 2004.

Cuadro N° 61. Antecedentes del sector

Sector Pumillahue	
Ubicación	Camino Máfil – Folilco
Comuna	Valdivia

Continuación Cuadro N° 61

Sector Pumillahue	
Provincia	Valdivia
Región	X
Edad aproximada	18 años
Superficie aproximada	8 ha
Características climáticas	Temperatura media anual de 12,5°C, máxima media del mes más cálido (Enero) de 27,1°C y mínima media del mes más frío (Junio) de 3,3°C. El período libre de heladas de 3 meses. Precipitación media anual de 2.139 mm, sin estación seca, existiendo dos meses Febrero y Marzo, que son no húmedos.
Características de Suelo	Suelo Trumao, de buen drenaje, textura media-moderadamente pesada, ligeramente ácido y de una profundidad efectiva de 86 cm.

La evaluación de retoñación se midió en enero de 2006, es decir, 14 meses después de efectuado el raleo, las fotos a continuación muestran la respuesta de rebrote (Figura N° 91).



Figura N° 91. Retoñación en el sector de Pumillahue

Como resultado se tuvo que el 100% de los tocones generaron brotes o retoños, y todos se encontraban en buenas condiciones sanitarias. La cantidad de rebrotes por tocón encontrada fue muy variable, fluctuando entre 1 a 57 rebrotes, con un promedio de 14 rebrotes por tocón. La altura de los rebrotes también era variable, entre 152 y 55 cm, con un promedio de 87 cm. Estos resultados son considerados promisorios, toda vez que corresponden a la rebrotación posterior a un raleo, el cual como se indicó anteriormente fue suave, por lo que el sitio no contó con la cantidad de luz necesaria para que las cepas de Castaño pudieran desarrollar su máximo potencial, esto por tanto permite suponer que se tendría una mejor respuesta luego de la aplicación de una cosecha final, donde todos los tocones quedarían expuestos a la luz en forma homogénea, donde posiblemente se obtendría incrementos en la cantidad de brotes por tocón y también en el desarrollo y homogeneidad de la alturas, que probablemente sobrepasarían los 2 m en la primera temporada de crecimiento.

Al comparar los resultados obtenidos con crecimientos de rebrotes en Europa se encuentra que son bastante similares, en Galicia por ejemplo se logran brotes de hasta 2 metros de altura por año.

De esta forma se considera que el manejo de Monte Bajo de plantaciones de Castaño en Chile puede ser muy acertado y con desarrollos probablemente superiores a los de Europa.

9.4.3 Propuesta de esquemas de manejo de Monte Bajo

En base a los antecedentes disponibles de crecimiento de rebrotes de Castaño en Chile y considerando su carácter experimental, se presentan dos propuestas dos esquemas de manejo de Monte Bajo. Estos esquemas permiten el aprovechamiento comercial de los rebrotes que crecen de los tocones o cepas generados a partir de la primera cosecha de una plantación. Los productos a obtener en ambos casos van desde tutores a polines, postes y trozas aserrables. La consideración de estos productos se hace en base a la durabilidad natural de la madera de Castaño para usos en exterior e infraestructura predial y rural (postes de electricidad o telefonía) y de la calidad de la madera para usos nobles. La obtención de uno u otro producto, dependerá del objetivo del productor y de la calidad de sitio de la plantación.

Esquema 1. Producción de polines

El primer esquema tiene por objetivo obtener polines para ser utilizados en cercos. Como una alternativa de mercado un poco más reducido está la elaboración de bastones, tutores, palos de escoba o magos de herramienta. El beneficio de este manejo es que se pueden seleccionar 3 a 5 rebrotes por tocón, pensando en una rotación de 10 a 13 años. Tomando en cuenta una plantación inicial con un distanciamiento de 3 x 3 metros se tiene una densidad de 1.111 tocones por hectárea. Las dimensiones de los polines a obtener son de 8 a 10 cm de diámetro y 2 a 4 m de alto. Cabe señalar que la madera de Castaño presenta una buena durabilidad y no requieren ser impregnados, por lo que en Europa este tipo de usos en cercos, postes de electricidad y en infraestructura predial es muy común, existiendo un mercado formal y dinámico de dichos productos. El esquema propuesto se presenta en el Cuadro N° 62.

Cuadro N° 62. Esquema manejo Monte Bajo para polines

Año	Antecedentes	Actividad	N° rebrotes/ ha
0	Cosecha final ciclo anterior		
1	Gran cantidad de rebrotes en etapa inicial		10 mil a 15 mil
2	Control de malezas	Roce químico	

Continuación Cuadro N° 62

Año	Antecedentes	Actividad	N° rebrotes/ ha
3-4	1° Selección de retoños y desyeme posterior, dejar entre 3 a 5 rebrotes por cepa	Selección de retoños	3.000 a 5.000
6-7	2° Selección de rebrotes y desyeme posterior, dejar 1 a 2 rebrotes por cepa	Clareo de rebrotes	1.000 a 1.500
10-13	Se tienen 1 a 2 rebrotes por cepa	Cosecha final	1.000 a 1.500

El Cuadro N° 63 a continuación, detallan las actividades y costos promedio por hectárea para el esquema 1.

Cuadro N° 63. Esquema de costos de manejo Monte Bajo para polines

Actividad	Concepto	Cantidad	Unidad	Valor unitario	Unidad	Costo (\$/ha)
Roce químico (año 2)	Mano de obra roce químico	1	jor/ha	9.100	\$/jor	9.100
	Herbicida					65.000
	Administración					1.000
Subtotal						75.100
Selección rebrotes (año 3-4)	Técnico marcación cepas	1	jor/ha	16.000	\$/jor	16.000
	Mano de obra corta de retoños	5,5	jor/ha	9.100	\$/jor	50.050
	Herramientas					631
	Mano obra poda y desyeme	3	jor/ha	9.100	\$/jor	27.300
	Administración					1.000
Subtotal						94.981
Actividad	Concepto	Cantidad	Unidad	Valor unitario	Unidad	Costo (\$/ha)
Clareo (año 6-7)	Técnico marcación cepas	1	jor/ha	16.000	\$/jor	16.000
	Mano de obra corta de retoños	5,5	jor/ha	9.100	\$/jor	50.050
	Herramientas					631
	Mano obra poda de levante	4	jor/ha	9.100	\$/jor	36.400
	Administración					1.000
Subtotal						104.081

Continuación Cuadro N° 63

Actividad	Concepto	Cantidad	Unidad	Valor unitario	Unidad	Costo (\$/ha)
Cosecha (año 10-13)	Mano de obra cosecha (volteo y arrumado)	6	jor/ha	9.100	\$/jor	54.600
	Administración					1.000
Subtotal						55.600
Total						329.762

Nota: la mano de obra en selección de rebrotes significa 5 jornadas para roce y 0,5 jornadas para control de maleza con bomba de espalda.

Este costo corresponde a los productos en el bosque puestos a orilla de camino.

Esquema 2. Producción de trozas

Otra alternativa de manejo apunta a una rotación mas larga de 20 a 25 años para obtener entre 600 a 800 trozas con diámetros de 15 a 25 cm. La producción puede variar entre 4 a 12 m³/ha/año. La madera obtenida puede tener diferentes usos como polines, postes y carpintería. Esta propuesta genera un costo alto de mano de obra lo que ve compensado en que se realizan dos cortas intermedias, clareo de rebrotes, en las que es posible obtener madera de mediana calidad para poder ser comercializada. El esquema propuesto se presenta en el Cuadro N° 64.

Cuadro N° 64. Esquema manejo Monte Bajo para trozas

Año	Antecedentes	Actividad	N° rebrotes/ ha	Producto
0	Cosecha final ciclo productivo anterior			
1	Gran cantidad de rebrotes en etapa inicial		10.000 a 15.000	
2	Control de malezas	Roce químico	10.000 a 15.000	
4-6	Selección de retoños y desyeme posterior, se dejan 4 a 6 rebrotes por cepa	Selección de rebrotes	4.000 a 6.000	Leña, varas
8-10	Se dejan de 2 a 3 rebrotes por cepa	1° clareo, poda y desyeme	800 a 1.000	Tutores, polines
15-17	Se dejan de 1 a 2 rebrotes por cepa	2° clareo, poda y desyeme	600 a 1.000	Polines, postes
20-25	Cosecha ciclo	cosecha final	600 a 800	Polines, postes, trozas

En la selección de rebrotes realizada entre los 4 a 6 años, si bien es posible obtener algún producto como leña o varas, es necesario señalar que la leña de Castaño es más bien de uso doméstico y no necesariamente un producto comercializable, debido a que posee una alta concentración de taninos.

En el Cuadro N° 65 a continuación, se detallan las actividades y costos promedio por hectárea para el esquema 2.

Cuadro N° 65. Esquema de costos de manejo Monte Bajo para trozas

Actividad	Concepto	Cantidad	Unidad	Valor unitario	Unidad	Costo (\$/ha)
Roce (año 2)	Mano de obra roce	1	jor/ha	9.100	\$/jor	9.100
	Herbicida					65.000
	Administración					1.000
Subtotal						75.100
Selección rebrotes (año 4-6)	Técnico marcación Retoños	1	jor/ha	16.000	\$/jor	16.000
	Mano de obra corta de retoños	5,5	jor/ha	9.100	\$/jor	50.050
	Herramienta					631
	Mano obra poda y desyeme	4	jor/ha	9.100	\$/jor	36.400
	Administración					1.000
Subtotal						104.081
1° Clareo (año 8 - 10)	Técnico marcación retoños	1	jor/ha	16.000	\$/jor	16.000
	Volteo y trozado (Motoserrista y equipo)	5	jor/ha	25.000	\$/jor	125.000
	Mano de obra para desrrame y arrumado	5	jor/ha	9.100	\$/jor	45.500
	Mano de obra poda de levante	4	jor/ha	9.100	\$/jor	36.400
	Administración					1.000
Subtotal						223.900

Continuación Cuadro N° 65

Actividad	Concepto	Cantidad	Unidad	Valor unitario	Unidad	Costo (\$/ha)
2° Clareo (año 15 - 17)	Técnico marcación retoños seleccionados	1	jor/ha	16.000	\$/jor	16.000
	Volteo y trozado (Motoserrista y equipo)	5	jor/ha	25.000	\$/jor	125.000
	Mano de obra para desrame y arrumado	5	jor/ha	9.100	\$/jor	45.500
	Mano de obra poda	4	jor/ha	9.100	\$/jor	36.400
	Administración					1.000
Subtotal						223.900
Cosecha final (20-25 años)						1.360.000
Total						1.986.981

De acuerdo a cálculos con el simulador experimental de crecimiento de Castaño "Sicas 2.0", se estima que en la cosecha final se obtienen 160 m³/ha de productos, entre polines, postes y trozas aserrables. La estimación del costo de cosecha considera un costo de \$ 8.500 por metro cúbico cosechado.

Al igual que en la propuesta anterior, este costo de cosecha corresponde a los productos en el bosque, puestos a orilla de camino.

En la Figura N° 92 a continuación se presentan estas propuestas en forma esquematizada.



Figura N° 92. Esquemas de manejo de monte bajo

9.4.4 Manejo de Monte Alto

Este esquema corresponde al manejo que se aplica a bosques creados a partir de semillas, es decir la masa arbórea se genera por el establecimiento de plantas o la regeneración in situ por semillas. En este caso, la alta inversión que supone una plantación, especialmente en lo que respecta a costos de adquisición de plantas y su establecimiento, debe estar justificado por la obtención de un producto de alta calidad en un tiempo razonable.

Los tratamientos silviculturales que dan origen a un esquema de Monte Alto son la tala rasa y posterior plantación, el uso de árboles semilleros para regeneración natural por semillas, y las cortas sucesivas. Este último tratamiento consiste en la explotación gradual de un rodal maduro en una serie de cortas parciales durante un periodo que es una fracción de la rotación (Vita, 1996).

Dado el alto vigor de Castaño, el desarrollo de sus rebrotes, el menor ciclo de corta y los costos relacionados al manejo de Monte Bajo, la elección de Monte Alto en Castaño se justifica en la medida que se cuente con de material genético mejorado que asegure la obtención de productos de mayor calidad y resistencia a agentes de daño.

Antecedentes de manejo de Monte Alto en Castaño

En general para Castaño los esquemas de manejo de Monte Alto no se recomiendan ya que, dado el vigor de la especie implican costos reiterados de eliminación de los rebrotes de las cepas cortadas. Específicamente en el caso de tala rasa supone además costos de adquisición de nuevas plantas, lo que se justifica sólo en caso que el material de Castaño disponible no es de calidad para la producción de madera, razón por la cual en las zonas de origen y cultivo de la especie como Europa el manejo de Monte Alto de bosques o plantaciones de Castaño, es muy escaso y poco frecuente.

Según Ximenez de Ebrum (1961) el Monte Alto de Castaño debe tratarse partiendo siempre de la base de la conveniencia de acudir al fustal de cepa, dado el gran vigor de sus brotes y la mayor resistencia a los ataques de la conocida enfermedad "tinta del castaño".

De acuerdo a Berrocal *et al.* (1998), en España no existen prácticamente castañares maderables de Monte Alto, excepto en algunas zonas formando pequeños grupos o rodales unidos con variedades de fruto y, en otros casos, mezclados con otras especies tales como robles, alcornoques, pinos, hayas, etc. También se deben considerar las repoblaciones puras de Castaño con densidades alrededor del centenar de árboles/ha que se están llevando a cabo en los últimos años a raíz de la política de subvenciones. Fenómeno que se está dando también en otros países como Francia y Portugal.

Para Álvarez, *et al.* (2000) el método de manejo puede ser de Monte Alto o Monte Bajo, teniendo cada uno sus ventajas, inconvenientes y peculiaridades. Cuando los árboles proceden de semilla (Monte Alto), mantienen su vigor durante periodos de tiempo más prolongados, pudiendo alcanzar dimensiones muy importantes. El rebrote (Monte Bajo) tiene un importantísimo vigor y crecimiento inicial, ya que todo el sistema radical de la cepa está implantado en el terreno. Sin embargo, a la larga, el vigor de estos rebrotes se reducirá en comparación con el de los árboles que proceden de semilla.

La silvicultura de Monte Alto se considera principalmente en dos situaciones (*Op. cit.*):

1. Masas procedentes de plantación, que en la mayoría de los casos sufrirán una conversión al método de beneficio de Monte Bajo tras la primera corta.
2. Regenerados naturales de brinzales, provenientes de tratamientos de conversión a masa de monte alto de masas de Monte Bajo envejecidas, cuya capacidad de rebrote de cepa es limitada.

Una situación particular de Monte Alto de Castaño se encontró en la zona de Valencia de Alcántara, en Cáceres, el esquema de manejo aplicado tiene como objetivo la obtención de dos especies arbóreas principales. Ello se genera a partir de dejar Castaños padres productores de fruto para regeneración natural por semilla, combinada con la plantación de Pino pinaster para madera de turno

de 70 a 80 años; quedaría un Monte Medio ocupado por brinzales de Castaño. Posteriormente se obtiene un castañar de Monte Alto con los árboles padre regenerados de la masa y con los mejores brinzales de esta especie, después de una corta selectiva para mantener solamente aquellos árboles de mejor calidad con la densidad adecuada (Berrocal, *et al.*, 19989). Los turnos o ciclos de corta utilizados para Monte Alto en España son entre 70 a 90 años para obtener diámetros de 50 a 70 cm.

En Bretaña, Francia, se utiliza el Monte Alto para la obtención de fustes de calidad para chapas o aserrío, los esquemas utilizados consisten en la aplicación de raleos y podas. Para la obtención de trozas de 35 a 40 cm de diámetro, se utilizan rotaciones de 35 a 45 años y se cosechan de 200 a 250 árb/ha, para trozas de 45 a 50 cm de diámetro, las rotaciones van desde los 45 a 50 años para la cosecha final de 140 a 180 árb/ha (Bourgeois, 1992).

Bourgeois *et al.* (2004), proponen dos esquemas de manejo de Monte Alto para plantaciones de Castaño con objetivo de producción de trozas de calidad:

Opción de raleo en base a árbol futuro o de raleo temprano

Altura (m)	Edad (año)	DAP (cm)	Nº árboles post-raleo	Intervención	Producto
0,4	1-0		1.250	Plantación	
0,6-5				Cuidados culturales y eventual poda de formación	
7 - 9			1.000 -1.100	Última poda de formación. 1º poda de levante (2 m) sobre 300 individuos mínimo.	
11-12	13-16	15	700	1º raleo comercial. Selección de 150 a 250 árboles, Poda de levante a 5 m sobre los seleccionados.	Polines, chipeado
14-16	18-21	20	370	2º raleo comercial. Poda de levante a 6 m sobre los árboles seleccionados	Polines, parquet, carpintería
18-20	27-30	30	250	3º raleo comercial	Parquet y carpintería
20-24	35	40	0-150	Tala rasa para diámetros de 35 a 40 cm, ó, 4º raleo si el objetivo es trozas de 45 cm de diámetro	Carpintería, madera aserrada
24-26	40-45	45-+	0	Tala rasa	Carpintería, madera aserrada, madera foliable

Fuente: Bourgeois *et al.*, 2004.

La selección de los árboles futuros se realiza cuando éstos tienen entre 10 a 12 m de altura y alrededor de 15 cm de DAP, es importante que esta intervención no se retrase, ya que ello implicaría una disminución en el ritmo de crecimiento.

Este esquema no considera limpia o clareos, ya que suponen que la competencia facilita la poda natural.

Opción de clareo

Este esquema consiste en la aplicación de un clareo entre los 8 a 12 años de edad, disminuyendo fuertemente el número de individuos, cercano al 50% y más, sin intervenciones previas. Así en una sola fase después de una fuerte competencia se descomprime también fuertemente la plantación en beneficio de los mejores árboles.

Altura (m)	Edad (año)	DAP (cm)	N° árboles post-raleo	Intervención	Producto
0,4	1-0		1.250	Plantación	
0,6-5				Cuidados culturales y eventual poda de formación	
7 – 9			1.000 -1.100	Última poda de formación. 1° poda de levante (2 m) sobre 300 individuos mínimo.	
11-12	13-16	15	700	1° raleo comercial. Selección de 150 a 250 árboles, Poda de levante a 5 m sobre los seleccionados.	Polines, chipeado
14-16	18-21	20	370	2° raleo comercial. Poda de levante a 6 m sobre los árboles seleccionados	Polines, parquet, carpintería
18-20	27-30	30	250	3° raleo comercial	Parquet y carpintería
20-24	35	40	0-150	Tala rasa para diámetros de 35 a 40 cm, ó, 4° raleo si el objetivo es trozas de 45 cm de diámetro	Carpintería, madera aserrada
24-26	40-45	45-+	0	Tala rasa	Carpintería, madera aserrada, madera foliable

Fuente: Bourgeois *et al.*, 2004.

Álvarez *et al.* (2000), en su libro “Manual de Selvicultura del Castaño en Galicia” proponen esquemas similares.

En ambas opciones la selección de los árboles futuros, es decir de mayor potencial productivo, se realiza al momento de la primera corta con beneficio económico, o sea el primer raleo comercial. La recomendación para la aplicación de este

tratamientosilvicultural, es el momento en que los individuos presentan dimensiones suficientes para juzgar su calidad potencial en cuanto a las características de su troza basal, esto es, dependiendo de las situaciones de desarrollo de cada rodal, entre los 13 y 20 años de edad, es decir cuando los árboles presentan entre los 11 y 14 m de altura y un DAP mínimo de 15 cm de diámetro.

