

- Obtención (procesos involucrados)
- Rendimientos
- Comercialización y mercados
- Aspectos legales involucrados
- Mejoras potenciales

Los productos forestales no madereros identificados, que se obtienen en la actualidad, o que al menos han sido obtenidos en alguna época en el valle de Colliguay son los siguientes:

1. Carbón
2. Leña
3. Corteza de quillay
4. Hojas de boldo
5. Tierra de hojas
6. Hierbas medicinales
7. Miel y cera de abejas
8. Praderas naturales y producción animal
9. Fauna silvestre
10. Recreación

• Identificación y caracterización de productos forestales secundarios potenciales

Se entenderá por productos secundarios potenciales a aquellos que actualmente no se obtienen en el valle de Colliguay y que, sin mayores transformaciones del sistema productivo actual, podrían ser aprovechados. Se parte de la base de que el ecosistema se encuentra bastante degradado por el uso histórico que le ha dado el hombre. Por lo mismo, la identificación de productos forestales potenciales pretende que los habitantes del sector revaloricen el recurso que los rodea de manera de que no se siga subutilizando, a la vez de crear un incentivo para futuros proyectos de reforestación o enriquecimiento con especies nativas, ordenamiento y creación de sistemas productivos sustentables que incorporen tecnología y proporcionen mayor conocimiento del medio ambiente y sus recursos a los habitantes del valle.

En este punto, y dado que son productos más alternativos que tradicionales, se resumirá muy brevemente parte de la caracterización de cada producto potencial identificado.

Corteza, ramas, fuste de boldo: Lo que hace interesante la extracción de hojas de boldo es su contenido de boldina, el cual se ha determinado que es mayor en la corteza y material leñosos de ramas y fuste que en las propias hojas. Por lo anterior se plantea la posibilidad de aprovechar estos componentes del árbol, su obtención sería un complemento al proceso de cosecha de las hojas.

Hojas, ramas, fuste de quillay: La importancia de la corteza de quillay radica en su contenido de *saponina*, compuesto que también se encuentra en ramas, madera y hojas del

árbol. Aunque el mayor contenido de *saponina* se presenta en la corteza, el resto de los componentes aéreos del vegetal también la contienen y representan una biomasa importante que puede aprovecharse.

Frutos silvestres: Mucha de las especies esclerófilas presentes en el sector producen frutos que en la actualidad no son aprovechados, aunque se tiene conocimiento de su uso desde el pasado, por ejemplo: frutos de boldo, peumo, espino, maqui, litre, belloto, entre otros, aprovechados como alimento humano, para animales o aves, para elaboración de licores, colorantes y usos industriales. Aunque no existe un mercado establecido para este tipo de productos, existe la posibilidad de crearlo, aprovechando la creciente demanda existente por productos de origen natural.

Piezas cortas de madera: El bosque esclerófilo tiene especies arbóreas de gran valor maderero, siendo el lento crecimiento de las especies y el estado actual de deterioro del bosque las principales desventajas para la obtención de este tipo de producto. Si bien no puede pretenderse la obtención de piezas largas, sí sería interesante el aprovechamiento de piezas cortas, posibles de obtener y que actualmente se destinan a la producción de leña y carbón.

Chaguales: El género *Puya* es interesante por sus utilidades culinarias, industriales y en medicina popular tradicional (Campos, 1995). Según Strasbruger *et al.* (1988) y Montenegro (1984), su abundancia se explica por su rusticidad, presentando especial resistencia a condiciones edáficas y climáticas adversas, como baja fertilidad y déficit hídrico. Su comercio en mercados y ferias locales es el resultado de la explotación artesanal de que es objeto en su condición silvestre natural.

Semillas de plantas silvestres: Las condiciones climáticas y topográficas del valle permiten que tanto las especies arbóreas como las arbustivas y herbáceas, presenten en general, buena semillación. Se ha observado abundancia de semillas de especies como quillay, peumo, colliguay, entre otras, las cuales presentan una interesante demanda por su condición ornamental.

Flores de corte: En el valle de Colliguay existe gran diversidad de flores de extraordinaria belleza que crecen en forma silvestre según la época y las condiciones climáticas del año, presentándose la también alternativa de realizar cultivos comerciales.

Hierbas medicinales: Algunas especies de hierbas medicinales se recolectan en la actualidad en el valle, pero no ha sido considerada comercialmente la utilización de muchas de ellas, siendo este rubro muy interesante tanto para el mercado nacional como para mercados extranjeros.