La corta del Castaño lleva consigo el rebrote (normalmente vigoroso) de las cepas, salvo en el caso que éstas sean tratadas con productos inhibidores. En el caso actual, el rebrote de las cepas con un retraso de 7 a 9 m con respecto a la masa principal no supone un riesgo de competencia con la misma a pesar del rápido crecimiento de los nuevos brotes, antes bien, lleva consigo efectos beneficiosos a la masa por su efecto de acompañamiento, que beneficia el abrigo lateral de los fustes y mejora su poda natural (*Op. cit.*)

El análisis de ventajas y desventajas de cada opción, basados en Bourgeois *et al.* (2004) y Álvarez *et al.* (2000) se presenta en el cuadro a continuación:

Cuadro N° 66. Ventajas y desventajas de la opción raleo y clareo

Ventajas	Desventajas
Opción raleo	
Conserva por más tiempo la competencia entre los árboles, lo que facilita las operaciones de poda posteriores, al reducir el grosor de las ramas más bajas.	Los productos del primer raleo temprano son comercializables en casos concretos y suponen un escaso beneficio económico El primer raleo es un tratamiento más caro y complejo en su realización que el clareo.
Opción clareo	
Se retarda el primer clareo hasta el momento en que el material cortado es comercial. Evita la reducción de crecimiento en diámetro en las primeras fases de desarrollo de la masa. Es sencillo de realizar, poco costoso y rápido.	Si la masa no se encuentra acompañada de un sotobosque suficientemente denso, pueden engrosar excesivamente las ramas vivas de la parte inferior de la copa, lo que puede reducir el crecimiento en altura de los árboles.

Cabe destacar que estos esquemas son solo indicativos para orientar a los productores, es necesario siempre tener presente las particularidades de cada situación y especialmente observar y evaluar la plantación para definir el momento más adecuado de cada intervención.

Aplicación del Monte Alto

Al igual que el manejo de Monte Bajo, el manejo de Monte Alto en Castaño consiste en definir un objetivo de producción y un esquema silvícola para lograrlo.

Las actividades y tratamientos silviculturales en un esquema de Monte Alto comienzan con el establecimiento de la plantación, cuidados culturales, podas, raleos y finalmente la cosecha final.

La descripción, recomendaciones y condiciones necesarias para el desarrollo de las actividades de plantación, poda y raleo fueron descritas anteriormente en los puntos 9.1, 9.2 y 9.3.

Respecto al establecimiento de la plantación, se recuerda la importancia de la selección del sitio, el que debe ser favorable para Castaño.

Respecto a la cosecha final, el momento de aplicación está en función del objetivo de producción definido, es decir de las características y dimensiones del producto que se desea obtener. En general en Europa se usan rotaciones de 40 a 50 años para la obtención de trozas foliables, aserrables, con la posibilidad de obtener productos comercializables en los raleos aplicados.

En Chile no existen experiencias de investigación en cuanto al análisis de distintos esquemas de manejo de Monte Alto. Las investigaciones sobre plantación y de tratamientos de podas y raleos, se presentan en los puntos anteriormente mencionados.

9.4.5 Propuesta de esquemas de manejo de Monte Alto

De acuerdo a los antecedentes de crecimiento observados en Chile y con apoyo del simulador experimental de crecimiento de Castaño, SICAS 2.0, se elaboraron 2 propuestas de manejo para plantaciones puras de Castaño con objetivo productivo maderero.

Opción plantación a alta densidad

Esta opción se propone para sitios aptos para Castaño pero con ciertas restricciones, ya sea de condiciones de sitio tales como fertilidad, profundidad, clima u otra. Razón por la cual se propone trabajar a una densidad de 1.111 árboles por hectárea de manera de tener mayor margen de selección de individuos una vez que se apliquen las intervenciones de raleo con miras a dejar hasta la cosecha los mejores árboles. Los detalles se presentan en el Cuadro N° 67.

Cuadro N° 67. Esquema de manejo de plantación de Castaño a alta densidad

Año	Actividad
0	Establecimiento plantación: Roce moderado, control de malezas pre- plantación, preparación suelo, fertilización, cerco
1 a 3	Control de malezas
1 y 3	Poda de formación
2 y 4	Desyemes
8	1° poda de levante (3 m)
9	Desyemes
12	1° raleo 1 (770 remanentes)
15	2° poda de levante a 6 m
20	2° raleo comercial (385 remanentes)
30	Cosecha total (385 remanentes)

Los productos que se obtienen con este esquema de manejo son:

- Leña de dimensiones de 8 cm de diámetro y 1 metro de largo.
- Trozas para postes y polines de 15 a 24 cm de diámetro y 2,5 m de largo.
- Trozas aserrables de 25 cm de diámetros y 2,5 m de largo.
- Trozas aserrables de diámetros superiores a 35 cm y 2,5 m de largo.

En el Cuadro N° 68 a continuación se presentan las actividades, rendimientos y costos para el esquema de manejo presentado.

Cuadro N° 68. Costos y rendimientos de manejo de plantación Castaño a alta densidad

Actividad	Rendimiento	Unidad	Valor unitario	Unidad	Costo Unitario (\$/ha)	costo total (\$/ha)
Roce moderado						
Mano de obra	12	jor/ha	9.100	\$/jor	109.200	109.200
Equipos (tractor+ rozón+hacha)	6,00	hr/ha	20.000	\$/ha	120.000	120.000
Cerco	0,40	km	1.000.000	\$/km	400.000	400.000
Control de malezas pre-plantación						
Mano de obra	1	jor/ha	9.100	\$/jor	9.100	9.100

Continuación Cuadro N° 68

Actividad	Rendimiento	Unidad	Valor unitario	Unidad	Costo Unitario (\$/ha)	costo total (\$/ha)
Producto (roundup+simazina)	5	lt/ha	7.000	\$/lt	35.000	35.000
Subsolado tractor articulado	3	hr/ha	80.000	\$/ha	200.000	200.000
Plantación (1.111 pl/ha)						
Mano de obra	6	jor/ha	9.100	\$/jor	54.600	54.600
Plantas (RD 1:0)	1.111	arb/ha	119	\$/planta	132.209	132.209
Fertilización						
Mano de obra	1.000	pl/jor	9.100	\$/jor	10.110	10.110
Fertilizantes (NPK)	250	gr/planta	0,3	\$/gr	83.325	83.325
Control de malezas						
Mano de obra	2	jor/ha	9.100	\$/jor	18.200	54.600
Materiales (roundup)	5	lt/ha	7.000	\$/lt	35.000	105.000
Poda formación años 1 y 3	1.200	pl/jor	15.000	\$/jor	13.888	27.775
Desyeme año 2	2.000	pl/jor	9.100	\$/jor	5.055	5.055
Desyeme año 4	1.000	pl/jor	9.100	\$/jor	10.110	10.110
Desyeme año 9	600	pl/jor	9.100	\$/jor	16.850	16.850
Poda levante 1	450	pl/jor	15.000	\$/jor	37.033	37.033
Poda levante 2 (serrucho con mango)	150	pl/jor	15.000	\$/jor	88.100	88.100
Raleo 1 (m³/ha) ¹	8.500	\$/m³	1	m³/ha	6.545	6.545
Raleo 2 (m³/ha) ²	8.500	\$/m³	31	m³/ha	266.824	266.824
Raleo 2 (mruma/ha) ³	8.500	\$/mruma	17	mruma/ha	141.628	141.628
Cosecha (m³/ha) ⁴	8.500	\$/m³	159	m³/ha	1.355.648	1.355.648
Cosecha (mruma/ha) ⁵	8.500	\$/mruma	64	mruma/ha	542.121	542.121
Administración	10.000	\$/año			300.000	300.000
TOTAL						4.110.833

Nota : Los productos que se obtienen con este esquema son:

Raleo 11 : leña evaluada en m³/ha

Raleo 22 : trozas aserrables de 25 cm. de diámetro y 2,5 m de largo y leña, ambos evaluados en m³/ha

Raleo 23 : trozas para postes y polines evaluadas en metro ruma/ha.

Cosecha 4 : trozas aserrables superiores a 25 cm. diámetros y leña

Cosecha 5 : metro ruma para postes y polines

Las estimaciones de tipo y volumen de productos se obtuvieron a través del simulador experimental de crecimiento de Castaño, SICAS 2.0.

Este costo de de \$4.110.833/ha es con los productos puestos a orilla de camino.

Opción Plantación a baja densidad

Esta opción se recomienda para sitios de muy buenas características para Castaño, especialmente en cuanto a profundidad de suelos y fertilidad, razón por la cual se propone una densidad baja de plantación forestal, 625 árboles por hectárea, apostando a la selección de buen material, es decir plantas de excelente calidad, que podrán expresar todo su potencial en un buen sitio.

Año	Actividad
0	Establecimiento plantación: Roce moderado, control de malezas pre- plantación, preparación suelo, fertilización, cerco
1 a 5	Control de malezas
1	Poda de formación (definición ápice)
3-5	Poda de formación
8	1° poda de levante (3 m)
1-3-5-8	Desyemes
12	Raleo 1 (313 remanentes)
13	Desyemes
15	2° poda levante 6 m
16	Desyemes
30	Cosecha total (313 remanentes)

Si bien este esquema es más exigente en cuanto a intervenciones silviculturales, especialmente podas y desyemes, la ganancia en productividad y finalmente rentabilidad dada por el sitio lo justifica.

Los productos posibles de obtener con este esquema de manejo son (Cuadro N° 69):

Cuadro N° 69. Costos y rendimientos Modelo plantación Castaño (1 ha)

Actividad	Rendimiento	Unidad	Valor unitario	Unidad	Costo unitario (\$/ha)	costo total (\$/ha)
Roce moderado						
Mano de obra	12	jor/ha	9.100	\$/jor	109.200	109.200

Continuación Cuadro N° 69

Actividad	Rendimiento	Unidad	Valor unitario	Unidad	Costo unitario (\$/ha)	costo total (\$/ha)
Equipos (tractor+ rozón+hacha)	6,00	hr/ha	20.000	\$/ha	120.000	120.000
Cerco	0,40	Km	1.000.000	\$/km	400.000	400.000
Control de malezas pre-plantación						
Mano de obra	1	jor/ha	9.100	\$/jor	9.100	9.100
Producto (roundup+simazina)	5	lt/ha	7.000	\$/lt	35.000	35.000
Subsolado con tractor articulado	3	hr/ha	80.000	\$/ha	200.000	200.000
Plantación						
Mano de obra	6	jor/ha	9.100	\$/jor	54.600	54.600
Plantas (RD 1:0)	625	arb/ha	119	\$/planta	74.375	74.375
Fertilización						
Mano de obra	1.000	pl/jor	9.100	\$/jor	5.688	5.688
Fertilizantes (NPK)	250	gr/planta	0,3	\$/gr	46.875	46.875
Control de malezas						
Mano de obra	2	jor/ha	9.100	\$/jor	18.200	91.000
Materiales (roundup)	5	lt/ha	7.000	\$/lt	35.000	175.000
Podas formación años 1, 3, 5	1.200	pl/jor	15.000	\$/jor	7.813	23.438
Desyemes 1 y 3	2.000	pl/jor	9.100	\$/jor	2.844	5.688
Desyeme 5, 8	1.000	pl/jor	9.101	\$/jor	5.688	11.376
Desyeme 13 y 16	600	pl/jor	9.102	\$/jor	9.481	18.963
Poda levante 8 años (serrucho con mango)	150	pl/jor	15.000	\$/jor	62.500	62.500
Poda levante 15 años (serrucho con mango)	150	pl/jor	15.000	\$/jor	31.300	31.300
Raleo 1 (m³/ha)¹	8.500	\$/m³	8	m³/ha	72.134	72.134
Raleo 1 (mruma/ha)²	8.500	\$/mruma	1,5	mruma/ha	12.517	12.517
Cosecha (m³/ha)³	8500	\$/m³	265	m³/ha	2.249.848	2.249.848
Cosecha (mruma/ha)⁴	8.500	\$/mruma	47	mruma/ha	401.823	401.823
Administración	10.000	\$/año			300000	300.000
Total						4.510.424

Nota : Los productos que se obtienen con este esquema son:

Raleo 11 : leña evaluada en m³/ha

Raleo 12 : trozas para polines de diámetro mayor a 15 cm de diámetro y 2,5 m de largo

Cosecha 3 : trozas aserrables superiores a 25 cm. Diámetros, trozas aserrables superiores a 35 cm. de diámetro y leña

Cosecha 4 : metro ruma para postes y polines

De igual manera que en el esquema anterior, este costo de \$4.510.424 /ha corresponde a los productos puestos a orilla de camino.

En la Figura N° 93 a continuación se presenta un esquema de estas propuestas de manejo.

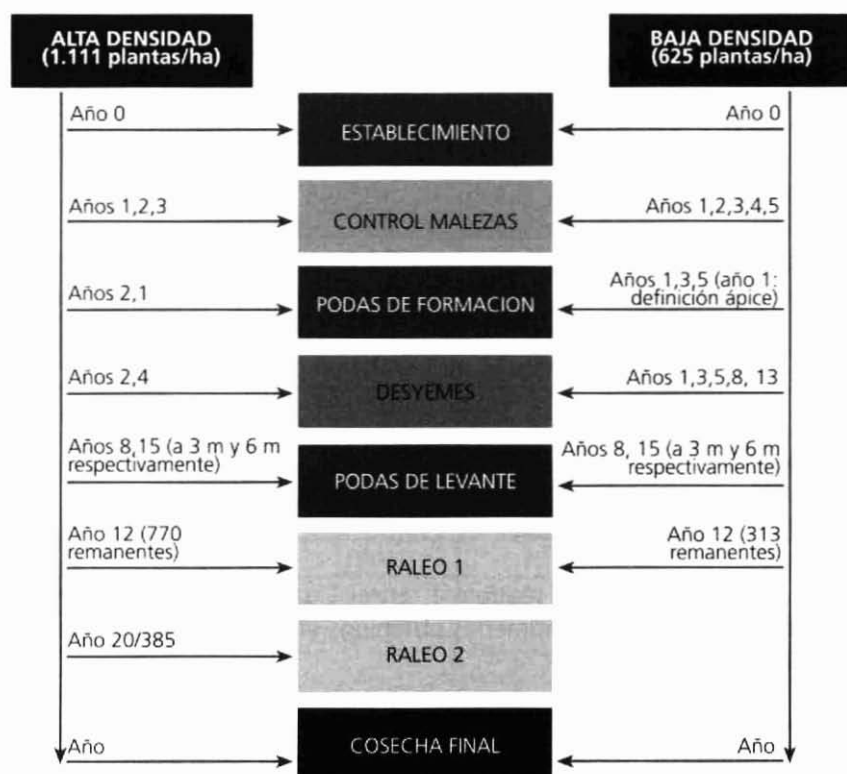


Figura N° 93. Esquema de las propuestas de manejo

En ambos esquemas de manejo, de alta y baja densidad, se tiene además como producto la producción frutal, que si bien no logra la calidad para el mercado de exportación dado su bajo calibre, si es posible comercializarla dentro del país, a nivel local y regional, ya sea como semilla o nuez para especialmente productos de pastelería. Si bien su cosecha supone costos, tiene un impacto significativo en la rentabilidad de cada esquema.

Las evaluaciones económicas de estos esquemas de manejo se presentan en el punto 9.5.

9.5 Análisis de Rentabilidad de la Inversión en Plantaciones Forestales de Castaño

La rentabilidad económica de plantaciones de Castaño depende de las características genéticas de las plantas empleadas en la plantación, de las condiciones de sitio que determinan la productividad de la especie y del objetivo

de producción, que determina la densidad o arreglo de la plantación, las técnicas de establecimiento y el manejo.

En el capítulo anterior, se definieron esquemas de manejo y los costos involucrados en el establecimiento y manejo de una plantación de Castaño. En este capítulo, se presenta un análisis de rentabilidad para 2 estudios de caso, basado en los antecedentes que entrega el Simulador Experimental de Crecimiento de Castaño (SICAS 2.0) y constituye un ejercicio orientador; cada evaluación será particular a cada productor.

Se considera una rotación de 30 años para fines madereros en Castaño. Se evalúa la rentabilidad de plantar 1 ha por parte de pequeños y medianos productores forestales, con diferentes esquemas de manejo y venta de madera en trozas y como madera aserrada seca.

Supuestos

a. Productividad maderera y frutal

Respecto de la productividad maderera, en el Cuadro N° 70 se presenta para cada producto definido, los volúmenes obtenidos en cada intervención para cada esquema de manejo definido.

El esquema de manejo 1 presenta un volumen de cosecha de 252 m³/ha, mientras que en el esquema de manejo 2, el volumen total cosechado alcanza los 343 m³/ha. La madera cosechada es transportada en trozas a aserradero o cancha donde es comercializada. Sólo el producto 4 (leña) se considera venderlo en el predio.

Cuadro N° 70. Productos y producción forestal (m³/ha) en el raleo y cosecha

Características del Producto (Diámetro y Largo)	Esquema de manejo 1 (1.111 arb/ha)			Esquema de manejo 2 (625 arb/ha)	
	Raleo 1, año 12 (m ³ /ha)	Raleo 2, año 20 (m ³ /ha)	Cosecha, año 30 (m ³ /ha)	Raleo 1, año 12 (m ³ /ha)	Cosecha, año 30 (m ³ /ha)
Producto 1: Diám. > 35 cm; Largo 2,5 m	-	-	38,8	-	133,06
Producto 2: Diám. > 25 cm; Largo 2,5 m	-	3,5	87,9	-	114,81
Producto 3: Diám. > 15 cm; Largo 2,5 m	-	28,0	100,6	2,45	78,53
Producto 4: Diám. > 8 cm; Largo 1,0 m	0,73	26,3	24,8	8,49	16,8

Basado en los antecedentes de producción frutal de Benedetti y Saavedra (2005) conjugado con la información obtenida en el Proyecto "Hacia el desarrollo

del Castaño forestal en Chile”, se estimó la producción frutal en función de los esquemas de manejo evaluados. En el Cuadro N° 71 se presenta esta información.

Cuadro N° 71. Producción frutal en una plantación de Castaño

Edad de la plantación (años)	Producción frutos (k/ha) (1.111 pl/ha)	Producción frutos (k/ha) (625 pl/ha)	Edad de la plantación (años)	Producción frutos (k/ha) (1.111 pl/ha)	Producción frutos (k/ha) (625 pl/ha)
10	1.111	718,8	21	2.310	2.160
11	1.666	1.078	22	2.310	2.160
12	1.540	1.438	23	2.310	2.160
13	1.925	900	24	2.310	2.160
14	2.310	1.080	25	2.310	2.160
15	2.695	1.260	26	2.310	2.160
16	3.080	1.440	27	2.310	2.160
17	3.465	1.620	28	2.310	2.160
18	3.850	1.800	29	2.310	2.160
19	3.850	1.800	30	2.310	2.160
20	2.117	1.980			

b. Costos

Los rendimientos y costos involucrados en cada una de las actividades a lo largo de la plantación se presentaron en el Capítulo de Esquemas de Manejo. Se agregan a ellos, los costos de cosecha de frutos y de flete. Para el caso de la evaluación de la plantación vendiendo madera aserrada, se considera adicionalmente el costo de aserrio. Estos valores se presentan en el Cuadro N° 72 a continuación.

Cuadro N° 72. Costos involucrados en evaluación de Castaño

Item	Costo	Unidad
Cosecha frutos	80	\$/kilo
Transporte a cancha 50 km*	4.132,8	\$/m ³ y m ruma
Costo aserrio *	13.091	\$/m ³

3. Ingresos

Los ingresos de una plantación forestal de Castaño provienen principalmente de la venta de madera, que ocurre al final de la rotación. En este caso se presentan dos situaciones, como se ha mencionado anteriormente: venta de madera en trozas o aserrada. En el caso de madera aserrada, esto ocurre sólo para los productos de las

mayores dimensiones; producto 1 y 2, cuyos ingresos se reflejarán numéricamente 3 años después de la cosecha, debido a que ese es el tiempo que se consideró de secado natural de la madera de Castaño. Los productos restantes 3 y 4 se venden de igual forma en ambos casos, es decir en trozas en cancha para postes y polines y como leña puesta en predio.

En relación a la venta de madera aserrada seca y madera en trozas, los valores por tipo de producto son los siguientes (Cuadro N° 73).

Cuadro N° 73. Precios de los productos según forma de venta de la madera obtenida en la plantación

Tipo de producto	Madera aserrada \$/m ³	Madera en trozas \$/m ³
Producto 1 (Diám. > 35 cm; Largo: 2,5 m)	294.000	76.850
Producto 2 (Diám. > 25 cm; Largo: 2,5 m)	264.600	60.950
Producto 3 (Diám. > 15 cm; Largo 2,5 m)	15.000	15.000 \$/mr
Producto 4 (Diám. > 8 cm; largo 1,0 m)	4.500	4.500

Además, hay dos ingresos interesantes de considerar; la venta de frutos a lo largo de la rotación y la bonificación forestal, contemplada en la Ley 19.561 de fomento forestal, que permite paliar la inversión inicial para el establecimiento de la plantación y financia el manejo, que en este caso sólo considera la bonificación por concepto del primer raleo.