Polen, propóleo, jalea real: Como resultado de la modernización de las colmenas se ha incrementado la explotación del polen; aunque el producto aún no es de consumo masivo en el país, sus propiedades nutritivas lo hacen interesante como producto secundario. Por otro lado, el propóleo constituye un antiséptico natural, siendo también utilizado como base



para la elaboración de productos de consumo humano. La jalea real, al igual que el polen constituye una fuente de nutrientes que aún no ha llegado a constituir un producto de consumo masivo, pero existen evidencias de que puede constituir un mercado interesante.

Cortezas, taninos y extraíbles: La mayoría de las especies nativas presenta contenidos interesantes de taninos, sustancias resinosas, fibras o compuestos interesantes para la elaboración de fármacos, bactericidas, colorantes, usos industriales en curtiembres, entre otras aplicaciones.

Eco y agroturismo: El valle de Colliguay presenta ventajas comparativas para el desarrollo de este tipo de actividades, dada su cercanía a centros urbanos como Santiago y Valparaíso, entre otros. También es una ventaja su topografía, que incluye terrenos levemente accidentados y sectores con presencia de árboles y cursos de agua. Además del concepto tradicional de turismo, sería posible implementar el agroturismo, que consiste básicamente en que el turista conozca la forma de vida del habitante rural, compartiendo su casa, comidas y costumbres. Esta práctica ha tenido gran éxito en Chiloé, y dadas sus características, sería perfectamente aplicable en el sector.

Hongos silvestres: Los hongos tienen una participación activa en el ecosistema forestal, reconociéndose un efecto beneficioso en el rendimiento de la masa boscosa gracias a una asociación positiva hongo – árbol (Sepúlveda, 1992). Desde el punto de vista gastronómico son altamente apetecidos gracias a su sabor y valor nutritivo. En la actualidad este producto no es obtenido, al menos a nivel comercial en el sector en estudio, pero por las condiciones y vegetación presentes en algunos sectores, representa también un interesante producto potencial.

Tinturas vegetales: En el valle de Colliguay existe un taller de hilado artesanal, donde se confeccionan alfombras, ponchos y artículos de lana natural. Dado el carácter artesanal de estas prendas, los colores que se utilizan en su tinción provienen de raíces, hojas, cortezas, semillas, arbustos y hierbas. Este es un ítem de uso restringido pero puede constituir una alternativa productiva.

CONCLUSIONES Y COMENTARIOS

1. En general, se aprecia desconocimiento con respecto a los productos forestales secundarios. Para algunos de ellos existe poca información disponible, y para otros, a pesar de existir estudios, éstos no han alcanzado el nivel técnico o no se ha realizado la adecuada transferencia tecnológica que se requiere para implementar procesos productivos en los sectores rurales.
2. La identificación y caracterización de los productos forestales secundarios obtenidos actualmente en el sector, permite concluir que éstos están siendo mal aprovechados. Los procesos productivos involucrados no presentan un nivel tecnológico que potencie el recurso base (bosque esclerófilo), obteniéndose productos en volúmenes y calidades que dificultan su comercialización. Por otra parte, no se aprecia un manejo que tienda a ordenar el sistema y su producción.
3. La identificación y caracterización de los productos forestales secundarios potenciales, permite concluir que, a pesar del actual estado de degradación en que se encuentra el recurso esclerófilo presente en el lugar, existe la posibilidad de obtener nuevos productos, hasta ahora no considerados o subutilizados, que pueden convertirse en una motivación para implementar una estructura productiva ordenada y sustentable que revalorice las formaciones naturales.
4. La información recopilada sobre los productos secundarios, tanto actuales como potenciales, permite concluir que es factible realizar transformaciones primarias, básicamente, acopio, homogeneización, envasado y etiquetado de los productos, lo que podría facilitar su posterior comercialización. Algunos productos podrían ser sometidos a procesos más elaborados que aumenten su valor agregado (carbón activado, boldina, saponina, aceites esenciales, taninos), pero se requeriría de una inversión importante y de estudios económicos específicos.
5. Sería muy interesante verificar los mercados de interés y las condiciones exigidas para el ingreso de este tipo de productos, además de considerar la posibilidad de darles una clara identificación con respecto a su lugar de origen, lo cual podría verse muy beneficiado si se utilizaran envases, etiquetas o marcas que los asocien con el valle de Colliguay, a modo de característica distintiva. También resultaría muy útil la implementación de un centro de acopio de productos que mejoren los problemas de comercialización.
6. Considerando o no las mejoras al sistema productivo, es de vital importancia enriquecer el recurso boscoso presente en el valle, mejorando las condiciones de regeneración natural o efectuando plantaciones de las especies nativas presentes. También debe considerarse la posibilidad de efectuar plantaciones con especies exóticas de rápido crecimiento, ya que éstas ayudarían a disminuir la presión sobre el recurso nativo (particularmente con la leña). Como complemento a lo anterior, sería

recomendable desarrollar opciones de transformaciones primarias, introducir procesos industriales, elementos tecnológicos y crear nuevos canales de comercialización.