Respecto de los precios de frutos, a pesar de haber una fuerte variación en el precio de ellos a lo largo de la temporada, se considera un valor de venta de 200 \$/ kilo.

En relación a los ingresos producto de la bonificación, la madera y frutos, éstos se aprecian a continuación (Cuadros N° 74 y N° 75). En relación a la bonificación forestal, los productores que cumplen los requisitos de la categoría de pequeños propietarios, tienen derecho a la bonificación del 90%, distribuida en un 75% al año de establecimiento una vez verificado el 75% de prendimiento de las plantas a través de un estudio, y el 25% al tercer año verificado el correcto establecimiento de plantación. Los propietarios de otras categorías solo tienen derecho a una bonificación del 75%, contra el estudio de prendimiento al año de edad de la plantación y, siempre y cuando los terrenos en que se establezcan las plantaciones correspondan a los considerados en el reglamento de CONAF, es decir que presenten los requisitos para la bonificación, esto es que acrediten algún grado de degradación.

Respecto del ingreso, nótese que aquel por venta de madera corresponderá sólo a venta de madera en trozas o venta de madera aserrada seca, no ambos a la vez.

Cuadro N° 74. Ingresos. Esquema manejo 1 (1.111 pl/ha)

Item	Valor (\$/ha) pequeño propietario				Valor (\$/ha) mediano propietario	
Bonificación forestal						
Bonificación año 1*	519.545				331.693	
Bonificación año 3**	103.909					
Bonificación raleo	33.675					
Total Bonificación	657.129				331.693	
Madera venta en trozas						
Raleo 1	3.292					
Raleo 2	570.751					
Cosecha	9.357.862					
Madera venta aserrada seca						
Raleo 1	3.292					
Raleo 2	1.009.095 (355.759 productos 3 y 4; 653.336 productos 1 y 2(aserrado))					
Cosecha	18.349.451 (1.020.632 productos 3 y 4; 17.328.819 (productos 1 y 2 (aserrado))					
Frutos	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15
	222.000	333.300	308.000	385.000	462.000	539.000
	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20	Año 21-30
	616.000	693.000	770.000	770.000	423.500	462.000

* : Corresponde al 75% del 90 % de los costos de forestación, cercado y asistencia técnica según tabla CONAF 2006.

** : Corresponde al 25% del 90 % de los costos de forestación, cercado y asistencia técnica según tabla CONAF 2006.

Cuadro N° 75. Ingresos. Esquema manejo 2 (625 pl/ha)

Item	Valor (\$/ha) pequeño propietario	Valor (\$/ha) mediano propietario
Bonificación forestal		
Bonificación año 1*	440.091	283.277
Bonificación año 3**	88.018	
Bonificación raleo	33.675	
Total Bonificación	561.784	283.277
Madera venta en trozas		
Raleo 1	60.278	
Cosecha	18.007.645	
Madera venta aserrada seca		

Item	Valor (\$/ha) pequeño propietario			Valor (\$/ha) mediano propietario		
Raleo 1	60.278					
Cosecha	35.532.973 (784.813 productos 3 y 4; 34.748.160 productos 1 y 2 (aserrado))					
Frutos	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15
	143.750	215.625	287.500	179.975	215.970	251.965
	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20	Año 21-30
	287.960	323.955	359.950	359.950	395.945	431.940

*: Corresponde al 75% del 90 % de los costos de forestación, cercado y asistencia técnica según tabla CONAF 2006.

** : Corresponde al 25% del 90 % de los costos de forestación, cercado y asistencia técnica según tabla CONAF 2006.

2. Indicadores de Rentabilidad

En este ejercicio se utilizan dos indicadores de rentabilidad; el valor presente neto (VAN) y la tasa interna de retorno, TIR. La tasa alternativa utilizada es de 10% y 8%. Este análisis no considera el pago de impuestos.

En los Cuadros N° 76 y N° 77 a continuación se resumen los antecedentes obtenidos en las diferentes situaciones analizadas.

Cuadro N° 76. Indicadores de rentabilidad para esquema de manejo alta densidad (1.111 pl/ha)

Indicador	Venta de madera aserrada seca			Venta de trozas puesta en cancha		
	Sin bonificación	Con bonificación pequeño propietario	Con bonificación mediano propietario	Sin bonificación	Con bonificación pequeño propietario	Con bonificación mediano propietario
VNA (10%)	\$ 138.622	\$ 647.836	\$ 412.748	-\$ 71.697	\$ 37.518	\$ 202.429
VNA (8%)	\$ 936.076	\$ 1.469.343	\$ 1.220.449	\$ 507.910	\$ 1.041.177	\$ 792.284
TIR	10,5%	13,0%	11,7%	9,7%	12,4%	11,0%

Cuadro N° 77. Indicadores de rentabilidad para esquema de manejo baja densidad (625 pl/ha)

Indicador	Venta de madera aserrada seca			Venta de trozas puesta en cancha		
	Sin bonificación	Con bonificación pequeño propietario	Con bonificación Mediano propietario	Sin bonificación	Con bonificación pequeño propietario	Con bonificación Mediano propietario
VNA (10%)	\$ 375.125	\$ 807.249	\$ 607.779	\$ 40.589	\$ 468.318	\$ 269.736
VNA (8%)	\$ 1.513.262	\$ 1.966.369	\$ 1.754.848	\$ 799.241	\$ 1.247.216	\$ 1.036.613
TIR	11,1%	12,8%	11,9%	10,1%	12,1%	11,1%

Como se observa en los cuadros precedentes, la rentabilidad de la inversión en una plantación de Castaño es interesante, siendo en todas las situaciones positivo el valor presente a una tasa de descuento del 8%. En el caso del esquema de manejo de 625 plantas/ha, este valor es positivo aún a una tasa del 10%. Si bien la venta de madera aserrada permite mayores retornos que la venta de madera en trozas, esto significa el requerimiento de una mayor capacidad de gestión y ampliación del negocio, no siendo una práctica frecuente actualmente, pero que se considera interesante como ejercicio para un inversionista que desee darle un mayor valor al producto obtenido de su plantación.

Para finalizar, es necesario recalcar que estos resultados constituyen un ejercicio y que varía si se altera cualquiera de los supuestos considerados (objetivo de la plantación, productividad, precios, rendimientos). Pese a esto, y frente a la gran superficie potencial para ser forestada con Castaño, se considera interesante la inversión con plantaciones de esta especie.

10. ARBORICULTURA

V. Loewe, M. González.

La arboricultura es una técnica que permite diversificar tanto el sector forestal como el sector agrícola, centrada en algunas latifoliadas llamadas "nobles" o menores porque generalmente no forman bosques puros. Su empleo cumple objetivos económicos, estéticos y ambientales, generando múltiples productos que constituyen una opción de diversificación aplicable a pequeños, medianos y grandes propietarios o empresas.

La arboricultura se dedica al cultivo temporal de árboles individuales o de un conjunto de árboles para producir madera de ciertas características. Esta disciplina se caracteriza por técnicas culturales repentinas, racionales, fundadas sobre bases económicas, ecológicas, agronómicas y/o silviculturales (Loewe, 2003).

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

La arboricultura de cantidad busca producir grandes volúmenes de madera de determinadas características dimensionales, en periodos breves, sin prestar mucha atención a la calidad estética y tecnológica de la madera producida. El elemento base de referencia es el conjunto de árboles. Se aplica con especies como Álamo, Eucalipto y Pino.

La arboricultura de calidad busca producir, en periodos relativamente breves, madera con determinadas características dimensionales, estéticas y tecnológicas que permitan su colocación en los segmentos altos del mercado. El elemento base de referencia es cada árbol individual de la(s) especie(s) principal(es), debido a que la mayor parte del ingreso depende de la calidad de cada individuo con relación a un objetivo específico, en general asociado a productos lo más rentable posible para la(s) especie(s) seleccionada(s).

A diferencia de lo anterior, la silvicultura se describe como la ciencia que estudia las relaciones entre los 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 fitocenosis¹⁷ forestales, asegurando al hombre la perpetuidad de los múltiples servicios que se pueden obtener de su uso racional.

La silvicultura y la arboricultura de calidad 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 la Figura N° 94.

17. Comunidad de plantas que habita un biotopo o localidad particular.

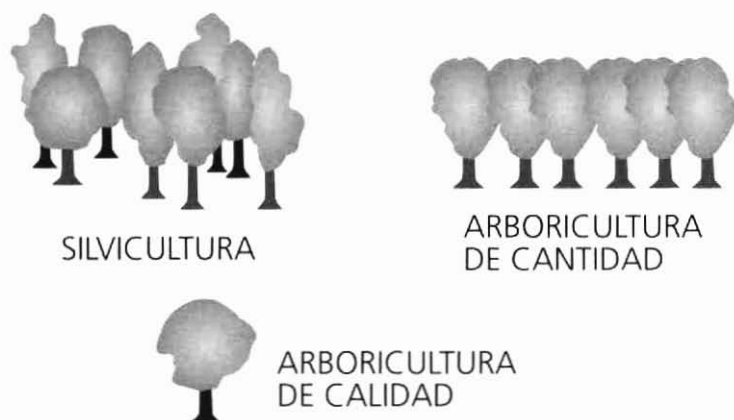


Figura N° 94. Esquema de diferenciación de la silvicultura, arboricultura de cantidad y arboricultura de calidad

Fuente: Buresti y Frattegiani (1995a)

Existen seis principios generales que caracterizan la arboricultura, y que pueden ser sintetizados de la siguiente forma (Loewe, 2003):

1. **Temporalidad y reversibilidad del cultivo:** la temporalidad es una de las peculiaridades distintivas de la arboricultura; las plantaciones se caracterizan por ocupar el terreno exclusivamente durante el ciclo productivo (Mercurio, 1988), terminado el cual el terreno podría destinarse a otro cultivo o uso, no necesariamente forestal. En este sentido las plantaciones de arboricultura podrían asimilarse a cualquier cultivo agrícola (Buresti y Frattegiani, 1995a).
2. **Objetivo productivo:** las plantaciones de arboricultura, aún cuando generan beneficios adicionales relacionados a la presencia de una plantación o de determinadas especies, se realizan con el objetivo principal de producir madera, por lo que 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 porque depende de muchas 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 por disponibilidad de nueva maquinaria para la transformación de la madera, fluctuaciones de precios de los mercados.
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.
5. **Complementariedad de funciones:** aunque se trata de plantaciones con objetivo preferentemente productivo, también desarrollan una serie de

funciones complementarias tanto en términos privados como sociales. En muchos casos las ventajas derivadas de las funciones complementarias son muy importantes porque generan ingresos anticipados respecto a la producción principal, lo que ayuda a reducir los costos de operación.

6. **Compatibilidad ecológica:** se debe intervenir minimizando el impacto ambiental (Buresti, 1994), maximizando la autosuficiencia de la plantación, y disminuyendo los inputs externos (Buresti y Frattegiani, 1995a).

Existen tres tipos de arboricultura en función del aporte energético externo, que corresponden a:

- **Arboricultura extensiva:** generalmente se trata de arboricultura de cantidad. El aporte energético externo se reduce al mínimo necesario para el éxito de la plantación, que normalmente consiste en el establecimiento mismo, el replante necesario por la mortalidad, y las limpiezas localizadas durante los primeros años.
- **Arboricultura semi extensiva:** la arboricultura de cantidad y la de alto valor pueden ser semi extensivas si existe un bajo aporte energético, limitado a las actividades necesarias para el éxito de la plantación, mayores que en la extensiva y menores que en la intensiva.
- **Arboricultura intensiva:** la arboricultura de cantidad y de alto valor pueden considerarse intensivas si hay un elevado aporte energético externo, superior a las actividades estrictamente necesarias para el éxito de la plantación. Tal aporte puede corresponder a remociones del terreno, fertilizaciones, riego, etc.

La arboricultura tiene dos características que muestran su peculiaridad:

- No existen recetas de modelos de cultivo y de manejo preestablecidos, por lo que debe basarse en las características de cada proyecto en particular.
- No existen modelos previos dados la gran variedad de situaciones de sitio, de especies y de técnicas culturales, por lo que no es posible definir a priori la evolución de una plantación, sino solo estimarla.

Las plantaciones de arboricultura factibles de realizar son:

1. **Plantaciones puras:** formadas por la especie principal seleccionada.
2. **Plantaciones mixtas:** pueden estar constituidas por varias especies principales y por varias secundarias, arbóreas o arbustivas.
3. **Plantaciones en hilera:** producción de madera en hileras alrededor de campos, caminos, calles o huertos, utilizándose mejor el espacio disponible, complementando las posibilidades de ingreso.

4. **Producción de maderas finas en cortinas cortaviento:** producción de madera fina adicionalmente a la protección de la cortina.

El Castaño en general en Europa no se considera como una especie utilizable en plantaciones especializadas para producir madera de alto valor mediante la técnica de la arboricultura; de hecho autores como Mercurio y Minotta (2000) ni siquiera la mencionan dentro de las especies potenciales.

Esto no se debe a características propias de la especie, sino que a la tradición de su uso y al ser considerada como especie con madera de alto valor, pero no noble. De hecho, algunas leyes de gobiernos regionales italianos, como la Toscana, la incluyen en el Plano de Desarrollo Rural, "Forestación de superficies agrícolas" (Art. 31 del Reglamento UE N° 1257/99, medida H) que regula los subsidios a la forestación con especies latifoliadas de alto valor, como una especie latifoliada de rotación no breve (Buresti y Mori, 2003).

En Italia se considera que los bosques de Castaño pueden ser, en base a la evolución futura del cultivo del Castaño (castanicultura) (Tagliaferri *et al.*, 2002):

- Mantenidos como tales;
- Reconvertidos en huertos para fruta;
- Reestructurados como plantaciones especializadas en madera de calidad;
- Cortados y manejados como monte bajo;
- Asociados con otras latifoliadas;
- Transformados en bosques mixtos de latifoliadas y coníferas.

Buresti y Mori (2003) indican que Castaño puede producir trozas para foliado y aserrado de óptima calidad; madera aserrada de muy buena calidad; biomasa industrial buena, y biomasa energética de calidad media. Dentro de los productos no madereros se le asocian fauna silvestre, miel (la especie pertenece a la clase de néctar 2 (26-50 kg/ha) y produce polen de calidad media), fruta, y productos medicinales.

10.1 Manejo de Plantaciones Forestales Mixtas

Generalidades

Las plantaciones mixtas se caracterizan por el cultivo simultáneo de dos o más especies en la misma superficie. Corresponden a modelos que asocian especies principales que generan productos de alto valor al final de la rotación (madera aserrada y foliada), posibles de exportarse a mercados exigentes, y especies secundarias o acompañantes que generan 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 (Buresti y De Meo, 1998; Loewe y González, 2006).

Las dos categorías no son rígidas; de hecho una especie principal puede comportarse al mismo tiempo como especie de acompañamiento con respecto a otra. Este es el caso de dos especies con diferente arquitectura del aparato radicular y aéreo, con distintas exigencias en elementos nutritivos y con diferentes ritmos de crecimiento. También puede ocurrir que una especie secundaria se convierta en la principal fuente de ingreso de la plantación si la especie principal no cumple los objetivos fijados (*Op. cit.*).

Las plantaciones mixtas, si se realizan adecuadamente, permiten diversificar la producción, disminuir los riesgos fitosanitarios, facilitar las intervenciones culturales (sobretudo podas y limpias), mejorar la calidad de la madera, mejorar el paisaje y aumentar la productividad (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 a 70% respecto a las plantaciones puras de la especie.

Ventajas de las plantaciones mixtas

Wormald (1992), Buresti y Frattegiani (1995a), Loewe (1999) y Paris *et al.* (1999) mencionan las ventajas de las plantaciones mixtas:

- **Sustentabilidad ambiental:** se verifica un incremento de la fertilidad del suelo, especialmente en mezclas que incluyen árboles fijadores de nitrógeno. La sustentabilidad ambiental se ve favorecida por la mayor complejidad ecológica y la reducción de aportes energéticos. En general, se observa una mayor estabilidad del sistema, debido a la riqueza de las especies vegetales y animales presentes, que confieren a la plantación una mayor complejidad y capacidad de resistir perturbaciones externas.
- **Diversificación de la producción:** es posible obtener madera de varias especies en rotaciones similares o diferentes; también se pueden usar especies que producen leña, miel, frutos y otros productos adicionales, dado que una plantación mixta puede entregar varios productos madereros (madera aserrada, foliada, leña, etc.) y no madereros (frutos, miel, hongos, etc.).
- **Reducción de riesgos:** una asociación presenta menos riesgos asociados a la incertidumbre económica, a variaciones de los mercados y a la duración de los ciclos de cultivo. Además, la presencia de varias especies en una plantación limita la propagación e intensidad de ataques de plagas y enfermedades, aumenta la resistencia a enfermedades y limita la difusión de patógenos. Daños por heladas, viento o sequía pueden afectar sólo a algunas especies, atenuando los daños de perturbaciones externas. En resumen, se reducen los riesgos bióticos y abióticos.
- **Aumento de la producción:** a través de asociaciones particulares, o del uso de especies que ayudan a mejorar el sitio (como las especies fijadoras de nitrógeno o las que mejoran el microclima). Se logra una mejor utilización de

la luz, del agua y de los nutrientes si las especies asociadas tienen diferentes aparatos radiculares, conformaciones de copa y exigencias nutricionales, reduciéndose la competencia y aumentando el vigor de los individuos en comparación a una plantación pura de igual densidad.

- **Mejoramiento de la calidad de la madera:** con asociaciones apropiadas se puede producir fustes grandes con ramas delgadas, con una calidad de la madera superior a la obtenida en plantaciones puras.
- **Simplificación de algunas técnicas de cultivo:** usando mezclas apropiadas puede reducirse la cantidad e intensidad de podas, e incluso eliminar o reducir las limpiezas empleando arbustos o plantas que cubren el suelo.
- **Mejoramiento estético:** una población mixta es más hermosa y favorece la presencia de fauna silvestre, lo que embellece el paisaje, aumenta la riqueza florística del sotobosque y posibilita la creación de nichos y fuentes de alimento para ciertos animales.

Tipos de plantaciones mixtas

Las plantaciones mixtas pueden realizarse con diferentes disposiciones espaciales (Buresti y Frattegiani, 1995b):

- **Plantaciones en grupo:** constituidas por núcleos puros o monoespecíficos, en los cuales el efecto de la asociación se expresa en forma más marcada en los bordes de los grupos, y en forma limitada dentro de ellos. Su ventaja es que los esquemas de plantación son más simples y pueden adoptarse distanciamientos menores, seleccionando dentro de cada grupo. Se emplean si existen condiciones de sitio diferenciadas en el área.
- **Plantaciones en hilera:** se caracterizan por hileras puras, donde cada hilera puede tener al lado hileras de la misma especie o de otras especies. Tiene un mayor efecto lateral y permite la selección de los mejores individuos dentro de cada hilera. Si se usan especies de rotaciones distintas, este esquema facilita la cosecha.
- **Asociaciones a nivel de árbol individual o pie a pie:** cada planta puede estar rodeada de especies distintas según un esquema simétrico y repetitivo. Esta tipología maximiza el efecto de la asociación. Si las especies tienen rotaciones distintas es muy importante estudiar detenidamente el esquema de plantación, para facilitar la cosecha y extracción.

Plantaciones mixtas de Castaño en Europa

En Europa en general, y en Italia en particular, Castaño se usa poco en plantaciones de arboricultura; el costo de las plantas para dicho fin es de Euro 6,9/unidad (Minotta, 2003).

En Italia se encuentra en plantaciones para fruta bastante abandonadas, y en bosques mixtos con otras latifoliadas (Montagna y Lassini, 1989).

Las coníferas son buenas especies acompañantes para Castaño. Destacan *Pinus pinaster* en Galicia, *Pinus sylvestris* y *Pinus nigra* spp. *corsicana* en zonas de montaña, descartándose el Pino radiata por su ritmo de crecimiento muy superior (Álvarez et al., 2000). No obstante lo anterior, existen en Chile buenos ejemplos de que la afirmación anterior no es cierta al menos en este país, ya que ambas especies presentan un ritmo elevado de crecimiento, y compatible entre sí (Siebert, 2005¹⁸).

Entre las especies que en Portugal se aconseja probar para asociar con Castaño se citan *Pinus pinaster*, *Pinus nigra*, *Pinus sylvestris*, *Pseudotsuga menziesii* y *Cedro atlantica*; y en Francia se ve factible la mezcla con *Pinus pinaster* y *Pinus nigra* ssp. *corsicana* (Álvarez et al., 2000).

En Europa, la colonización de huertos de Castaño abandonados ha llevado a la formación de bosques mixtos, sobretudo cerca de cursos de agua, principalmente con las especies de ribera *Salix capreae* y *Populus nigra*, y las colonizadoras *Fraxinus ornus* y *Acer campestre* (Becagli, 2004).

También se ha constatado que las plantaciones mixtas facilitan la poda de formación de los individuos, debido a la reducción del vigor de las ramas, que presentan un diámetro inferior, facilitando la poda y reduciendo los nudos que dejan en la madera (Clark y Seidel, 1961; Falcioni, 2000; Loewe, 2000). Por ello se recomienda establecer las plantaciones orientadas a producir madera de alto valor en forma asociada a otras especies principales y secundarias, para facilitar su cultivo, especialmente la poda.

10.1.1 Diseño y disposición de plantaciones

Entre las principales especies acompañantes utilizadas en plantaciones mixtas con Castaño en la IX región de La Araucanía y X región de Los Lagos se encuentran las siguientes asociaciones (Loewe y González, 2006):

- Pino oregón - Ciprés - Castaño - Aromo australiano.
- Encino - Castaño - Arce - Avellano - Aromo australiano.
- Ciprés - Castaño.
- Encino - Castaño (Figura N° 95).

A modo experimental se han establecido plantaciones mixtas con Castaño con una disposición pie a pie o de árbol individual, mezclando especies como:

- Nogal negro- Castaño - Liquidambar - Fresno (Figuras N° 96 y N° 97)
- Castaño - Cerezo - Raulí

18. Herbert Siebert. 2005. Ingeniero Forestal. Profesor Universidad Austral de Chile. Consultor Forestal. Comunicación personal.

La mayoría de estas plantaciones se han establecido en hileras mono y multiespecíficas. Siebert (2006) recomienda, que de preferencia estas asociaciones se debieran establecer en sitios frescos con un espaciamiento de 3,4 m entre hileras y 1,8 m sobre la hilera y densidad de 1.600 arb/ha. Una vez cerradas las copas, es recomendable incorporar entre hileras alguna(s) especie(s) tolerante(s), unos 500 arb/ha (de preferencia Laurel, Tapa u Olivillo). Estas siempreverdes formarán el estrato intermedio, que mantendrá los fustes de Encino y Castaño libres de brotes epicórmicos (producción de madera libre de nudos), y no competirán por el espacio de desarrollo de copa con las dos especies principales.



Figura N° 95. Masa mixta de *Quercus robur* y Castaño de 18 años.

Fundo Miraflores, Lanco

Fuente: Siebert y Loewe, 2002



Figura N° 96. Plantación mixta Ensayo Renaico de 8 años en invierno



Figura N° 97. Plantación mixta Ensayo Renaico de 8 años en verano

El mismo autor señala que el Castaño puede enriquecer formaciones pioneras nativas de Radal, Notro, y/o Maqui, en claros con especies intolerantes o semitolerantes a la sombra. Para este enriquecimiento pueden considerarse especies intolerantes como Roble o Raulí, o las introducidas Encino o Castaño, o semitolerantes como el Pino oregón, o Aromo australiano (blackwood). Basado en la experiencia se recomienda densidades de 400 a 600 arb/ha. Las especies introducidas en estas formaciones se desarrollan muy bien, por cuanto las pioneras ya les han preparado el sitio. Además estas especies enriquecidas irán creando las condiciones y el dosel para fomentar el establecimiento de tolerantes naturales, que formarán el estrato intermedio de la masa.

10.1.2 Poda

La poda es una de las técnicas de cultivo de mayor importancia en plantaciones para producir madera de alto valor, ya que define su calidad, y determina el valor y los mercados en que podrá comercializarse.

Para producir madera de calidad con rentabilidad elevada, se deben tener como objetivo las trozas para foliado, que corresponden a la mejor calidad, y cuyas dimensiones mínimas actualmente corresponden a 3 m de largo y 40 cm de diámetro, con un cilindro central nudoso de 10-12 cm. Considere que el largo mínimo de troza es 2,20 - 2,50 m, pero al aumentar éste el valor de la troza aumenta en forma más que proporcional; lo mismo se verifica con el diámetro (Loewe, 2002).

Sin embargo, en la práctica no es raro encontrar trozas de excelentes dimensiones con decoloraciones (manchas negras) o defectos internos que las deprecian fuertemente. Parte importante de esos defectos se origina en las técnicas de poda empleadas. Por ello hay que considerar que la poda es una técnica imprescindible cuando se decide ingresar al mercado de la madera de calidad y alto valor, y que los costos a ella asociados corresponden a una inversión.

Hay cuatro preguntas relevantes: cuándo, qué, cómo y cuánto cortar, lo que depende del objetivo, y está determinado por el conocimiento del podador sobre la poda y sobre la especie con que trabaja.

¿Cuándo podar?

La mejor época para podar corresponde al invierno. No hay que podar cuando las hojas están brotando ni cuando están cayendo (Shigo, 1986).

¿Qué, cómo y cuánto podar?

Debido a que el Castaño en Chile presenta una marcada variabilidad genética, la compra de plantas de buenas características no asegura una adecuada forma de los árboles de la plantación. Por esto, durante los primeros años es indispensable formar los individuos, para que sea posible la obtención de madera de calidad.

La poda se define por el tipo de productos deseados. Si se privilegia la madera de calidad para el aserrío o foliado, el árbol se debe manejar para obtener un fuste recto, sin ramas y con crecimiento regular (anillos de crecimiento de anchos regulares).

El proceso de poda debe hacerse de la siguiente manera:

1. Cada árbol debe observarse desde todos los ángulos, para tener una apreciación global de su situación; la observación desde sólo un punto induce serios errores en la poda.
2. Luego se establece el tipo de dominancia apical del individuo (elevada, media, baja o nula), ya que cada categoría requiere de una poda diferente. Si un individuo no presenta dominancia apical marcada, la poda de formación es necesaria para asegurar la formación de troncos rectos sin nudos (Crawford, 1996).
3. Se define el ápice y eliminan las ramas según el tipo de poda seleccionada, privilegiando la rectitud del eje y el balance del árbol; en general esta fase se desarrolla junto con la ejecución de la poda.

Para asegurar la buena cicatrización y evitar la entrada de patógenos por la herida de poda, esta se debe realizar cuidando que el corte se realice tan cerca como sea

posible al cuello de la rama (Figura N° 98). La forma adecuada es comenzar por eliminar la rama, para evitar el desgarramiento de la corteza, realizando entonces el corte final. No deben quedar muñones y nunca hay que eliminar el cuello, ni cortar por detrás de la arruga de la corteza de la rama, donde puede sobresalir en el interior de la horcadura de la rama. Finalmente, no se deben pintar las heridas (Shigo, 1994).

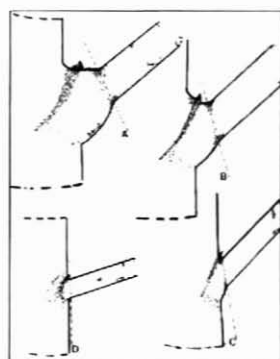


Figura N° 98. Anillos cicatriciales y ángulos de corte: una poda correcta de una rama viva se logra con un corte apegado al anillo cicatricial, pero sin dañarlo. No existe un ángulo definido para una poda correcta. Los cortes A, B, C y D son todos correctos, y corresponden a la conformación de especies distintas.

Fuente: Shigo (1997)

Cuando se realizan cortes correctos (AB) (Figura N° 99), en la temporada siguiente se formará sobre el corte un círculo completo de callo. Cuando los cortes eliminan el cuello en sentido vertical (CD) el callo sólo se formará en los lados. Cuando los cortes son muy cercanos a la parte inferior (AD) o a la superior (CB) se formarán anillos rotos de callo. Si se desean cavidades para pájaros y animales menores, se deben realizar cortes de AD; se formará rápidamente una cavidad debajo del corte, lo que puede ser bueno para la vida silvestre, pero perjudicial para los árboles (*Op. cit.*).

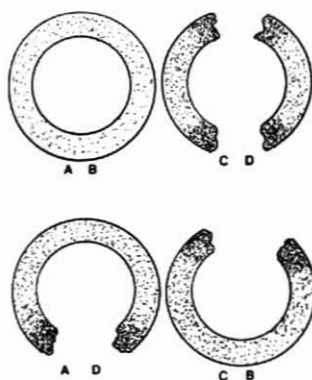


Figura N° 99. Modelos de formación del callo después de la poda, según el tipo de corte efectuado

Fuente: Shigo (1994)

Para la producción de madera de la mejor calidad bajo esquemas de arboricultura, se recomienda aplicar una poda de formación seguida de podas paulatinas de levante. La poda de formación más recomendable en este caso corresponde a:

Poda de formación iterativa

Esta técnica resulta apropiada para Castaño, y se basa en que el árbol asume estructuras arquitectónicas diferentes según las condiciones de crecimiento. El Castaño replica o itera su estructura en cada ciclo vegetativo, y dicha iteración puede condicionarse por la presencia o ausencia de las ramas ubicadas en la zona en que se inicia el crecimiento apical de cada año, las que forman la "corona", comportándose mejor si se sacan las ramas allí ubicadas (Loewe, 2002).

Si se dejan esas ramas la planta produce una flecha y pocas ramas en la sección del año anterior; esas ramas, especialmente las que están cerca del ápice, se engruesan mucho, provocando un estrechamiento de la parte superior (*Op. cit.*). Si la corona se elimina, el crecimiento del año se desarrolla sin ramas; en el crecimiento del año anterior en cambio se desarrollan muchas ramas pequeñas que pueden crecer bien gracias a la ausencia de la corona.

La poda iterativa replica esta situación, obteniéndose una flecha del año larga y sin ramas, seguida por el crecimiento del año anterior con muchas ramas pequeñas.

La ejecución de la poda iterativa considera las siguientes actividades (Loewe, 2002):

1. Primer año, preparación de la planta: para establecer esta estructura se requieren plantas con buen crecimiento y no "cubiertas" de ramas, por lo que la primera intervención variará según las condiciones iniciales de la planta. Si el tallo es recto, en invierno se eliminan todas las ramas; si la planta es defectuosa y no parece recuperable, se corta en la base para obtener el año siguiente un rebrote vigoroso.
2. Verano del primer año: se pueden encontrar diferentes situaciones. Si anteriormente se eliminaron todas las ramas, la planta presentará un buen crecimiento del año y numerosas ramas chicas (de diámetro y de largo). Se deben eliminar las ramas que conforman la corona, así como aquellas muy verticales. Si se cortó la planta entera abajo, se selecciona el rebrote más vigoroso.
3. Verano del segundo año: la planta ya ha formado la estructura arquitectónica base a iterar, con el crecimiento del año sin ramas, el de dos años con muchas ramas pequeñas de un año y el de tres años con ramas de dos años que empiezan a engrosar. Nuevamente se elimina la corona para que al año siguiente esa porción se cubra de ramas pequeñas. Debe decidirse si eliminar todas las ramas de dos años, o si parecen poco vigorosas, dejarlas hasta el año siguiente. Si se cortó la planta en la base, se elimina la corona y las ramas muy verticales.

4. Verano del tercer año y sucesivos: desde el tercer año la estructura de la planta se presenta igual, independientemente del punto de partida. Las intervenciones a efectuar consideran siempre la eliminación de la corona y las muy verticales, y si es necesario, todas las ramas en la parte del tronco que tiene tres años; este grupo de ramas permite al arboricultor influenciar el desarrollo de las ramas superiores y del ápice, así como la estabilidad y la solidez del tronco.

Cuando se aplica esta poda generalmente no se necesitan tutores, sino que a veces coligues para enderezar o guiar la flecha del año. Es relativamente fácil de ejecutar, incluso en individuos vigorosos, y se aprende en poco tiempo.

Debido al vigor que presenta Castaño en Chile, es recomendable hacer un repaso de esta poda en invierno, eliminando la corona si es que se ha formado nuevamente.

Paralelamente, cada vez que se realiza una poda de formación o de levante, se debe hacer un desyeme en la primavera del mismo año, que consiste en eliminar manualmente las yemas que se han generado alrededor de la herida de poda, las que originan brotes epicórmicos que son muy vigorosos. Esta actividad es fácil y rápida de realizar y no deja rastros en la madera, valorizándola notablemente (Loewe *et al.*, 1994).

Poda de levante

Adicionalmente a la poda de formación se deben realizar podas de levante de copa, no antes de los 2 ó 3 años de edad, o en la porción en que los árboles tienen unos 8-10 cm de diámetro (para que el cilindro central nudoso no supere los 10-12 cm de diámetro).

En la mayoría de las especies latifoliadas para tener una compartimentalización rápida y mínimas alteraciones cromáticas de la madera, el diámetro máximo de las ramas cortadas debe ser de 3 cm (Falcioni y Brunori, 1997).

La escuela italiana postula que la altura de levante de copa no debe superar $1/3$ de la altura total en árboles aislados y $1/2$ para árboles en grupos (Buresti, 1993a). La escuela francesa propone determinar la altura del levante sobre la base del diámetro y no según la altura del árbol, cortándose todas las ramas situadas en la zona del fuste que tiene entre 10 y 15 cm de diámetro, y aquellas de mayor diámetro en las porciones en que el fuste presenta un diámetro inferior a 10 cm.

Si se extrae una rama gruesa, su peso primero debe ser reducido para evitar desganches; esto se hace cortándola a 35-50 cm del tronco desde debajo hacia arriba; luego se hace un segundo corte desde arriba, apegado al anillo cicatricial.

Poda de salvataje

Son podas que se efectúan para recuperar individuos que de otra forma no hubieran tenido destino maderero alguno, por causa del abandono o aplicación de técnicas no adecuadas (Buresti y De Meo, 1998).

Es importante evitar cortar ramas con diámetros sobre 4-5 cm. Por ello uno de los tipos de poda de salvataje es el plegado de las ramas muy desarrolladas no eliminadas oportunamente, para reducir su vigor y potenciar el desarrollo del ápice, manteniendo una copa apropiada pero evitando su engrosamiento, las que se eliminan en el invierno sucesivo. El plegado de las ramas funciona bien y se recomienda en individuos con pocas ramas gruesas, caso en que su eliminación comportaría una reducción excesiva de la capacidad fotosintética de la planta.

En estos casos se recomienda plegar y amarrar las ramas gruesas hacia abajo, como se realiza en fruticultura. Desde el punto de vista técnico, esta práctica resulta ser eficiente, sin embargo desde el punto de vista económico, representa un gasto notable en mano de obra cuando se aplica en grandes superficies (Barone *et al.*, 1997), pero es la única alternativa para salvar plantaciones enteras.

Cuando la forma de los árboles no permite un destino maderero alguno, es siempre posible recepar o cortar los árboles a la base para reconstruirlos. Esta corta se debe efectuar en invierno, y en primavera, algunas semanas más tarde, se selecciona el brote más vigoroso, que normalmente presenta buena forma y un ritmo de crecimiento interesante, pudiendo alcanzar en el primer periodo de crecimiento 0,8 - 1,5 m de largo.

Herramientas

En arboricultura el objetivo de la poda es obtener un tronco recto y sin nudos. Cortar ramas inevitablemente significa exponer al aire y a enfermedades madera sin protección. La planta tratará de aislar desde el interior la herida (es decir, compartimentalizarla) y después, con el tiempo, de cubrirla desde el exterior con un callo de cicatrización. Para lograrlo, hay que efectuar cortes que permitan una cicatrización en el menor tiempo posible.

- **Tijeras de poda:** cuando se usan tijeras de poda (podan ramas de hasta 2,5 - 3,0 cm de diámetro en especies con madera no demasiado dura) se debe ubicar la tijera desde arriba, con el lado afilado apegado al tronco; si la rama está muy inclinada, la posición correcta es poner la tijera de lado, siempre dejando la parte afilada en la zona más cercana al fuste (Bidini y Casini, 2000a). Existen numerosos modelos y marcas de tijeras, de las cuales la mayoría se activa en forma mecánica, aunque hay algunas eléctricas o hidráulicas (Baldini *et al.*, 1997).
- **Tijerones:** permiten el corte de ramas de entre 3 y 5 cm de diámetro, ubicadas hasta 2,5 m de altura; por servir para ramas pequeñas y grandes es una de

las herramientas más versátiles. Los tijerones se deben ubicar de modo que el lado afilado quede lo más cercano al tronco, cuidando de no tocar el anillo cicatricial (Bidini y Casini, 2000b).

- **Serruchos:** son necesarios cuando el diámetro de la rama supera 5 cm, o cuando la posición de la rama impide el uso de otras herramientas. Se recomienda el uso de serruchos con dos filas de dientes (y en lo posible una tercera interna), ya que los que poseen solo una originan cortes irregulares, más expuestas a agentes externos (patologías, coloraciones no deseadas de la madera, etc.) (Bidini y Casini, 2000c).

El uso del serrucho en ramas gruesas debe considerar un primer corte poco profundo desde abajo, para evitar la rajadura y descortezado debido al peso de la rama, que la hace caer antes de que el corte haya terminado. El segundo corte se hace desde arriba, cuidando que se corte al mismo nivel por ambos lados.

- **Instrumentos con mango:** las ramas ubicadas sobre los 2 m requieren el empleo de escaleras, o el uso de instrumentos con mango, o tijeras telescópicas, que permiten intervenir con menor riesgo y costo (Baldini *et al.*, 1997; Bidini y Casini, 2000d). Existen varios tipos de herramientas de esta categoría, comandados por cuerdas, piezas metálicas o por cintas; en algunos casos se puede regular la inclinación de la cabeza del instrumento para facilitar la faena.

10.1.3 Mantención del cuello de la planta a nivel del suelo

El cuello de una planta corresponde al punto en que terminan las raíces y comienza el tallo, y presenta un tejido más irregular y rugoso que el fuste, por una mayor conicidad, y por su sensibilidad fisiológica (Loewe, 2002).

Al momento de plantar el cuello de la planta debe quedar a ras del suelo, no cubierto (Denci *et al.*, 1982). Esto es muy importante, pues si se cubre el cuello el desarrollo de la planta se atrasa por varios años, a razón de un año por cada centímetro cubierto en el caso de algunas especies estudiadas, como Nogal común (Loewe y González, 2001). Los cuellos cubiertos provocan la emisión de brotes adventicios, y un retardo significativo del crecimiento.

Este efecto ha sido observado en varias especies latifoliadas, entre ellas Castaño (Figura N° 100).

Después de la plantación, cuando el suelo se ha secado, se debe recorrer la plantación para verificar que los árboles no se hayan enterrado con la estabilización del terreno. De ser así, se deben levantar los árboles tirándolos suavemente para que queden con el cuello a nivel del suelo y, finalmente, apretar el terreno alrededor para fijar esta posición (Sibbett *et al.*, 1980).



**Figura N° 100. Efecto del cuello enterrado en el caso de Castaño.
Nótese la cantidad de brotes laterales emitidos debido a este fenómeno**

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

10.1.4 Raleos

Si se realizan plantaciones densas deben aplicarse raleos cuando las copas empiezan a toparse; por ello es importante, en la fase de diseño, evaluar la disponibilidad del propietario de efectuar raleos repentinos, y si hubiese dudas al respecto se aconseja adoptar distancias de plantación mayores, aunque se requiera de un mayor número de limpiezas y otras actividades.

En arboricultura se emplea un tipo de raleo denominado raleo geométrico, que corresponde a un raleo sistemático sobre las diagonales, ideado para lograr una disminución de la densidad gradual y progresiva, y para obtener un desarrollo simétrico de los individuos, ya que si las copas de los árboles son irregulares, también los fustes van a tener una forma irregular (Berti, 2004¹⁹).

No obstante lo anterior, este tipo de raleo tiene el inconveniente de eliminar no sólo la mitad peor de los individuos, sino que también la mitad mejor.