7. El trabajo realizado no pretende cambiar la idiosincrasia del habitante rural, pero al menos sí agregar nuevos elementos productivos que se encuentren a su alcance y que ayuden a disminuir el círculo de pobreza en que actualmente vive y que además aumenta los problemas ambientales, erosivos y de desertificación.

BIBLIOGRAFÍA

- CAMPOS, J. 1995. *Cultivo in vitro en el género Puya*. Memoria de Título Ingeniero Agrónomo. Universidad Concepción. Facultad de Agronomía. Chillán, Chile. 23 p.
- CONAF-CONAMA, 1997. *Proyecto Catastro y Evaluación de los Recursos Vegetacionales Nativos*. Carta de Uso Actual y Cobertura Vegetacional Quebrada de Alvarado V Región. CONAF/CONAMA, Santiago, Chile.
- GAJARDO, R. 1994. *La vegetación natural de Chile. Clasificación y distribución geográfica*. Editorial Universitaria, Santiago, Chile. 165 p.
- KAUFMANN, M.R. 1994. *An ecological basis for ecosystem management*. USDA Forest Service, General Technical Report RM - 246. 22 p.
- MONTENEGRO, G. 1984. *Atlas de anatomía de especies vegetales autóctonas de la Zona Central*. Ediciones Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 153 p.
- SANTIBÁÑEZ, F. Y URIBE, J. 1990. *Atlas Agroclimático de Chile. Regiones V y Metropolitana*. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Laboratorio Agroclimatología. Depto. Ingeniería y Suelos. Santiago, Chile. 65 p.
- SAPAJ, A.S. 1998. *Potencialidad del bosque esclerófilo del valle de Colliguay (V Región) para la obtención de productos secundarios*. Memoria de Título Ingeniería Forestal. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Santiago, Chile. 108 p.
- SEPÚLVEDA, L. 1992. *Producción y comercialización de hongos deshidratados*. El Campesino. Vol. 123. Nº 12, pp. 28-31.
- STRASBURGER, E.; NOLL, F.; SCHENCK, H. Y SCHIMPER, A. 1988. *Tratado de Botánica*. Ediciones Omega. Barcelona, España. 1098 p.
- TEWARI, D. Y CAMPBELL, J. 1996. *El auge de los productos forestales no madereros en la India*. Unasylva, Nº 187. Vol 47, pp. 26-31.
- UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE. 1993. *Informe de diagnóstico de la microrregión Colliguay - Carén*. Departamento de Economía Agraria. Pontificia Universidad. Católica de Chile.
- WICKENS, G.E. 1991. *El desarrollo de los productos forestales no madereros: principios de ordenación*. Unasylva, Nº 165, Vol.42, p. 3.

MANEJO DE RENOVALES PUROS DE COIGÜE (*Nothofagus dombeyi*). UNA ALTERNATIVA PRODUCTIVA PARA PEQUEÑOS PROPIETARIOS DE LA PRECORDILLERA ANDINA DE LA IX REGIÓN

Marcelo Hernández N.¹; Celso Navarro C.²; Jaime Castillo P.³

RESUMEN

La concentración de la propiedad en la IX Región, es predominantemente en el área cordillerana y precordillera, y según estadísticas de bienes agrícolas (SII, 1993), de un total de 93.103 predios en la IX Región, el 58% correspondería a predios inferiores a 87 ha, un 39% a predios sobre 8,1 ha y bajo 200 ha, y tan sólo un 2,3% de las propiedades serían superiores a 200 ha. Dentro de este contexto, las cifras proporcionadas por el *Catastro y Evaluación de los Recursos Nativos de Chile* (CONAF-CONAMA, 1997) deberían convertirse en el punto de partida en las acciones a desarrollar con relación al manejo del bosque nativo. El recurso nativo en la IX Región es de 907.521 ha, de las cuales 446.585 corresponden a renovales, de estas últimas 77.450 son renovales puros de coigüe (CONAF-CONAMA, 1997). La importancia de estos renovales sumado a la carencia de estudios bien documentados y los nuevos conceptos del manejo sustentable a nivel de ecosistemas hacen necesario establecer experiencias, que en función de sus resultados pueden ser aplicados, tanto para pequeños y medianos propietarios, como grandes empresas.