Loewe y González (2006) indican que si se aplica un raleo geométrico en una plantación pura, el distanciamiento después del raleo en filas diagonales será de:

$$B = b \times 2, A = \sqrt{a^2 + b^2}$$

En que:

A= distanciamiento nuevo entre hileras

B= distanciamiento nuevo sobre la hilera

19. Stefano Berti. 2004. Investigador del Istituto per la Valorizzazione del Legno e delle Specie Arboree - (IVALSA-CNR). Italia. berti@ivalsa.cnr.it. Comunicación personal.

a= distanciamiento original entre hileras
 b= distanciamiento original sobre la hilera

Si se trabaja con plantaciones mixtas, los raleos tienen diferentes objetivos: disminuir la densidad, y garantizar porcentajes de mezcla y maximizar el incremento en valor, liberando el árbol futuro de competidores indeseados, concentrando el incremento en estos candidatos.

La producción de madera de calidad en plantaciones mixtas bajo la técnica de la arboricultura permite reducir el número de raleos, evitando anchos irregulares de los anillos de crecimiento, para obtener un producto final lo más homogéneo posible.

En este caso, y considerando que el distanciamiento inicial de plantación es:

$$d = \frac{\sqrt{10.000}}{N/ha}$$

El distanciamiento después del raleo en filas diagonales corresponde a:

$$D = \sqrt{d^2 + d^2}$$

Donde d = distancia de plantación

10.2 Manejo Frutoforestal

Para obtener fruto y madera, se debe planificar el manejo de la plantación desde el establecimiento hasta la cosecha, considerando podas de formación, las que se realizan para favorecer la dominancia apical del individuo joven; podas de levante de copa, para obtener madera libre de nudos a una altura comercial; y podas frutales, orientadas a mantener el vigor de la copa para lograr altos rendimientos de castañas.

Sin embargo, las intervenciones y periodicidad con que se realizan, dependen de las condiciones de crecimiento, como también del criterio del productor.

Para cultivar especies como Castaño con doble propósito madera - fruto se debe obtener un fuste libre de nudos de 2 - 3 m, y desarrollar una copa importante para producir fruta; para ello la planta debe ser decapitada una vez que se alcanza el largo de troza deseado, de modo de formar una copa apta para la producción frutícola. Ante el despunte del ápice central, el árbol reacciona perdiendo su dominancia apical y desarrollando ramas que formarán el esqueleto de la copa globosa (Buresti, 1993b).

10.2.1 El injerto alto

Si uno de los objetivos es producir madera, no resulta factible el uso de plantas injertadas en la base, ya que este injerto deteriora la calidad de la madera, la que se deprecia significativamente, o incluso no se puede comercializar. Adicionalmente, las variedades frutales han sido seleccionadas por las características del fruto y por su menor vigor vegetativo, para que los árboles, al no ser tan grandes, faciliten la cosecha, aspectos que van en detrimento de la producción de madera de calidad.

Si paralelamente a la producción de madera fina el propietario está interesado en producir fruta de calidad, existe la técnica para realizar injertos altos una vez que se forma la troza, lo que permite establecer una variedad frutícola demandada por el mercado, lo que consecuentemente traerá mayores ingresos al productor. Sin embargo, la aplicación de esta técnica se recomienda sólo en aquellos casos en que se aplica cultivo intensivo, tecnificado, y cuando existe una elevada capacidad de gestión del propietario.

Esta alternativa, por su costo y especialización, es adecuada cuando se establece la plantación a densidad final, que varía desde 8 x 8 m hasta 12 x 12 m.

Existen distintos sistemas para injertar el Castaño, como los injertos de púa (lengüeta e inglés), púa simple, corteza, corona o hendidura y yema.

Hay que considerar que el Castaño no es una especie de fácil injertación (por el uso de técnicas provenientes de semillas híbridas, mala técnica empleada, desconocimiento de las técnicas adecuadas, e incompatibilidad patrón/púa).

Una vez que se desarrolla un fuste maderable adecuado (3 m sin ramas) mediante la aplicación de la poda iterativa, se injerta en altura sobre la copa, ya sea sobre la rama principal (injerto de corona) o sobre las ramas secundarias originadas por el despunte del ápice (injerto de hendidura o yema); esta segunda opción es la más recomendable para producir madera de calidad, ya que los injertos que se efectúan directamente sobre el fuste deterioran la calidad de la futura troza.

El material vegetal a injertar debe corresponder a un brote de un año cosechado en invierno de una variedad frutal de excelencia (tipo marrón).

Una vez que prenden los injertos, se aplican podas de formación de copa y de producción típicas del ámbito de la fruticultura.

10.2.2 Podas

En general en Chile el Castaño crece en forma libre, es decir, no se hacen podas de formación ni de producción. El árbol crece en altura con gran número de ramas, por lo que los centros productores se mantienen en la periferia, creándose zonas improductivas y copas muy sombreadas al centro (Salvatierra, 1990).

El cultivo tradicional de los huertos frutales (sin injertar) consiste en un despunte temprano del ápice para obtener una ramificación rápida (Loewe *et al.*, 1994), una vez que el árbol alcanzó el largo de troza definido como objetivo. A partir de ese punto se forman las ramas que serán las ramas primarias de la copa productiva, las que a su vez se siguen bifurcando, y se manejan con criterios agronómicos, para que entre una cantidad de luz adecuada para la fructificación.

Si se trata de plantaciones especializadas manejadas con la técnica de la arboricultura, se recomienda aplicar la poda iterativa descrita anteriormente, para formar la troza que constituirá el producto forestal de valor, aunque también en este caso puede aplicarse la poda progresiva. Una vez que la copa se forma y desarrolla, se eliminarán paulatinamente las ramas de 1, 2 y 3 años de edad, hasta que queda la troza sin ramas.

Con el objeto de reducir la presencia de nudos en la madera, complementar la poda y eliminar los brotes epicórmicos, se emplea el desyeme, que corresponde a la eliminación manual durante la primavera y verano de los brotes que aparecen en el fuste alrededor de las heridas de poda. El desyeme es fácil y rápido de realizar, y permite obtener individuos con un fuste sin nudos y con copas productivas.

En Chile, en plantaciones experimentales y productivas se ha aplicado la poda de formación progresiva, en invierno y verano, con buenos resultados, así como la poda de formación iterativa, también con buenos resultados.

Para plantaciones de baja densidad y con troncos de no más de 4 m, se puede manejar la copa con fines frutales. La copa frutal ideal es aquella que presenta 3 a 4 ramas con buenos ángulos de inserción (60°), uniformemente distribuidas alrededor del tronco, insertas en diferentes niveles a lo largo de la copa (Goldsbrough, 1990).

Una vez que se ha formado la copa, se deben realizar podas de producción, que consisten en entresacar las ramas más delgadas. Si la copa se expande en forma excesiva, se debe intervenir nuevamente. Es importante destacar que el crecimiento lateral de las ramas debe ser de aproximadamente 30 cm. por año; crecimientos más limitados indican problemas de nutrientes o que la poda fue muy liviana. Finalmente, las ramas gruesas secas pueden podarse para favorecer la brotación de ramas nuevas y reconstituir la copa (D' Ambrosi, 1993).

10.2.3 Raleos

Cuando se trabaja en arboricultura con objetivo frutoforestal, existen a grandes rasgos tres posibilidades:

1. Establecer una plantación tecnificada, con injerto alto, y a densidad final, caso en el cual no se hacen raleos.

2. Establecer una plantación con manejo semi extensivo, sin injertar, a densidad final, caso en el cual tampoco se hacen raleos. En este caso se obtiene la castaña conocida tradicionalmente como "chanchera".

3. Establecer una plantación a densidad mayor que la utilizada tradicionalmente en los huertos, caso en que hay que efectuar raleos que permitan obtener los productos deseados. Al respecto, algunos autores sugieren ralear a los 10 y 20 años, para cosechar a los 30 años (IDF, 1990). Otros autores sugieren una densidad de 1.110 arb/ha, orientado a la producción de madera foliable en una rotación de 30 años, con raleos a los 9 años (no comercial), 16 y 22 años (Loewe *et al.*, 1994).

10.2.4 Productividad frutal

Los árboles de semilla requieren 5 a 8 años para empezar a producir frutos, a diferencia de los injertados, que producen fruta desde el segundo año de la plantación. Se considera como buen rendimiento para esta especie una producción de 14 kg/árbol/año (Saavedra, 1981). Sin embargo, para el caso de una plantación de tipo forestal, con alta densidad y reducida superficie de copa, se ha estimado que la producción comercial de frutos empieza después del primer raleo, a los 10 años, con una producción creciente desde 1 hasta 5 kg/árbol a los 23 años (*Op. cit.*).

La capacidad productiva del Castaño en Europa, según Carlone y Paglietta (1966 *cit.* por Saavedra, 1981) se resume en el Cuadro N° 78.

Cuadro N° 78. Capacidad productiva de Castaños europeos

Edad (años)	Producción/planta (Kg.)		
	Optima	buena	mediana
12-24	15	11	7
25-50	45	30	20
51-100	65	49	27
101-200	65	48	21
201-400	51	37	13

Fuente: Saavedra, 1981.

En Chile, según Sudzuki (1983) se obtienen las producciones indicadas en el Cuadro N° 79. Según esta autora, la producción en plantaciones realizadas con plantas injertadas alcanza las 2 - 4 toneladas, y con buen manejo puede llegar hasta 10 ton/ha. En cambio, según Kiger (1985) la producción media sería de 6 - 7,5 ton/ha. De lo anterior, se desprende que en Chile la especie presenta rendimientos mayores que los promedios europeos, aún con un manejo rústico y sin selección de variedades.

Cuadro N° 79. Producción estimada de castañas en Chile

Edad	Producción castañas (kg./árbol)
5	3
6	4
7	7
8	9
9	10
10	12
11	13
12	15
13	20
14	25

Fuente: Sudzuki, 1983.

10.2.5 Experiencias de investigación en Chile

A continuación se presentan algunos antecedentes de crecimiento de ensayos realizados por el Instituto Forestal en el ámbito del proyecto "Silvicultura de especies no tradicionales, una mayor diversidad productiva", financiado por FIA (Loewe *et al.*, 2003).

- Ensayo Loncoche: durante el año 1994, en la comuna de Loncoche, provincia de Cautín, IX región de La Araucanía, se establecieron dos ensayos mixtos en grupos con Castaño (*Castanea sativa*), Cerezo común (*Prunus avium*) y Raulí (*Nothofagus alpina*), con un diseño de parcelas puras en grupo, con el objetivo de comparar procedencias y espaciamientos de las especies y evaluar su comportamiento; se emplearon distanciamientos de 2 x 2 y 3 x 3 m, no se cuenta con riego.

En los Gráficos N° 22, N° 23 y N° 24 es posible observar la evolución del crecimiento en altura (m), diámetro al cuello (DAC, cm) y diámetro a 1,3 m (DAP, cm) de Castaño. En general su crecimiento en los primeros años fue lento, debido principalmente a que se encontraba en la primera etapa de su desarrollo durante la cual concentra su energía en el establecimiento del sistema radicular; y al tipo de manejo aplicado por el propietario, impactando principalmente la presencia de malezas y los cuellos enterrados durante los primeros años. Ya superada esta fase, que abarcó un total de cinco a seis años, los incrementos aumentaron en forma significativa, tendencia normal, pero cuya duración cambia según las condiciones específicas.

Se observa que el distanciamiento a 3 x 3 m presenta los valores más bajos para las tres variables evaluadas. No se han encontrado diferencias significativas entre las procedencias en estudio.

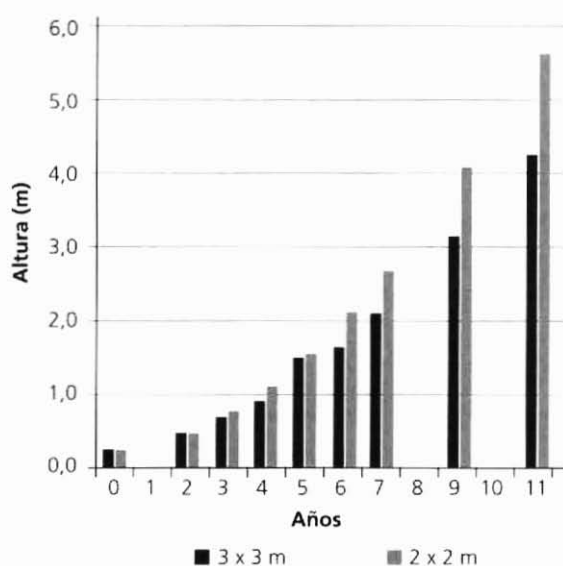


Gráfico N° 22. Crecimiento en altura de ensayo de Castaño, Loncoche, región de La Araucanía

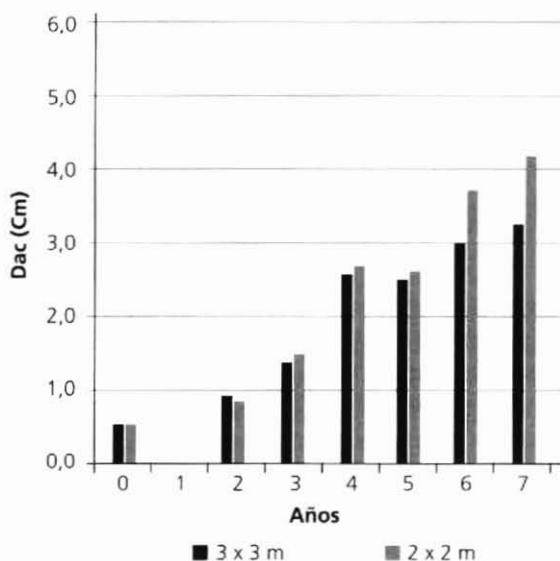


Gráfico N° 23. Crecimiento en DAC de ensayo de Castaño, Loncoche, región de La Araucanía

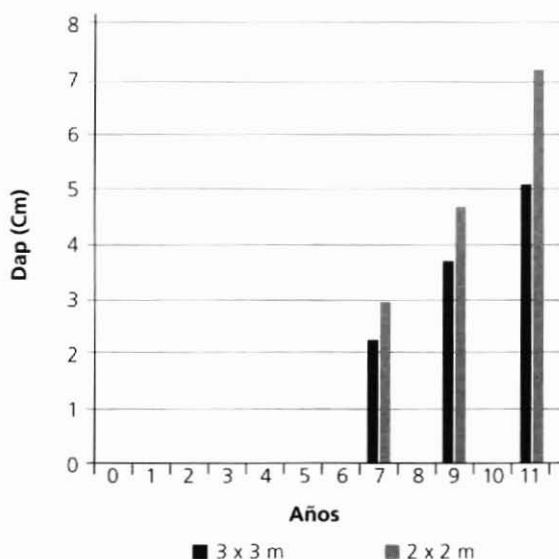


Gráfico N° 24. Crecimiento en DAP de ensayo de Castaño, Loncoche, región de La Araucanía

- **Ensayo Antiquina:** durante el año 1996, en la comuna de Contulmo, provincia de Arauco, VIII región del Bío Bío, se estableció un ensayo mixto con Castaño (*Castanea sativa*), Cerezo común (*Prunus avium*), Nogal común (*Juglans regia*) y Rauli (*Nothofagus alpina*) con un diseño pie a pie, para evaluar las diferentes especies en dicha zona costera, comparar procedencias y espaciamientos y evaluar su comportamiento; se empleó un distanciamiento de 2 x 2 m. No se han efectuado riegos.

En el Gráfico N° 25 se observa la evolución del crecimiento de Castaño para las variables altura (m), DAC (cm) y DAP (cm). En general su crecimiento en los primeros años fue lento, debido principalmente a que se encontraba en la primera etapa de su desarrollo, durante la cual concentra su energía en el establecimiento del sistema radicular; y al tipo de manejo extensivo aplicado, impactando principalmente la presencia de malezas y los cuellos enterrados durante los primeros años. Ya superada esta fase, que abarcó un total de seis años, los incrementos aumentaron en forma significativa.

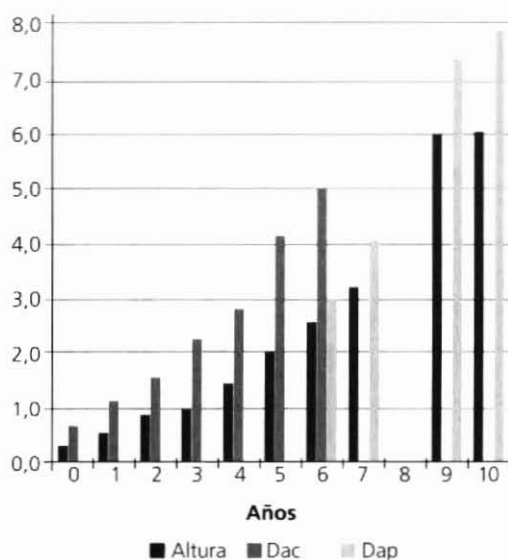


Gráfico N° 25. Crecimiento en altura, DAC y DAP de ensayo de Castaño, Contulmo, región del Bío Bío

- Ensayo Renaico: durante el año 1998, en la comuna de Renaico, provincia de Malleco, IX región de La Araucanía, se estableció un ensayo mixto con Castaño (*Castanea sativa*), Liquidámbar (*Liquidambar styraciflua*), Nogal negro (*Juglans nigra*) y Fresno (*Fraxinus excelsior*) con un diseño pie a pie o árbol individual, para evaluar el efecto de especies de alto valor asociadas en plantación mixta; se empleó un distanciamiento de 3 x 3 m. Esta plantación fue regada ocasionalmente los dos primeros años.

En el Gráfico N° 26 se observa la evolución del crecimiento en altura (m), DAC (cm) y DAP (cm) para Castaño, que presentó un bajo incremento en altura durante 1998 y 1999, a pesar que para el DAC todas las especies presentaron incrementos positivos. No obstante lo anterior, durante la temporada 1999-2000 presentó un incremento notorio, lo que se atribuye a la finalización de la etapa inicial de establecimiento del sistema radicular.

En términos generales, este ensayo ha presentado un buen comportamiento, alcanzando a la fecha homogeneidad entre las cuatro especies. Además se han realizado todas las labores culturales (riego, control de malezas, podas y desyemes) en el periodo indicado y según las recomendaciones técnicas de la arboricultura.

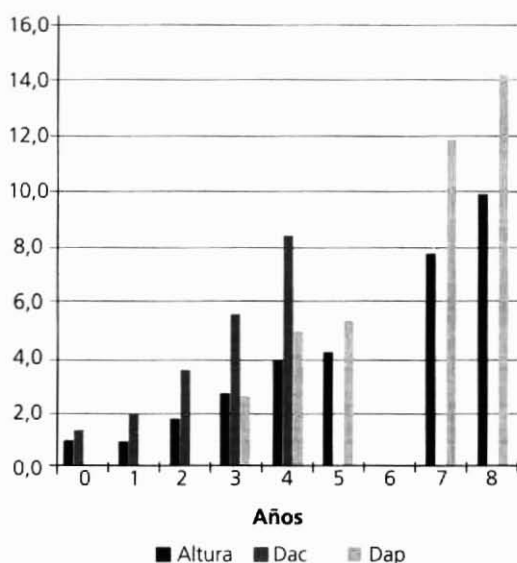


Gráfico N° 26. Crecimiento en altura, DAC y DAP de ensayo de Castaño, Renaico, región de La Araucanía

10.2.6 Análisis de rentabilidad

Con el objetivo de cuantificar el impacto del manejo de una plantación de Castaño en el volumen, calidad de la madera, y resultados económicos, a continuación se presentan evaluaciones de tres estudios de caso. El primero corresponde a Castaño, plantado en forma pura a una densidad de 7 x 7 m, pensando en la producción de fruta y madera y otra solo de madera; el segundo caso corresponde a una plantación de Castaño establecida a una densidad de 3 x 3 m en forma pura pensada en producir fruta y madera y otra solo madera; y el tercer caso corresponde a una plantación mixta de Castaño establecida a una densidad de 3 x 3 m pensada en producir fruta y madera y otra solo madera. El manejo utilizado en ellas, considera las técnicas de manejo de la arboricultura.

El análisis económico considera la aplicación de tecnología media (corresponde a cuidados culturales intensivos durante los primeros años y riego por surco).