Esta situación derivó a establecer un área de estudio, que se localizó en la Precordillera Andina de la IX Región, comuna de Melipeuco, sector Casablanca (38°57' S y 71°61' O). Se seleccionaron bosquetes de coigüe puro del Tipo Forestal Roble-Raulí-Coigüe, pertenecientes a pequeños propietarios adscritos al *Proyecto Campesinos Forestales*, desarrollado por CONAF. Durante el año 1995 se estableció el ensayo con un diseño experimental conformado por 9 parcelas permanentes (400m²), aplicándose 3 tratamientos de raleo (Testigo, Raleo a 2 y 3 m) con 3 repeticiones, asignados aleatoriamente en las unidades muestrales. La densidad promedio para el total de las especies fue de 6.400árb/ha; coigüe como especie participa con 6.297árb/ha. El área basal total promedio observada fue de 50,57m²/ha, aportando coigüe con 45,25m²/ha. Con respecto a los volúmenes para el total de las especies se determinó un promedio de 320,77m³/ha y para coigüe 319,31m³/ha. Las intervenciones de raleo aplicados tienen características de un raleo por lo bajo, extrayéndose principalmente clases diamétricas inferiores, con niveles de extracción de 66,53% y 78,89% para los raleos a 2 y 3 m, respectivamente, lográndose un aumento del diámetro medio cuadrático del bosque residual, la liberación de las copas del dosel superior y se mejora la calidad del rodal residual. Se cuenta con evaluaciones de año 1998 y 1999.

¹ Ingeniero Forestal. Magíster en Ciencias, Mención Silvicultura ©. U. Católica de Temuco. Manuel Montt 056. mhernand@uctem.cl

² Ingeniero Forestal. Magíster en Ciencias, Mención Manejo Recursos Forestales ©. U. Católica de Temuco. Manuel Montt 056. cnavarro@uct.cl

³ Ingeniero en ejecución Forestal. U. Católica de Temuco. Manuel Montt 056. jcastillo@uctem.cl

INTRODUCCIÓN

La importancia de los bosques naturales a nivel mundial y nacional, es creciente, cuyas bondades están siendo cada vez más valoradas. No sólo por el hecho de representar una fuente permanente de materia prima para la industria forestal, sino que también por las múltiples funciones que cumple como ecosistema en la regulación del ciclo hidrológico, productores de bienes y servicios como son madera y recreación, protección y conservación de suelos, productores de alimentos, productores de químicos, fijación del carbono atmosférico, intercambio gaseoso, protección de la vida silvestre, biodiversidad, por nombrar los principales.

Como manejar este capital natural es un foco de discusión constante y complejo, pues en éste se sustenta la forma en que los países construyen su crecimiento y desarrollo tan deseado, que junto con los elementos que se adopten para que los principios del desarrollo sustentable tengan algún sentido y una aplicación práctica, que beneficie en forma integral al hombre. Cobra importancia esto último, el resolver la integración del hombre con el bosque, problemática que presenta posiciones muy diversas. Desde aquellos que valoran el bosque en un sentido fundamentalmente estético, pasando por otros que lo requieren para su sustento básico, hasta aquellos que sostienen establecimientos industriales con los productos provenientes del bosque nativo (Vargas, 1996).

La valorización y utilización de los bosques naturales, dependiendo del ámbito o entorno de interés, también son diversas. Los actores de los centros rurales, aquellos que habitan diariamente bajo este entorno natural, quienes son claves en la decisión del uso del recurso no son prácticamente considerados, teniendo mayor incidencia los actores del ámbito urbano. Por tanto existe un fuerte desafío en la integración entre los conceptos técnicos-ingeneriles y los conceptos, necesidades y usos que el pequeño propietario da a su bosque, principal regulador de un ecosistema tan propio.

La concentración de la propiedad en la IX Región, es predominantemente en el área cordillerana y precordillera andina y según estadísticas de bienes agrícolas (SII, 1993), de un total de 93.103 predios en la IX Región, el 58% correspondería a predios inferiores a 87 ha, un 39% a predios sobre 8,1 ha y bajo 200 ha, y tan sólo un 2,3% de las propiedades serían superiores a 200 ha. Dentro de este contexto las cifras proporcionadas por el *Catastro y Evaluación de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile* (CONAF-CONAMA, 1997) deberían convertirse en el punto de partida en las acciones a desarrollar en relación con el manejo del bosque nativo. El recurso nativo en la IX Región es de 907.521 ha, de las cuales 446.585 ha corresponden a renovales, de estas últimas 77.450 son renovales puros de coigüe (CONAF-CONAMA, 1997). La importancia de estos renovales sumado a la carencia de estudios bien documentados, existiendo sólo algunos trabajos (Delgado, 1986; Lara y Echeverría, 1995; y CONAF y GTZ, 1998; Donoso y Lara, 1999; Martínez, 1999) y los nuevos conceptos y desafíos del manejo sustentable al nivel de ecosistemas hacen necesario establecer experiencias, que en función de sus resultados pueden ser aplicados, tanto para pequeños y medianos propietarios, como grandes empresas.

El objetivo del estudio es proporcionar antecedentes de manejo de bosques de familias campesinas y aumentar con el tiempo la valorización de su propiedad.

MATERIAL Y MÉTODO

• Ubicación geográfica del área de estudio

La localización del área de estudio se encuentra en la precordillera Andina de la IX Región, a 16 km de la Comuna de Melipeuco, en el sector denominado Casa Blanca.

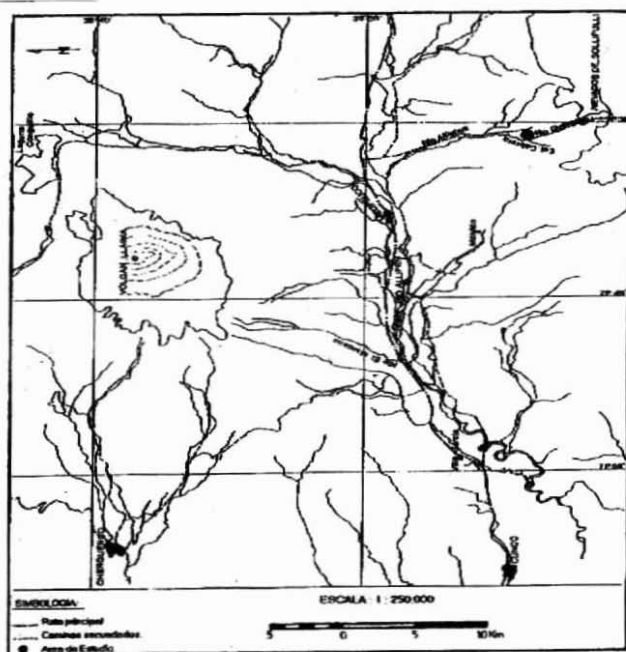


FIGURA 1: Ubicación general del ensayo de Renovales de Coigüe, Precordillera Andina de la IX Región, Comuna de Melipeuco

• Características del sitio

La vegetación predominante del sector corresponde al Tipo Forestal roble-raulí-coigüe, con importante presencia de estas especies en estado de renoval, siendo coigüe la especie dominante en los sectores de mayor altitud y roble-raulí, en altitudes inferiores. Para el establecimiento de las unidades muestrales en este sector, se seleccionaron bosquetes de pequeña superficie, pertenecientes a pequeños propietarios adscritos al *Proyecto*

Campesinos Forestales, desarrollado por CONAF (Figura 2), cuyas edades promedio era de 28 años.

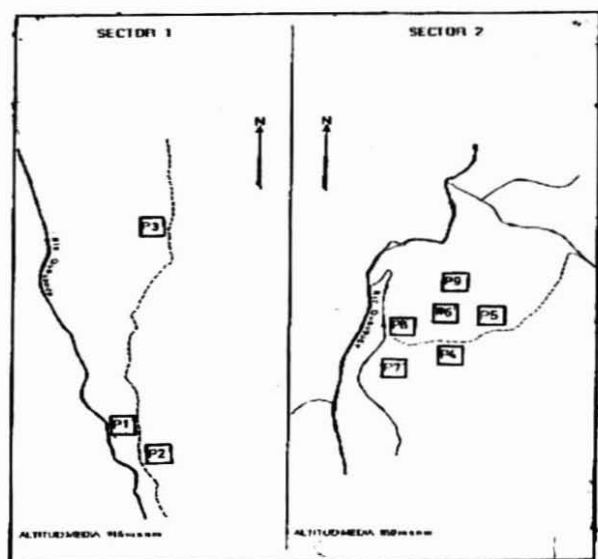


FIGURA 2: Ubicación de las unidades muestrales en el sector del estudio

Los suelos del área corresponden a la serie Huerere, ubicada en la Cordillera de los Andes entre los 600 y 1.400 m.s.n.m., su origen se remonta a la actividad volcánica cuaternaria, cuyos materiales transportados por aluvión y *eolium*, se caracterizan por ser más o menos escoriáceos, estratificados con capas de cenizas y pómez, o mezclados parcialmente con cenizas volcánicas. Son suelos profundos, de color pardo grisáceo en la superficie y pardo amarillento en profundidad (Tosso, 1985).