A continuación se presenta un resumen de los esquemas de manejo realizado en cada uno de los casos (Cuadro N° 80).

**Cuadro N° 80. Esquema de manejo
considerado en la evaluación económica**

Plantación Pura 7 x 7 m		Plantación Pura 3 x 3 m		Plantación Mixta 3 x 3 m	
Actividad	Año	Actividad	Año	Actividad	Año
Establecimiento:					
Control de malezas pre-plantación subsolado, fertilización, plantación 204 arb/ha (7 x 7 m), cercado	0	Control de malezas pre-plantación, subsolado, fertilización, plantación 1.111 arb/ha (3 x 3 m), cercado	0	Control de malezas pre-plantación, subsolado, fertilización, plantación 1.111 arb/ha (3 x 3 m), cercado	0
Manejo:					
Recepe	1	Recepe	1	Recepe	1
Control de malezas	1 – 12	Control de malezas	1 – 5	Control de malezas	1 – 5
Riego (6 riegos en la temporada)	0 – 3	Riego (6 riegos en la temporada)	0 – 3	Riego (6 riegos en la temporada)	0 – 3
Poda de formación y desyeme	1 – 4	Poda de formación y desyeme	2 – 8	Poda de formación y desyeme	2 – 5
Poda de formación de copa	5				
Poda de levante y desyeme	6	Poda de levante y desyeme	8 al 12 y 14	Poda de levante y desyeme	5 al 8
Desyemes	7				
		Raleo 1 (árboles remanentes 750)	13	Raleo 1 (277 alisos se extraen)	9
		Raleo 2 (árboles remanentes 500)	19	Raleo 2 (277 alisos se extraen)	13
		Raleo 3 (árboles remanentes 250)	25	Raleo 3 (árboles remanentes 250)	17
Cosecha	28	Cosecha	40	Cosecha	27
Incremento anual diamétrico (cm)	1,5	Incremento anual diamétrico (cm)	0,9	Incremento anual diamétrico (cm)	1,4

Dentro de las actividades de manejo requerido al inicio de la plantación, estos esquemas consideran el recepe, que consiste básicamente en cortar la planta a unos 5 – 10 cm del suelo al año de plantación, con el objeto de estimular el desarrollo y vigor de los nuevos brotes que crecerán, y así seleccionar solo al más vigoroso y recto.

La plantación mixta, muy simple, asocia Castaño y Aliso negro (*Alnus glutinosa*), con un 50% de participación de cada especie.

En el Cuadro N° 81 se presenta la distribución porcentual de los productos generados durante la rotación, para los tres casos considerados. En el caso de

las situaciones de alta densidad, los productos fueron obtenidos de acuerdo al simulador de crecimiento SICAS (Simulador de crecimiento de Castaño). Cabe destacar que los productos de mayores dimensiones (P1 y P1A), son productos exportables, por lo que en los costos, se consideraron los correspondientes a envío y transporte internacional de estos productos.

Cuadro N° 81. Distribución porcentual de productos a cosechar en plantaciones de Castaño

Producto	PP 7x7 m	PP 3x3 m	PM 3x3 m
Trozas foliable Exp. (Diám > 40 cm; largo 4 m) (P1)	90	16	16
Trozas aserrable Exp. (Diám > 40 cm; largo 4 m) (P1A)		16	16
Trozas aserrable 1 (Diám > 30 cm; largo 4 m) (P2)	10	16,5	16,5
Trozas aserrable 2 (Diám > 20 cm; largo 2,5 m) (P3)		39,0	39,0
Metros ruma (polines) (Diám > 10 cm; largo 2,5 m) (P4)		11,7	11,7
Leña (Diám > 10 cm; largo 1 m) (P5)		0,8	0,8

Los precios de venta de la madera considerados en las evaluaciones corresponden a: Trozas foliables exportación (P1) \$ 238.095/m³, Trozas aserrables exportación (P1A) \$ 158.730/m³, Trozas aserrables 1 (P2) \$ 76.850/m³, Trozas aserrables 2 (P3) \$ 60.950/m³, Metros ruma (P4) \$ 24.318/m³, y Leña (P5) \$ 10.000/m³, precios conservadores acordes a las tendencias históricas del mercado europeo y nacional.

Para el caso de la situación evaluada que considera la producción frutal, el monto considerado por kg de castaña fue de \$200, valor que corresponde al precio pagado a productor por la castaña "chanchera".

En el Cuadro N° 82 se presentan los resultados de las evaluaciones económicas realizadas (TIR y Van al 8%) para los diferentes casos, con la consiguiente variación en el crecimiento, calidad de la madera e ingresos intermedios.

Cuadro 82. Indicadores de rentabilidad según modelo evaluado

Tipo de plantación	Productos	VAN (\$/ha)	TIR (%)
Plantación pura de Castaño 7 x 7 m	Madera	943.984	10,6
	Fruta y madera	4.343.881	18,2
Plantación pura de Castaño 3 x 3 m	Madera	90.093	8,2
	Fruta y madera	1.262.991	11,0
Plantación mixta de Castaño 3 x 3 m	Madera	2.692.295	13,8
	Fruta y madera	3.525.432	15,3

Se observa, en todos los casos que considerando la fruta como complemento a los ingresos percibidos por la cosecha final de madera, las rentabilidades fueron superiores que aquellas en que solo se consideró el ingreso por concepto de productos forestales. En este sentido, debiera considerarse el manejo fruto forestal del Castaño, en las plantaciones que se establezcan principalmente, en terrenos de pequeños y medianos productores. Cabe destacar que los ingresos en la plantación mixta fueron bastante atractivos en las dos situaciones. No obstante, la mayor rentabilidad dada en la plantación pura a baja densidad, se debe a que los árboles comienzan a producir castañas y en mayor cantidad que cuando esta a una mayor densidad.

Es importante señalar que en todas estas situaciones el manejo esta realizado considerando los principios de la arboricultura, en donde las técnicas de podas y la oportunidad de realización de ellas, son fundamentales para obtener madera de calidad.

11. SILVICULTURA DEL CASTAÑO CON APEGO A LOS PROCESOS NATURALES.

H. Siebert.

La silvicultura con apego a los procesos naturales ha sido difundida y aplicada por Pro Silva en numerosos países. Pro Silva es una asociación europea de silvicultores que aplican y difunden una gestión silvícola basada en los procesos naturales, fundada en Europa en 1989.

Esta silvicultura trata de optimizar la conservación, la protección y la gestión económica de los ecosistemas forestales para que los bosques puedan satisfacer sus funciones ecológicas y socioeconómicas en forma durable, sostenible y remunerativa. Para esto incluye objetivos tanto económicos como no económicos, y considera al ecosistema forestal en forma integral (Loewe y González, 2006), donde los bosques desempeñan principalmente cuatro funciones: bio ecológica, de protección, de producción y cultural.

Junto al énfasis en la sostenibilidad, promueve un uso forestal que imita los procesos naturales, reduciendo los riesgos ecológicos y económicos. El objetivo central es incrementar el beneficio derivado de los bosques, tanto para las generaciones actuales como para las que vendrán. Este movimiento, que está adquiriendo cada vez mayor difusión en muchos países de varios continentes, considera que el cambio puede ser instaurado en casi todas las situaciones, así como en todas las fases de desarrollo de las formaciones forestales.

La gestión bajo el concepto Pro Silva se define como la gestión silvícola con apego a la naturaleza y a los procesos naturales en masas forestales mixtas, irregulares, multiestratificadas, compuestas preferentemente por especies autóctonas o bien adaptadas al sitio, y utilizadas mediante métodos de corta y regeneración para cubiertas boscosas permanentes.

Este capítulo presenta algunas experiencias relacionadas al establecimiento, manejo, corta y regeneración de Castaño realizadas en los últimos 30-40 años en una superficie significativa, en la zona de clima templado lluvioso estacional de Chile (Cautín a Llanquihue), abordándose solamente aspectos relacionados con el objetivo silvícola de producción de maderas valiosas, para muebles finos.

Por ser Castaño en esta región una especie que se desarrolla en general sana y con un crecimiento interesante, pudiéndose lograr buenos fustes de maderas preciadas y valiosas, Castaño ha sido recomendado en diferentes trabajos y proyectos como una especie complementaria en la creación de recursos forestales de interés.

En la práctica se ha observado que Castaño se desarrolla mejor en sitios frescos (en laderas sur y este), sombríos y húmedos.

Cuando se pretende plantar Castaño con el objetivo de producir fustes de madera valiosa es necesario, además de la selección del material genético (buenos árboles madre) y una buena elección del sitio para el establecimiento, conocer los principales problemas que presenta el trabajo silvicultural con esta especie.

Los principales problemas que presenta el manejo del Castaño cuando se busca obtener fustes de maderas valiosas (calidad B&B o best and better, sin nudos y sin defectos) están todos relacionados a una falta de dominancia apical generalizada de la especie, y corresponden a:

- formación de numerosos rebrotes al nivel del cuello de la planta joven, en los primeros años;
- formación de brotes epicórmicos en las heridas de poda, originándose nuevas ramas muy vigorosas ("chupones") debido a la estimulación que produce la entrada de luz que causa la misma poda.
- marcada tendencia a la formación de brotes epicórmicos a lo largo del fuste.

Si se pretende producir madera valiosa la solución de estos tres problemas es absolutamente necesaria. Estos se abordan a continuación y se proponen posibles soluciones.

Problema 1. Desarrollo de múltiples brotes que salen del cuello de la planta en su juventud; se puede considerar una escasez o falta de dominancia apical de la especie.

Un alto porcentaje de los castaños establecidos en la región, presentan este fenómeno (Figura N° 101), el cuál aún no ha sido debidamente investigado para determinar la causa.

Sin duda que para la formación de una masa compuesta por fustes valiosos se requiere de un porcentaje mínimo de plantas jóvenes que se desarrollen a partir de un solo brote. Para lograr este porcentaje mínimo en Castaño, en muchos casos es necesario realizar podas de formación, para eliminar estos numerosos brotes del cuello en los primeros años de la plantación.

Se puede afirmar que el fuste así resultante presentará a futuro muy buenas características. La formación de nuevos brotes se controla de manera natural y definitivamente después del cierre de copas de la plantación.

Hasta el momento se conocen dos teorías sobre este fenómeno:

- Castaño es una especie muy delicada frente a las heladas tardías; aún siendo una especie que brota muy tarde en la primavera (octubre) es sorprendida por las últimas heladas tardías primaverales, como la famosa de "Todos los Santos". Esta helada le quema los -aún delicados- nuevos brotes, los cuales se pudren y la planta en reacción a este daño desarrolla nuevos brotes desde el cuello. Este fenómeno comienza a visualizarse desde el vivero.

No hay duda que el material genético de Castaño presente en Chile es muy delicado frente a las heladas –especialmente las tardías– y hay que tomar medidas para evitar la exposición de las plántulas en el vivero y no establecerlas en sitios en que estos fenómenos climáticos son frecuentes.

- La segunda teoría sostiene que durante el establecimiento en terreno, la planta es enterrada demasiado en profundidad, quedando el cuello cubierto por tierra, tendiendo por ello a la formación de estos múltiples brotes. Por esto es necesario tomar las debidas precauciones durante la plantación para evitar este problema.

Problema 2. Sensibilidad extrema de Castaño a formar brotes debido a una elevada luminosidad, característica que complica la formación de fustes limpios, libres de ramas.

Al aumentar la entrada de luz después de una poda, es muy frecuente observar que por cada rama cortada, el árbol reacciona formando varios brotes a partir de esa herida, anulando el beneficio que se esperaba de la poda. Si esto se produce y no se efectúan desyemes posteriores a la poda, el efecto de ésta será contrario al esperado, pues producirá una degradación de la calidad de la madera y no el mejoramiento buscado.

Problema 3. La tendencia de esta especie a la formación de brotes epicórmicos, es otra característica importante que hay que tener en cuenta a la hora de pretender producir maderas valiosas.

En masas puras coetáneas de Castaño al momento de realizar una corta de liberación de los árboles “M” (aquellos que llegarán a la Madurez), los fustes de una masa cerrada, que antes del raleo se presentaban limpios, se llenan en los años siguientes de brotes epicórmicos estimulados por la entrada de luz que ocasionó la intervención.

Si bien es cierto que dichos brotes van desapareciendo a medida que nuevamente se cierra el dosel de la masa, en los próximos raleos se repetirá ese ciclo de brotes (Figura N° 102), el cual desclasificará esta madera como B&B, no pudiéndose lograr el objetivo inicial.

Para evitar estos brotes la silvicultura con apego a la naturaleza recomienda producir estas maderas en masas mixtas. La presencia de una segunda especie, que ocupe el estrato intermedio, impedirá el paso de la luz mínima necesaria para estimular la formación de brotes epicórmicos, hasta que se formen los fustes de calidad.

También la poda se ve favorecida con la incorporación de esa segunda especie, situación en que en general se produce en gran medida naturalmente. El oscurecimiento alrededor de los fustes también evita cualquier rebrote en caso de ser necesaria una poda. Un estrato intermedio garantiza una gran libertad de acción cuando se hace necesario intervenir en el estrato superior.

En el caso de la arboricultura, una medida recomendada para controlar los brotes en especies sensibles, es la mantención de un equilibrio permanente entre la parte aérea y la radicular (E. Buresti, Comunicación Personal), posible de lograr mediante la estructuración de árboles con fustes valiosos cortos y grandes copas.

Experiencias

Según experiencias en la zona, los sitios en que mejor se desarrolla Castaño son suelos trumaos profundos, en laderas frescas, con más de 1.000 mm de precipitación, y ausencia de heladas fuertes en el período vegetativo. En estas condiciones, mediante un manejo silvicultural apropiado, se puede esperar una primera cosecha por DAP objetivo de 50/60 cm., con un interesante porcentaje de B&B aserrable, a los 40 años.

En relación a las asociaciones de esta especie en masas forestales, se han visto resultados interesantes creciendo en mezcla con Ciprés (*Cupressus lusitanica*), Figura N° 103 (Loewe, et al., 2005), con Roble europeo (*Quercus robur*) y con Arce (*Acer pseudoplatanus*), Figura N° 104. Mientras en la primera situación Ciprés oscurece el estrato intermedio, limpiando de manera efectiva los fustes de los castaños, en la segunda, los arces realizan la función oscurecedora bajo las copas de los castaños y de los robles.

También se han realizado ensayos, estableciendo entre hileras en la masa Castaño/*Quercus*, plantas de especies siempreverdes nativas tales como Laurel, Tepa y Olivillo, las cuales formarán el estrato intermedio, necesario para la producción de maderas valiosas.



Figura N° 101. Rodal puro de Castaño con rebrotes basales



Figura N° 102. Rodal puro de Castaño con brotes epicórmicos post raleo



Figura N° 103. Castaño de buena calidad en asociación con Ciprés



Figura N° 104. Castaño con compañía lateral de Arce

BIBLIOGRAFÍA

- ABREU, C. G. 1996. Recent outbreak of bark canker caused by *Melanconis modonia* on european chestnut in northern. Plant Dis. 80:1301, 1996.
- AITIM (Asociación de Investigación Técnica de la Madera). 1965. Fichas tecnológicas: Castaño. Nogal de Guinea. Madrid, España. 8 p.
- ÁLVAREZ, P.; BARRIO, M.; CASTEDO, F.; DÍAZ, R.; FERNÁNDEZ, J.; MANSILLA, P.; PÉREZ, R.; PINTOS, C.; RIESCO, G.; RODRÍGUEZ, R.; SALINERO, M. 2000. Manual de Selvicultura del Castaño en Galicia. Proyecto Columella, Área Forestal, Serie Manuales Técnicos. España, Universidad de Santiago de Compostela. 120 p.
- AMORINI, E.; BRUSCHINI, S.; FIORAVANTI, M.; MACCHIONI, N.; MANETTI, M.C.; THIBAUT, B.; UZIELLI, L. 1997. Studi sulle cause di insorgenza della cipollatura del legno di castaño. Convegno nazionale sull Castagno. Cison di Valmarino. Treviso. Pp. 269-290.
- ANAGNOSTAKIS, S. L. 1995. The pathogens and pests of chestnuts. In: Andrews, J. H., ed.; Tommerup, I., ed. Advances in Botanical Research. Academic Press, New York. Vol. 21:125-145.
- ARFL (Agenzia Regionale delle Foreste della Lombardia). 1998. Il castagno in Lombardia, prime indagine fitosanitarie. Quaderni di ricerca e sperimentazione. Italia. 108 p.
- ARNOLD, F-E. 1996. Manual de vivero forestal. Elaborado para algunas especies forestales nativas de la zona templada del sur de Chile. Chile, CONAF – DED. 123 p.
- ASTORGA, I. 2005. Informativo fitosanitario N° 03-2005. *Zeuzera pyrina* L. (Lep: Cossidae). Chile, Vigilancia Fitosanitaria División Protección Agrícola, Servicio Agrícola Ganadero, Gobierno de Chile. 2 p.
- AVILÉS, F. 2003. Variación de la tasa de enraizamiento asociada al número de subcultivo y diámetro de microtallo de *Castanea sativa* Mill. Tesis Ingeniero Forestal. Concepción, Chile, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Concepción. 42 p.
- BAGNARESI, U. 1986. Il Castagno da frutto. Serie Regione Emilia Romagna. Il Divulgatore N°28. 52 p.
- BALDINI, S.; BRUNETTI, M.; FABBRI, P. 1997. Prove di potatura con impiego di strumenti diversi in una piantagione di ciliegio da legno. Ann. Ist. Sper. Selv. 345-361. XXV e XXVI.

BALLESTER – OLMOS, J. F. 1996. Producción de plantas forestales. España, Universidad Politécnica de Valencia. Departamento de Producción Vegetal. 218 p.

BARONE, E.; BURESTI, E.; CANNATA, F.; DI MARCO, L.; MERCURIO, R.; MINOTTA, G.; PARIS, P. 1997. Modelli colturali e tecniche di coltivazione. En: Il noce comune per la produzione legnosa. Bologna, Italia. Pp. 115-164.

BECAGLI, C. 2004. Soprassuoli di castagno del Pratomagno casentino (AR). Sherwood N° 104: 35-40.

BENEDETTI, S.; SUBIRI, M. 2000. El Castaño. Una opción de producción forestal. Santiago, Chile, INFOR-FONDEF. 93 p.

BENEDETTI, S.; SAAVEDRA, J. 2003. Estrategia de transferencia tecnológica para la creación de plantaciones de castaño: sistematización de experiencias exitosas. Santiago, Chile, INFOR-FONDEF. Proyecto "Tecnologías forestales para la transferencia de nuevas opciones productivas". 23 p.

BENEDETTI, S.; DELARD, C.; SUBIRI, M. 2005. Perspectivas de mercado de la harina de castaña para consumo humano en Chile. Santiago, Chile, INFOR. 92 p.

BERNETTI, G.; M. 1984. Le latifoglie nobili nei nostri boschi. Quaderni di Monti e Boschi. Italia, Edagricole. 51 p.

BERROCAL DR., M.; GALLARDO L., J. F.; CARDEÑOSO H., J. M.; BARRENO R., E. 1998. El Castaño, productor de fruto y madera. Creador de paisaje y protector. Madrid, España, Ediciones Mundi-Prensa. 288 p.

BERTI, S. 1995. Caratteristiche tecnologiche e qualità del legno. Sherwood (3): 39-43.

BIDINI, C.; CASINI, L. 2000 a. La corretta impostazione del taglio nelle potature in arboricoltura da legno di pregio. 1. Le cesoie. Sherwood Foreste e Alberi Oggi N°58, Pp. 12-13.

BIDINI, C.; CASINI, L. 2000 b. La corretta impostazione del taglio nelle potature in arboricoltura da legno di pregio. 2. Il troncareami. Sherwood Foreste e Alberi Oggi N°60, Pp. 30-31.

BIDINI, C.; CASINI, L. 2000 c. La corretta impostazione del taglio nelle potature in arboricoltura da legno di pregio. 3. Il seghetto. Sherwood Foreste e Alberi Oggi N°61, Pp. 10-11.

BIDINI, C.; CASINI, L. 2000 d. La corretta impostazione del taglio nelle potature in arboricoltura da legno di pregio. 4. Gli strumenti ad asta. Sherwood Foreste e Alberi Oggi N°62, Pp. 16-17.