El sector 1, sin embargo, presenta suelos delgados e incipientes, debido a la mayor altitud respecto al sector 2 y a la influencia de material granular aportado por el río Queupude. El sector 2, es más representativo de la serie Huerere, característico del sector (Cuadro 1).

El clima, de acuerdo a la clasificación bioclimática de Koeppen, corresponde al tipo polar de altura, caracterizado por abundantes precipitaciones invernales, parte importante de las cuales cae en forma de nieve, alcanzando un total anual de 3.000 mm. Las temperaturas en invierno son menores a 0° C, mientras que en verano se han registrado cifras sobre 25° C.

La altitud media del sector es de 874 m.s.n.m., con exposiciones preferentemente suroeste y noroeste y pendientes que oscilan entre 2 a 44% (Cuadro 1).

CUADRO 1
Características fisiográficas del lugar de estudio.

Sector	Parcela	Exposición	Pendiente(%)	Altitud (msnm)
1	1	Suroeste	7	928
1	2	Noroeste	4	916
1	3	Suroeste	2	895
2	4	Suroeste	4	857
2	5	Suroeste	14	864
2	6	Noroeste	9	856
2	7	Noroeste	44	851
2	8	Noroeste	15	843
2	9	Noroeste	7	858

• Diseño Experimental

La monumentación del ensayo consistió en establecer 9 parcelas permanentes, donde se aplicaron 3 tratamientos con 3 repeticiones, los que se asignaron aleatoriamente en las unidades muestrales (Cuadro 2). La superficie de las parcelas fue de 400 m² y de forma cuadrada.

Los criterios de asignación de tratamientos se basaron en un criterio combinado de distanciamiento y calidad, considerándose raleos a 2 y 3 m de distanciamiento (T2 y T3, respectivamente) y un tratamiento testigo (T1). Esto significó aplicar raleos por lo bajo, característico de renovales de especies intolerantes, que concentran la mortalidad natural en las clases diamétricas inferiores.

La ubicación de las parcelas en el área de estudio se limitó a aquellos predios donde los propietarios autorizaron su establecimiento.

CUADRO 2
Resumen de los tratamientos de raleo en renovales de coigüe

Tratamiento	Criterio	Nº Repeticiones	Parcela (Nº)
1	Testigo	3	3-4-7
2	Raleo a 2m	3	1-5-8
3	Raleo a 3m	3	2-6-9

Mediciones y evaluación de la información

Variables de altitud, exposición y pendiente fueron registradas en cada parcela. Se midieron todos los árboles mayores o iguales a 5 cm de DAP, previa identificación con un número y se evaluó la calidad en base a una clasificación de árbol completo considerando sanidad, forma y dominancia.

Para coigüe, especie dominante de estos bosques, se tomó una muestra de árboles, a los que se les midió la altura total y altura comienzo de copas, para construir funciones estimadas de altura en función del DAP. Para las especies acompañantes se aplicaron en la estimación de alturas funciones construidas para la zona. También se obtuvo información del sotobosque y regeneración.

El período de evaluación del ensayo comprende la situación original (antes del raleo) y después de aplicadas las intervenciones planificadas, realizado durante 1995 y 1996. Una tercera evaluación corresponde al año 1999.

Para cada una de las parcelas se construyeron tablas de rodal y existencias y parámetros descriptivos de los rodales, antes y después del raleo. Una función general de volumen fue construida para obtener los volúmenes. Con el objetivo de visualizar la variación experimentada entre los períodos de medición para los diferentes tratamientos, fueron evaluados el diámetro medio cuadrático, área basal, densidad, volumen (bruto y neto), altura media y calidad del bosque residual.

PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

• Caracterización de los Renovales de coigüe en el área de estudio

Brinzales y Regeneración

En el cuadro 3 se presenta una descripción cuantitativa por calidad de las principales especies existente en el sotobosque de los renovales de coigüe.

La especie más importante por su participación son coigüe, colihue, tineo y radal. Los brinzales de coigüe se encuentran en ambos sectores, en cambio colihue solo está presente en el sector 2, donde se encuentra en forma agrupada ocupando áreas de 1 m² en promedio y alturas que alcanzan 5 m. Se destaca del cuadro el alto porcentaje de árboles muertos de coigüe (calidad 4), que sólo es superado por los árboles de calidad 3 de la misma especie, producto de la mortalidad natural o proceso de auto-raleo que es común en bosques de alta densidad.

CUADRO 3
Número de brinzales (árbo/ha) por especie y calidad

Especie	Calidad 1	Calidad 2	Calidad 3	Calidad 4	Total
<i>Nothofagus dombeyi</i>	34	123	826	745	1728
<i>Nothofagus alpina</i>	1	3			4
<i>Wiermania trichosperma</i>		3	15		18
<i>Saegothaea conspicua</i>	1	1	1		3
<i>Lomatia hirsuta</i>			9	2	11
<i>Embothrium coccineum</i>			7		7
<i>Aristelia chilensis</i>			3		3
<i>Maitenus magellanica</i>			9		9
<i>Myrceugenia sp.</i>			3		3
<i>Chusquea coleu</i>					1635
Total	36	130	873	747	3421

En el Cuadro 4 se presenta la información de regeneración, clasificada por clase de altura, lo que permite pronosticar la dinámica y sucesión de estos bosques, es decir, la composición y reemplazo de especies en base a sus requerimientos ecológicos, permitiendo evaluar distintos escenarios dependiendo de la intensidad, periodicidad, oportunidad y frecuencia de corta.

CUADRO 4
Regeneración por especie y clase de altura

Especie	Clase de Altura (cm)				Sector 1	Sector 2
	0-50	50-100	>100	Total		
<i>Laurelopsis philipiana</i>	5	-	-	5	p	p
<i>Saegothaea conspicua</i>	3	1	4	8	p	p
<i>Wiermania trichosperma</i>	6	-	-	6	p	p
<i>Lomatia hirsuta</i>	4	3	-	7	p	p
<i>Embothrium coccineum</i>	20	6	-	26	p	p
<i>Nothofagus obliqua</i>	-	1	-	1	P	p
<i>Nothofagus alpina</i>	-	1	-	1	-	p
<i>Myrceugenia sp.</i>	22	1	-	23	p	-
<i>Pernettya sp.</i>	24	-	-	24	p	p
<i>Berberis sp.</i>	5	1	-	6	p	p

p = presencia de la especie en el sector.

En ambos sectores se encuentran regenerando la mayoría de las especies, destacando las especies tolerantes tepa (*L. philipiana*) y mañío (*S. conspicua*), que podrían constituirse en las especies más importantes junto con coigüe en el futuro, si el bosque sigue su dinámica natural, dando la posibilidad mantener dos doseles, uno de especies intolerantes (coigüe) y

otro tolerante, constituido principalmente por éstas. Tal alternativa permitiría una mayor diversidad de especies, mayor oferta de nichos, reducción de la probabilidad de daños por plagas, diversidad de productos frente a un mercado cambiante, mejorar la poda natural de coigüe y otros. Coigüe no presenta regeneración y es casi nula la de los otros *Nothofagus* (roble y raulí). La ausencia de regeneración de estas especies se debe principalmente a la ausencia de luz en el piso del bosque, producto de la gran densidad del bosque y de los requerimientos ecológicos de estas especies intolerantes, donde el recurso luz es escaso (Donoso, 1993).

Antecedentes dasométricos

Los renovales estudiados corresponden a bosques puros de coigüe, aportando 98,24 % del total de árboles, 98,77 % del área basal y el 99,52 % del volumen total. Las especies acompañante definidas como *otras*, no fueron analizadas individualmente (raulí, radial, notro, tino y maqui) (Cuadro 5).

Las densidades encontradas en las 9 parcelas son relativamente homogéneas, con un coeficiente de variación de 24,42 % para coigüe, 80,05 % para las otras especies y un 23,51 % para el total de las especies. La densidad promedio para el total de las especies fue de 6.400 árb/ha coigüe como especie participa con 6.297 árb/ha. El área basal total promedio observada fue de 50,57 m²/ha, aportando coigüe con 45,25 m²/ha. Con respecto a los volúmenes para el total de las especies se determinó un promedio de 320,77 m³/ha y para coigüe 319,31 m³/ha (Cuadro 5).

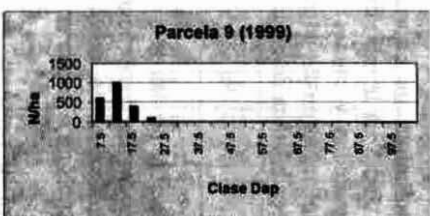
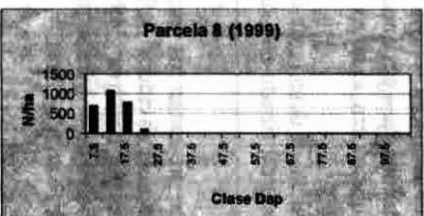
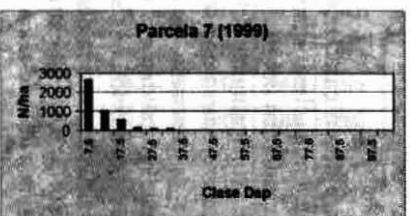
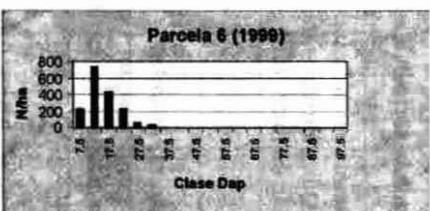
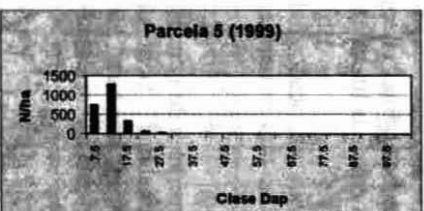
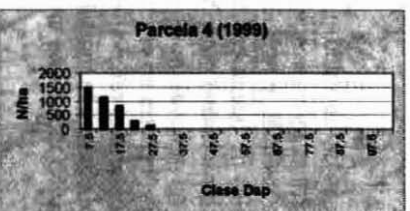
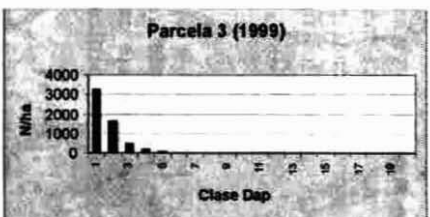
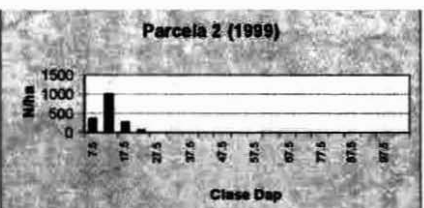
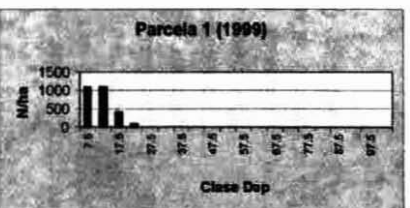
En relación a estos parámetros dasométricos, los primeros antecedentes de experiencias en coigüe datan de ensayos instalados en 1977 en la *Reserva Forestal Malalcahuello* (Lara y Echeverría, 1995). Donde el criterio de intervención fue afectar el área basal (rango entre 30 y 60% del área basal a extraer). Las densidades eran de 1600 a 5460 árboles/hectárea con diámetros medios cuadráticos de 19 y 8,5 cm respectivamente. Delgado (1986) realiza un estudio en la Laguna Pedro Aguirre Cerda (XI Región) en renovales de coigüe, con densidades de 1927 árb/ha, área basal de 54,9 m²/ha y diámetro medio (DAP) de 17,7 cm, proponiendo cortas de mejoramiento. Valores similares en cuanto a densidad determinó Grosse (1989) con 3400 árboles/ha en Neltume (X Región).

Estructura diamétrica

La distribución diamétrica de las parcelas presenta una curva de forma exponencial negativa, debido a la mayor concentración de árboles en las clases diamétricas menores, característico en renovales jóvenes. Los cuales al estar creciendo a altas densidades están sometidos a un fuerte proceso de competencia por luz, agua, nutrientes y espacio. Si se compara la forma de la curva del sector 1 (parcelas 1, 2, 3) con el sector 3, ambas son exponenciales negativas, pero para el sector 1 la pendiente entre las clases diamétricas 1 y 2, es mucho más fuerte, producto de las mejores condiciones de sitio del sector 2, manifestándose mucho más temprana la mortalidad y aplanamiento de ésta, con respecto del sector 1 (Figura 3). En la aplicación de intervenciones, esta situación debe ser

Cuadro 5
Antecedentes dasométricos originales por parcela.

Parcela	Coigüe							Otras						Total						% Coigüe	
	N	G	VT	VC	D	Dc	HT	N	G	VT	VC	D	Dc	N	G	VT	VC	D	Dc	N	