- BIOTRITON. 2007. Fecha de consulta Marzo de 2007. Disponible en: <http://www.Biotri-ton.cl>.
- BISBY, F. A.; ROSTOV, Y. R.; RUGGIERO, M. A.; ORRELL, T. M.; PAGLINAWAN, L. E.; BREWER, P. W.; BAILLY, N.; VAN HERTUM, J. EDS. 2007. Species 2000 and ITIS Catalogue of Life: 2007 Annual Checklist. Digital resource at www.catalogueoflife.org/annual-checklist/2007/. Species 2000: Reading, U.K.
- BISSEGGGER, M.; SIEBER, T. 1994. Assemblages of endophytic fungi in coppice shoot of *Castanea sativa*. Mycologia. 86(5): 648-650.
- BORGHINI, G.; MASSAFRA G, M. 2002. Legni da ebanisteria. De Luca Editori d'Arte. Roma, Italia. 406 p.
- BOSIO, G.; BRUSSINO, G.; BAUDINO, M.; GIORDANO, R.; RAMELLO, F. 2003. Una nuova minaccia per la castanicoltura piemontese, in provincia di Cuneo si sta diffondendo uno degli insetti più nocivi per il castagno. Quaderni della Regione Piemonte, Agricoltura N° 35, 24-25.
- BOSIO, G.; BRUSSINO, G. 2007. Un nuovo pericoloso parassita del castagno: il cinipide galligeno *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu. Regione Piemonte, Montagna, Foreste e Tutela del Paesaggio. Consultado en Junio de 2007. Disponible en: http://www.regione.piemonte.it/montagna/foreste/pian_gest/cinipide.htm
- BOUCHON, J. 1982. Tarifs de cubage a deux entrees pour le hetre *Fagus sylvatica* in France. Revue Forestiere Francaise 34(3): 225 - 236.
- BOUNOUS, G.; BOTTA, R.; BECCARO, G.; MELLANO, M. G. 2000. The chestnut, the ultimate energy source. Nutritional value and alimentary benefits. Italy, Department of Arboriculture, University of Turin.
- BOUNOUS, G. 2003. Situazione e prospettive per una nuova castanicoltura europea. Frutticoltura (Italia) N° 9: 18-26.
- BOUNOUS, G. 2005. The chestnut: a multipurpose resource for the new millennium. In: Abreu, C.G., ed.; Rosa, E., ed.; Monteiro, A. A., ed. Proceeding of the Third International Chestnut Congress. Chaves, Portugal, Octubre 2004. Acta Horticulture 693. International Society for Horticulture Science. Pp 33-40.
- BOURGEOIS, C. 1992. Le chateignier, un arbre, un bois. Paris, Francia, Institut pour le Développement Forestier. 367 p.
- BOURGEOIS, C. ; SEVRIN, E. ; LEMAIRE, J. 2004. Le chateignier, un arbre, un bois. 2° edición. Paris, Francia, Institut pour le Développement Forestier. 347 p.

BOURGERY, C.; CASTANER, D. 1988. Réalisation pratique des plantations. Collection mission du paysage les plantations d'alignement le long des routes, chemins, canaux, allés. Francia, IDF. Pp 117-135.

BURESTI, E. 1993 a. Realizzazione e gestione degli impianti di arboricoltura per la produzione di legname di pregio. Le indicazioni scaturite da quindici anni di attività sperimentale. Università degli Studi di Sassari – CRAS. Pp: 63-73.

BURESTI, E. 1993 b. Arboricoltura di pregio. Agricoltura Ricerca N° 147/148: 67-76.

BURESTI, E. 1994. Il bosco torna in pianura; le prospettive dopo 15 anni di esperienze. Atti Consorzio della Bonifica Reno Palata. 26 p.

BURESTI, E.; FRATTEGANI, M. 1995 a. Alcune considerazioni sull'arboricoltura da legno. Sherwood N° 1: 11-16.

BURESTI, E.; FRATTEGANI, M. 1995 b. Impianti misti in arboricoltura da legno. Sherwood (3): 11-17.

BURESTI E.; MORI P. 1995. Sesti e distanze d'impianto per il noce. Sherwood (6): 6-13.

BURESTI, E.; DE MEO, I. 1998. Un impianto di noce in Golena con "specie paracadute" (Scheda 6). Sherwood (35): 27-31.

BURESTI, E.; MORI, P. 2003. Progettazione e realizzazione di impianti di Arboricoltura da legno. Firenze, Italia, ARSIA (Agenzia Regionale per lo Sviluppo e l'Innovazione nel settore Agricolo Forestale). 78 p.

CABRERA, J.; MENESES, M. 1998. Diversificación forestal: costos, usos y productos forestales. Informe Modulo Comercialización. Santiago, Chile, Proyecto INFOR-FONDEF D-96/1055. Documento Interno. 20p.

CARBONE, F.; VENZI, L. 1997. Il rischio tecnologico negli impianti di arboricoltura da legno: il caso del noce comune, il problema tecnico e l'impatto economico. Legno Cellulosa Carta (4): 24-34.

CENTER FOR AGROFORESTRY OF UNIVERSITY OF MISSOURI, USA. 2004. Why chestnuts? Consultado en Agosto de 2004. Disponible en: <http://www.centerforagroforestry.org>

CHALUPA, V. 1983. Micropropagation of conifer and broad-leaved forest trees. Communicationes Instituti Forestalis Cechosloveniae 13: 7-39.

CHESTNUTSONLINE.COM. Consultado en Septiembre de 2004. Disponible en: <http://www.chestnutsonline.com>.

CHUNG, P. 2005. Hongos micorrízicos comestibles: Opción productiva aplicada a las plantaciones forestales. Aspectos Generales. Concepción, Chile, Proyecto INFOR – FONDEF “Hongos micorrízicos comestibles: Una alternativa para mejorar la rentabilidad de plantaciones forestales”. 55 p.

CIPA AT TOSCANA. Sf. Elemento 6: Fitopatología del castagno. Progetto PON Ob. 3, IT 053, PO 007, Avviso 6/01, Fascicolo N° 184: Nuovi modelli di formazione continua per il settore agricolo, legati a nuove forme flessibili di lavoro e ai mutamenti dell'organizzazione del lavoro”. Italia, Confederazione Italiana Agricoltori Toscana. 38p.

CLARK, F.B.; SEIDEL, K.W. 1961. Growth and quality of pruned Black Walnut. USDA, Forest Service, Technical Paper 180. 11p.

COBOS S., P. 1989. Fitopatología del castaño (*Castanea sativa* Miller). España, Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. Boletín de Sanidad Vegetal, Fuera de Serie N° 16. 129 p.

COLINO N., M. I; SANTIAGO M., R.; ARRIBAS F., M.C. 2004. Fichas de diagnóstico en laboratorio de organismos nocivos de los vegetales. Ficha 248, *Melanconis modonia* Tul. Peste del castaño. Consultado en Junio de 2007. Disponible en: http://www.mapa.es/ministerio/pags/plataforma_conocimiento/fichas/pdf/fd_248.pdf

CONAF. 1997. Viveros Forestales Temporada 1996-1997. Santiago, Chile, Corporación Nacional Forestal. Documento técnico Mayo 1997. 11 p.

CONAF. 1998. Viveros Forestales Temporada 1997-1998. Santiago, Chile, Corporación Nacional Forestal. Documento técnico Mayo 1998. 12 p.

CONAF. 1999. Viveros Forestales Temporada 1998-1999. Chile Forestal. Documento técnico Mayo 1999. 12 p.

CONAF. 2000. Viveros Forestales Temporada 1999-2000. Santiago, Chile, Corporación Nacional Forestal. Documento técnico Mayo 2000. 15 p.

CONAF. 2001. Viveros Forestales Temporada 2000-2001. Santiago, Chile, Corporación Nacional Forestal. Documento técnico Mayo 2001. 15 p.

CONAF. 2002. Viveros Forestales Temporada 2001-2002. Santiago, Chile, Corporación Nacional Forestal. Documento técnico 140. 28 p.

CONAF. 2003. Viveros Forestales Temporada 2002-2003. Santiago, Chile, Corporación Nacional Forestal. Documento técnico 146. 28 p.

CONAF. 2004. Viveros Forestales Temporada 2004. Santiago, Chile, Corporación Nacional Forestal. Documento técnico 152. 24 p.

- CONAF. 2005. Viveros Forestales Temporada 2004-2005. Santiago, Chile, Corporación Nacional Forestal. Documento técnico 164. 24 p.
- CONAF. 2006. Viveros forestales temporada 2006. Santiago, Chile, Corporación Nacional Forestal. Documento Técnico S/N. 28 p.
- CONEDERA, M.; KREBS, P.; TINNER, W.; PRADELLA, M.; TORRIANI, D. 2004. The cultivation of *Castanea sativa* (Mill.) in Europe from its origin to its diffusion on a continental scale. *Veget Hits Archaeobot* 13:161-179. DOI 10.1007/s00334-004-0038-7.
- CONEDERA, M.; JERMINI, M.; SASSELLA, A.; SIEBER, T. 2005. Raccolta, trattamento e conservazione delle castagne, prima parte. *Sherwood* N° 107: 5-12.
- CRAWFORD, M. 1996. Walnuts: Production and Culture. Agroforestry Research Trust. 28 p.
- CRAWFORD, M. 2003. Uses and nutritional benefits of chestnuts. *Quandong* Second Quarter 2003, Vol. 29 N° 2: 21-23.
- D'AMBROSI, E. 1993. Valutazione qualitativa della produzione di specie legnose pregiate nei vivai A.R.F. Azienda Regionale delle Foreste Regione Lombardia. 129 p.
- DENCI, L.; MERCURIO, R.; MORONI, M.; TOCCI, A. 1982. Le possibilità di coltivazione del noce da legno. *Agricoltura e Ricerca* N° 14: 36-41.
- DESVIGNES, J.C. 1999. Sweet chestnut incompatibility and mosaics caused by the chestnut mosaic virus (CHMV). *Acta Hort. (ISHS)* 494:451-458. Consultado en Julio de 2007 en: http://www.actahort.org/books/494/494_68.htm
- DÍAZ V.,C.; ALCAYAGA C.,S.; AVILES S.,C.; ARANDA B.,G.; ASCUI M.,P.; BESOAIN M.,E.; FUNES R.,M.; NARBONA G.,M.; PESCE P.,D.; MELLA L., A. 1958. Estudio sobre habilitación de los ñadis o suelos húmedos, del Departamento de Puerto Varas (1954). *Agricultura Técnica* 18(2): 412-486.
- DONOSO, J. 1989. Hongos: clasificación, identificación, relación hongo/árbol, introducción de especies comestibles exóticas. En: *Antecedentes sobre hongos comestibles en Chile*. Temuco, Chile, Ed. Carlos Ackerknecht. Pontificia U. Católica de Chile. 82 p.
- DRIVER, J. A.; KUNIYUKI, AH. 1984. *In vitro* propagation of Paradox walnut rootstock. *Hortscience* 19: 507-509.
- EDLIN, H. 1985. Broadleaves. Londres, Reino Unido, Forestry Commission Booklet N° 20. 104 p.

- ELLIOT, R. 1993. Pruning, a practical guide. Victoria, Australia. Lothian Ed. 168 p.
- EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization). 2003. *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera: Cynipidae – Oriental chestnut gall wasp). Consultado en Junio de 2007. Disponible en: www.eppo.org/QUARANTINE/Alert_List/deleted%20files/insects/Dryocosmus_kuriphilus.doc
- ESCOBAR, R. 1994. La planta ideal: variables que predicen su comportamiento y factores que lo afectan. Fundación Chile, Forestal Mininco. Silvotecnía IV. Producción de plantas. 24-25 de Noviembre de 1994, Concepción, Chile. pp. 001-052.
- EUROPEANCOMMISSION. 1999. CASCADEProject(Securinggeneconservation, adaptive, breeding potential and utilization of a model multipurpose tree species (*Castanea sativa*) in a dynamic environment).
- FALCIONI, S.; DE MEO, I.; BURESTI, E. 1996. La potatura del noce: descrizione delle tecniche più utilizzate. Sherwood N°12: 11-16.
- FALCIONI, S.; BURESTI, E. 1997. Confronto tra intervento autunnale ed invernale e tra diversi livelli di intensità nella potatura di produzione del noce comune. Ann. Ist. Sper. Selv. N° 25 y 26: 309-322.
- FALCIONI, S.; BRUNORI, A. 1997. Potature e alterazioni del legno. Sherwood N° 21: 9-12.
- FALCIONI, S. 2000. La potatura del noce, guida pratica per gli operatori. Arezzo, Italia, Consorzio Forestale Padano, Casalmaggiore. Ed. Compagnia delle Foreste. 31p.
- FAO. 1993. Estudio monográfico de explotación forestal N° 2. Cosecha de Hongos en la VII Región de Chile. Roma, Italia. 37 p.
- FEDERLEGNO ARREDO. 1992. Panoramica verde: le foreste nel mondo, gli alberi d'Italia. 159 p.
- FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; ALÍA, R. 2003. EUFORGEN Technical Guidelines for genetic conservation and use for chestnut (*Castanea sativa*). Rome, Italy, International Plant Genetic Resources Institute. 6 p.
- FIA (Fundación para la Innovación Agraria). 2004. Nogal, castaño y avellano, alternativas productivas para el sur del país. Santiago, Chile, FIA. 150 p.
- FOREST PRODUCTS LABORATORY. 1987. Wood handbook: Wood as an Engineering Material. Washington, DC., USA, USDA FS, Agriculture Handbook 72. 466 p.

- FUNDACIÓN CHILE. 2001. Ejecución de viveros temporales de pino radiata. Manual Práctico. Santiago, Chile. 50 p.
- GANDULFO, J.M.; BLANCO, A.; SÁNCHEZ, O.; RUBIO, A.; ELENA, R.; GÓMEZ, V. 2004. Las estaciones ecológicas de los castaños españoles. Madrid, España, INIA, Ministerio de Educación y Ciencia. 224 p.
- GARCÍA B., P.; MONTE V., E. 2005. Fitopatología del castaño, el chancro y la tinta en la Provincia de Salamanca. Organismo autónomo de empleo y desarrollo rural. Diputación de Salamanca. 45 p.
- GARCÍA, O. 1983. A stochastic differential equation model for the height growth of forest stands. *Biometrics* 39, 1059 – 1072.
- GARCÍA, O. 1995. Apuntes de método de instalación de parcelas permanentes. Chile, Proyecto CONICYT-FONDEF Antecedentes biométricos y modelos de apoyo a la gestión racional del Eucalipto. INFOR-FONDEF 2/33.
- GARCIA, O.; RUIZ, F. 2003. A growth model for eucalypt in Galicia, Spain. *Forest Ecology and Management*, 173, pp. 49 – 62.
- GARCÍA, O. 2003. EasySDE User Guide. University of Northern British Columbia. Consultado en Diciembre 2006. Disponible en: <http://forestgrowth.unbc.ca/sde/>
- GIROLAMI FARMS CHESTNUT. 2004. Nutrition Facts. Consultado en Agosto de 2004. Disponible en: http://www.chestnutsforsale.com/nutrition_chestnuts.htm.
- GOLDSBROUGH, G. 1990. A beginners guide to chestnut growing. New Zealand, Hilton Press. 40 p.
- GONDA, H.; MAGUIRE, D.; CORTÉS, G. ; TESCH, S. 2004. Stand-level height-diameter equations for young ponderosa pine plantations in Neuquén, Patagonia, Argentina: evaluating applications of equations developed in the Western United States. *West. J. Appl. For.* 19(3): 202-210.
- GONZÁLEZ O., M.; ORTIZ N., O.; BENEDETTI R., S. 2006. La biotecnología al servicio del castaño. *Chile Forestal* 323: 49 - 52.
- GORDON A., G.; ROWE D., C.F. 1982. Seed manual for ornamentals and shrubs. London, England, Forestry Commission. Bulletin 059. 132 p.
- GRAU, P. S.f. Castaño en Chile. Chile, Ministerio de Agricultura, INIA Quilamapu. Revista Tattersall N° 1. Consultado en Julio de 2007. Disponible en: <http://www.inia.cl/quilamapu/pubbycom/tattersall/tattersall1.htm>

- GRAU, P. 1997. El Castaño. Un recurso pleno de potencialidades económicas. *Tierra Adentro* (12): 16-19.
- GRESSHOFF P., M.; DOY, C., H. 1972. Development and differentiation of haploid *Lycopersicum esculentum*. *Planta* 107: 161-170.
- GYSLING, J.; AGUIRRE, J. J.; CASANOVA, K.; CHUNG, P. 2005. Estudio de mercado hongos silvestres comestibles. Santiago, Chile, Proyecto INFOR – FONDEF “Hongos micorrízicos comestibles: Una alternativa para mejorar la rentabilidad de plantaciones forestales”. 83 p.
- HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E. 1989. Propagación de plantas. Teoría y Práctica. México, Compañía Editorial Continental, S.A. 693 p.
- HOWELL, R. 2004. The ecological impact of sweet chestnut coppice silviculture on former ancient, broadleaved woodland sites in south-east England. *English Nature Research Reports*. Number 627. 154 p.
- IDF (Institut pour le Développement Forestier). 1981. Cultiver les arbres feuillus pour récolter du bois de qualité. París, Francia, 277 p.
- IDF (Institut pour le Développement Forestier). 1990. Boiser une terre agricole. París, Francia. 64 p.
- IEFC (Institut Européen de la Forêt Cultivée). 2007. Common Forest Pests and Diseases in SW-Europe. IEF Net. Consultado en Junio de 2007. Disponible en: http://www.pierroton.inra.fr/IEFC/bdd/patho/patho_affiche.php?langue=es&id_fiche=35
- INE. 1997. Censo Nacional Agropecuario de 1997. Santiago, Chile, Instituto Nacional de Estadísticas (INE).
- INFOR, 1994. Estadísticas forestales 1993. Boletín Estadístico N° 35. División Estudios Económicos y Medio Ambiente Santiago, Chile, INFOR. 97p.
- INFOR, 1995. Estadísticas forestales 1994. Boletín Estadístico N° 40. División Estudios Económicos y Medio Ambiente. Santiago, Chile, INFOR. 113p.
- INFOR, 1996. Estadísticas forestales 1995. Boletín Estadístico N° 45. División Estudios Económicos y Medio Ambiente. Santiago, Chile, INFOR. 117p.
- INFOR, 1997. Estadísticas forestales 1996. Boletín Estadístico N° 50. División Estudios Económicos y Medio Ambiente. Santiago, Chile, INFOR. 119 p.
- INFOR, 1998. Estadísticas forestales 1997. Boletín Estadístico N° 61. División Estudios Económicos y Medio Ambiente. Santiago, Chile, INFOR. 123 p.

- INFOR, 1999. Estadísticas forestales 1998. Boletín Estadístico N° 68. División Estudios Económicos y Medio Ambiente. Santiago, Chile, INFOR. 127 p.
- INFOR, 2000. Estadísticas forestales 1999. Boletín Estadístico N° 74. División Estudios Económicos y Medio Ambiente. Santiago, Chile, INFOR. 139 p.
- INFOR, 2001. Estadísticas forestales 2000. Boletín Estadístico N° 79. División Estudios Económicos y Medio Ambiente. Santiago, Chile, INFOR. 145 p.
- INFOR, 2002. Estadísticas forestales 2001. Boletín Estadístico N° 84. División Estudios Económicos y Medio Ambiente. Santiago, Chile, INFOR. 145 p.
- INFOR, 2003 a. Estadísticas forestales 2002. Boletín Estadístico N° 149. División Estudios Económicos y Medio Ambiente. Santiago, Chile, INFOR. 149 p.
- INFOR. 2003 b. Boletín de precios forestales. Santiago, Chile, Instituto Forestal. Boletín N°98, Junio 2003. 20 p.
- INFOR, 2004 a. Estadísticas forestales 2003. Boletín Estadístico N° 95. División Estudios Económicos y Medio Ambiente. Santiago, Chile, INFOR. 151 p.
- INFOR. 2004 b. Boletín de precios forestales. Santiago, Chile, Instituto Forestal. Boletín N°104, Junio 2004. 16 p.
- INFOR. 2005. Boletín de precios forestales. Santiago, Chile, Instituto Forestal. Boletín N°110, Junio 2005. 16 p.
- INFOR, 2006 a. Estadísticas forestales 2007. Boletín Estadístico N° 111. División Estudios Económicos y Medio Ambiente. Santiago, Chile, INFOR. 165 p.
- INFOR. 2006 b. Boletín de precios forestales. Santiago, Chile, Instituto Forestal. Boletín N°116, Junio 2006. 16 p.
- INFOR, 2007. Base de datos del Centro de Información Forestal del Instituto Forestal.
- INRA (Institut National de la Recherche Agronomique). 1998. *Zeuzera pyrina*. HYPP. Consultado en Julio de 2007. Disponible en: <http://www.inra.fr/Internet/Produits/HYPPZ/RAVAGEUR/6zeupyr.htm>
- IPINZA, R.; SERRANO, M. 1982. Micorrización artificial sobre pino insigne en la estación experimental Pantanillo – Las Brisas (VII Región). Revista Ciencias Forestales. Escuela de Ciencias Forestales, Universidad de Chile 2(2): 77-93.
- IPLA (ISTITUTO PER LE PIANTE DA LEGNO E L'AMBIENTE). 2001. Boschi collinari. 119 p.
- IPLA (ISTITUTO PER LE PIANTE DA LEGNO E L'AMBIENTE). 2002. Alberi e arbusti. Torino, Italia. 223 p.

- IREN (Instituto de Recursos Naturales). 1979. Suelos. Provincia de Valdivia. Santiago, Chile. 178 p. 17 mapas.
- JAYNES, R.A. 1969. Breeding Improved Nut Trees. In: Handbook of North American Nut Trees (29) pp. 376-399.
- JUACIDA, R.; DÍAZ-VAZ, J. E.; POBLETE, H.; RODRÍGUEZ, S.; CUEVAS, H. 2000. Caracterización tecnológica de castaño, encino y ciprés y opciones de uso. Valdivia, Chile. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales, Instituto de Tecnología de Productos Forestales. 12 p.
- KERR, G.; EVANS, J. 1993. Growing broadleaves for timber. London, England, Forestry Commission. Handbook 9. 95 p.
- KIGER, F. 1985. El castaño: antecedentes de la situación nacional y aprovechamiento industrial. Próxima Década 4(37): 4 - 8.
- LANIER, L. 1994. Précis de sylviculture. Francia, Ecole Nationale du Genie Rural (NGREF), 477 p.
- LOEWE M., V.; NEUENSCHWANDER A., A.; ALVEAR S., C. 1994. El castaño en Chile. Un cultivo fruto-forestal promisorio. Informe Técnico N° 136. INFOR, CORFO. 61p.
- LOEWE M., V.; TORAL I., M.; MERY A., M. A.; DELARD R., C.; LÓPEZ L., C.; URQUIETA N., E. 1998. Monografía de castaño: *Castanea sativa*. Santiago, Chile, CONAF; INFOR; FIA. 71p.
- LOEWE M., V. 1999. Diversification and Sustainability: technical and political tools for enhancing sustainability. Case of mixed plantations. Pp. 4-11. En: Proposal to Charles Bullard Fellowship in Forest Research for Advanced Study and Research. U.S. A, Harvard University. 23 p.
- LOEWE M., V. 2000. Recomendaciones para el Cultivo de Latifoliadas de Alto Valor. Santiago, Chile, Instituto Forestal. 40 p.
- LOEWE M., V.; GONZALEZ O., M. 2001. Nogal común (*Juglans regia* L.), una alternativa para producir madera de alto valor. Santiago, Chile, INFOR-FIA. 165 p.
- LOEWE M., V. 2002. Técnicas de poda para producir maderas duras de alta calidad y valor. Santiago, Chile, INFOR-FIA. 60 p.
- LOEWE, V.; GONZÁLEZ, M. 2003. Caracterización de los productos derivados del manejo de plantaciones mixtas para producir madera de alto valor. Santiago, Chile, INFOR. Proyecto "Plantaciones Mixtas: productividad, diversidad y sustentabilidad para el desarrollo forestal". Documento Interno INFOR. 28 p.

LOEWE M., V.; MERY A., M.; DELARD R., C.; PINEDA B., G. 2003. Castaño (*Castanea sativa*), una alternativa para producir madera de alto valor. Pp. 199-250. En: Loewe M., V., ed.; González O., M., ed. Sicomoro, Grevillea, Roble rojo americano, Pino piñonero, Castaño, Ruil y Cerezo americano, nuevas alternativas para producir madera de alto valor. Santiago, Chile, INFOR-FIA. 315 p.

LOEWE M., V. 2003. Perspectivas de desarrollo de la arboricultura para la producción de madera de alto valor en Chile. Santiago, Chile, INFOR-FIA. 277 p.

LOEWE, M., V.; GONZÁLEZ O., M. 2006. Plantaciones mixtas, un modelo productivo con potencial para Chile. Santiago, Chile, INFOR-FIA. 299 p.

LOEWE M., V.; SIEBERT W., H.; GONZÁLEZ Q., Y.; GONZÁLEZ O., M. 2005. Castaño y Ciprés en plantaciones mixtas. Revista Chile Forestal 313: 39-42.

MACCHIONI, N.; PIVIDORI, M. 1996. Qualità del legno del ceduo di castagno: gestione dei popolamenti. Silvae Pedemontis. 2 (1) 23-30 p.

MANSILLA, J. P.; SALINERO, M. C. 1993. *Pammene Fasciana* L. (Lep., Tortricidae) tortricido precoz del castaño (*Castanea sativa* Mill.). Bol. San. Veg. Plagas, 19:151-157.

MANSILLA V., J. P.; PEREZ O., R.; ABELLEIRA A., A.; PINTOS V., C. 2001. Fichas de diagnóstico en laboratorio de organismos nocivos de los vegetales. Ficha 158, *Cuculios elphas* Gyll. Gorgojo de la castaña. Consultado en Junio de 2007. Disponible en: http://www.mapa.es/ministerio/pags/plataforma_conocimiento/fichas/pdf/fd_158.pdf

MANSILLA V., J. P.; PEREZ O., R.; ABELLEIRA A., A.; PINTOS V., C.; AGUÍN C., O.; LOUREIRO, B. 2004. Fichas de diagnóstico en laboratorio de organismos nocivos de los vegetales. Ficha 223. *Lachnus roboris* L.; *Myzocallis castanicola* Baker; *Tuberculatus kuricula* Matsumura. Pulgones del castaño. Pontevedra, España. Estacion Fitopatologica "Do Areeiro". Consultado en Junio de 2007. Disponible en: http://www.mapa.es/ministerio/pags/plataforma_conocimiento/fichas/pdf/fd_223.pdf

MARTINS, A.; PAIS, M.S. 2005. Mycorrhizal inoculation of *Castanea sativa* Mill. Micropropagated plants: Effect of mycorrhization on growth. In: Abreu, C.G., ed.; Rosa, E., ed.; Monteiro, A. A., ed. Proceeding of the Third International Chestnut Congress. Chaves, Portugal, Octubre 2004. Acta Horticulture 693. International Society for Horticulture Science. 209-217 p.

MEDEL S., F. 1986. Requerimientos climáticos y edáficos para las especies frutales en el sur de Chile. Nota Científica. Agro Sur 14(1): 48-56.

- MEDEL S., F. 1987. Árboles frutales. Situación y potencial en el sur de Chile. Valdivia, Chile. CORFO, Universidad Austral de Chile. 59 p.
- MEDEL S., F. 1990. Castaño: especies y cultivares. *Agro Sur* 18(1): 30-34.
- MERCURIO, R. 1988. Il noca da legno nell'Italia centro-settentrionale. *Cellulosa e Carta* (2): 24-33.
- MERCURIO, R. 1993. L'arboricoltura da legno per il recupero di terreni agricoli. *Cellulosa e Carta* N° 2: 59-63.
- MERCURIO, R.; MINOTTA, G. 2000. Arboricoltura da legno. Bologna, Italia, Ed. Clueb. 203 p.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA; ODEPA; SAG; INIA; IREN. 1968. Plan de desarrollo agropecuario 1965-1980. Unidades de uso agrícola de los suelos de Chile entre las provincias de Aconcagua y Chiloé. Santiago, Chile, Ministerio de Agricultura; ODEPA. 11 mapas.
- MINOTTA, G. 2003. L'arboricoltura da legno: un'attività produttiva al servizio dell'ambiente. Bologna, Italia, Ed. Avenue Media. 247 p.
- MONTAGNA, G.; LASSINI, P. 1989. Gli alberi e il bosco. Italia, Azienda Regionale delle Foreste della Lombardia. 97 p.
- MONTECCHIO, L. 1996. Il cancro corticale del castagno. *Sherwood* N° 9: 7-9.
- MORI, P. 1999. Il bosco dietro l'albero. Regione dell'Umbria, Unione Europea. 83 p.
- NÁJERA Y ANGULO, F.; LÓPEZ, F. 1969. Estudio de las principales maderas comerciales de frondosas peninsulares. Madrid, España, Ministerio de Agricultura, Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias. 279 p.
- NAVARRO, R.; PEMÁN, J. 1997. Apuntes de producción de planta forestal. Argentina, Universidad de Córdoba. 267 p.
- NOVOA S. A., R.; VILLASECA C., S.; DEL CANTO S., P.; ROUANET M., J. L.; SIERRA B., C.; DEL POZO L., A. 1989. Mapa Agroclimático de Chile. INIA. Santiago. Chile. 221 p. y mapas.
- ODAFF (Ordine dei Dottori Agronomi e Forestali di Firenze). 1986. Guida agli alberi di Firenze. 132 p.
- ODEPA-CIREN (Oficina de Estudios y Políticas Agrarias-Centro de Información de Recursos Naturales). 2006. Catastro frutícola. VIII Región. Principales resultados. Santiago, Chile. 40p.

OGUÍN, O.; MATA, M.; MANSILLA, J. P.; MARTÍN, A. B.; SIERRA, J. M. 2005. distribución y diversidad de los tipos de compatibilidad vegetativa de *Cryphonectria parasitica* (Murril) Barr en castaños de Castilla y León. Bol. San. Veg. Plagas 31: 287-297.

PACHECO, O. 2001. El Bosque. Chile, Ed. Viña del Mar. 242 p.

PARIS, P.; PISANELLI, A.; BURESTI, E.; CANNATA, F. 1999. Agroforestry in Italy: Tradition of the practice and research indications on new models. En: Forestry and Agroforestry for Environmental Protection and Rural Development. SINO-ITALIAN Workshop 1999.

PARRA, P.; GONZÁLEZ, M. 1998. La Chicharra. INFORmativo Sanitario Forestal. Grupo 1 Insectos. N°1. Santiago, Chile, INFOR.

PINCHEIRA, C. 1999. Análisis prospectivo de mercado externo del hongo *Morchella* spp. Tesis Ing. Forestal. Santiago, Chile, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales, Escuela de Ciencias Forestales, Departamento de Manejo de Recursos Forestales. 56 p.

POGNAT, C. 2001. Estudio de la comercialización de productos forestales no madereros en la zona de amortiguación de la Reserva Nacional Malleco y propuesta de alternativas para su manejo. Francia, Universidad de París –Val de Marne. 71p.

PRADO, J. A.; BARROS, S. 1989. Eucaliptos. Principios de silvicultura y manejo. Santiago, Chile, Instituto Forestal, División Silvicultura, CORFO. 199 p.

QUIRÓZ, I.; FLORES, L.; PINCHEIRA, M.; VILLARROEL, A. 2001. Manual de viverización y plantación de especies nativas. Zona centro sur de Chile. Chile, INFOR. 150 p.

QUIRÓZ, I.; STEENBUCK, D. 2001. Tratamientos intermedios y técnicas de manejo. Valdivia, Chile, INFOR. 69 p.

REGIONE PIEMONTE. ASSESSORATO ECONOMIA MONTANA E FORESTE. 2000. Cedui di castagno. Indirizzi per la gestione e la valorizzazione. Turin, Italia, Blu Edizioni. 36 p.

REINOSO, R.; CAJAS, D.; CHUNG, P.; GARRIDO, N.; GONZÁLEZ, M.; OSES, R.; ROBLEDO, J. 2006. Evaluación del proceso de micorrización de *Castanea sativa* (Fagaceae) con las especies micorrizantes *Tuber aestivum* y *Morchella conica* (Ascomycetes). 2º Congreso Latinoamericano IUFRO. "Bosques, La creciente importancia de sus funciones ambientales, sociales y económicas". 23 – 27 de octubre de 2006. La Serena, Chile.

- RIGUEIRO, A. 1998. Las setas y su hábitat en Galicia. Conferencia en el Aula de Cultura de "A Caixa de Aforros", Semana Micológica de Ferrol, A Coruña. España.
- ROBERTS, R.C.; DÍAZ, V., C. 1959/60. Los grandes grupos de suelos de Chile.
- ROCA, J. C. 1999. Parque Micológico del Río Beelle. Escuela Politécnica Superior, Campus de Lugo. Universidad de Santiago. Especialidad: I. T. A. Hortofruticultura y Jardinería. Consultado en Diciembre de 2006. Disponible en: http://www.geocities.com/yosemite/8300/PARQUE_MICOLOG.htm
- ROLLINSON, T.; EVANS, J. 1987. The yield of sweet chestnut coppice. Forestry Commission Bulletin U.K. Nº 64. 20 p.
- RUIZ DE LA TORRE, J. 2001. Árboles y arbustos de la España peninsular. Madrid, España, Coedición Fundación Conde del Valle de Salazar y Ediciones Mundi-Prensa. 512 p.
- SAAVEDRA, O. 1981. Perspectivas para el desarrollo de frutales tipo nuez en Chile. Chile, CORFO, Gerencia de Desarrollo AA 81/45. 302 p.
- SAAVEDRA, O. 1988. Perspectivas para el desarrollo de frutales tipo nuez en Chile. Chile, CORFO. Gerencia de Desarrollo AA 81/45 (reimpresión). 301 p.
- SAG (Servicio Agrícola y Ganadero). 2007. Consultado en Marzo de 2007. Disponible en: <http://www.sag.cl>.
- SALVATIERRA, G. 1990. Antecedentes de la situación del Castaño en la VIII Región. Chile, IPA Quilamapu 46: 8 - 12.
- SÁNCHEZ, M.; VIEITEZ, A. 1991. *In vitro* morphogenetic competence of basal sprouts and crown branches of mature chestnut. Tree Physiology, 8: 59-70.
- SÁNCHEZ, M.; BALLESTER, A.; VIEITEZ, A. 1997 a. Reinvigoration treatments for the micropropagation of mature chestnut trees. Annales des Sciences Forestières 54: 359-370.
- SÁNCHEZ, M.; SAN JOSE, C.; FERRO, C.; BALLESTER, A.; VIEITEZ, A. 1997 b. Improving micropropagation conditions for adult-phase shoot of chestnut. Journal of Horticultural Science. 72 (3): 433 - 443.
- SANTIBÁÑEZ Q., F.; URIBE M., J M. 1993. Atlas agroclimático de Chile. Regiones sexta, séptima, octava y novena. Santiago, Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. 99 p. maps.
- SAVILL, P. 1991. The Silviculture of Trees used in British Forestry. Oxford, Reino Unido, CAB International. 143 p.

SHIGO, A. L. 1986. A New Tree Biology Dictionary: Terms, topics, and treatments for trees and their problems and proper care. Shigo and Trees Associates. Durham, NH. 595 p.

SHIGO, A. L. 1994. Arboricultura Moderna. Compendio. Asociación Española de Arboricultura. Shigo and Trees Associates. Durham. EE.UU. 152 p.

SHIGO, A. L. 1997. Tree Pruning, a worldwide photo guide. 2nd print. Durham, USA. Shigo and Tress Associates. 192 p.

SIBBETT, G. S.; RAMOS, D.E.; BROWN, L. C. 1980. Establishing a new walnut orchard. USA, University of California. Leaflet N° 21157.

SIEBERT W., H.; LOEWE M., V. 2002. Gestione forestale compatibile con l'ambiente. L'esperienza del Cile. Revista Sherwood N° 77. Pp. 21-24.

SIEBERT, H. 2006. Silvicultura con apego a los procesos naturales y Plantaciones Mixtas. En: Loewe M., V. ed.; González O., M. ed. Plantaciones Mixtas, Un modelo productivo con potencial para Chile. Santiago, Chile, INFOR-FIA. 299 p.

SOLOMON, J.D. 1995. Guide to insect borers of North American broadleaf trees and shrubs. Agric. Handbk. 706. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. 735 p. Consultado en Julio de 2007. Disponible en: <http://www.forestpests.org/borers/leopardmoth.html>

SUDZUKI, F. 1983. Cultivo de frutales menores. Santiago, Chile, Editorial Universitaria. 184 p.

SUDZUKI, F. 1997. Cultivo de frutales menores. 6ª Edición. Santiago, Chile, Editorial Universitaria. 198 p.

SYLVAE. 2000. La identificación de oportunidades de mercado para la madera y los productos manufacturados de castaño (*Castanea sativa*), ciprés (*Cupressus torulosa*) y roble americano (*Quercus palustris*). INFOR Documento interno. 32 p.

TAGLIAFERRI, A.; ADUA, M.; BERIZZI, D.; SIMONETTI, F. 2002. La castanicoltura in Lombardia. Regione Lombardia, Italia. 160 p.

TANI A.; MALTONI A.; MARIOTTI B. 2003. La produzione legnosa di castagno in Italia. Sherwood N° 92: 5-10.

TOSSO T., J., ED. 1985. Suelos volcánicos de Chile. Santiago, Chile, INIA. 723 p. 18 mapas.

- TRINCADO, G.; SANDOVAL, V. 2001. Algoritmos para la estimación de volúmenes comerciales. *Quebracho* 9:106 -114.
- VELOSO C., F. 2003. Monografía de castaño (*Castanea sativa* Miller). Memoria Ingeniero Forestal. Concepción, Chile. Universidad de Concepción. 199 p.
- VIEITEZ, A. ; VIEITEZ, M. ; VIEITEZ, E. 1986. *Biotechnology in Agriculture and Forestry*. Vol. 1: Trees I, 393-414.
- VIEITEZ C., E. ; VIEITEZ M., M. L. ; VIEITEZ M., F. J. 1996. El Castaño. León, España, Ed. Edilesa. 341 p.
- VIEITEZ C., E.; VIEITEZ M., M.; VIEITEZ M., F. 1999. O castiñeiro: bioloxía e patoloxía. Santiago de Compostela: Consello da Cultura Galega, Ponencia de Patrimonio Natural, 1999. — XII, 274 p.
- VILLARROEL A.; POBLETE F. 1997. Establecimiento de plantaciones: Tabla de rendimiento y costos operacionales. Tesis Ingeniero de Ejecución Forestal. Concepción, Chile. Universidad de Concepción. 65 p.
- VITA, A. 1996. Tratamientos silviculturales. Santiago, Chile. Escuela de Ciencias Forestales, Universidad de Chile. 147 p.
- WASHINGTON, B.; WADE, S. 2006. Phomopsis nut rot of chestnuts. *Agricultural Notes*. Australia, State of Victoria, Department of Primary Industries. 2p.
- WORMALD T. J. 1992. Mixed and pure forest plantations in the tropics and subtropics. Roma, Italia, FAO Forestry Paper 103. 74 p.
- WRIGHT, C.S. 1959/60. Observaciones sobre los suelos de la zona central de Chile. *Agricultura Técnica* 19/20(s/n): 065-095.
- XIMENEZ DE EBRUM, J. 1961. El castaño. Serie Ministerio de Agricultura. Hojas divulgadoras N°23. Madrid, España. 28 p.
- ZANUTTINI, R.; CIELO, P. 1996. Caratteristiche tecnologiche ed impieghi del legno di castagno. *Sylvae Pedemontis* 2(1). Ed. Associazione Forestale del Piemonte. Pp 13-22.

CASTAÑO

MADERA DE ALTO VALOR PARA CHILE



GOBIERNO DE CHILE
FUNDACIÓN PARA LA
INNOVACIÓN AGROPECUARIA
MINISTERIO DE AGRICULTURA



ESGOTS

FONDO DE FOMENTO TECNOLÓGICO DE LA PRESIDENCIA DEL DSI



INFOR

Fondef
FONDO DE FOMENTO AL DESARROLLO
CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO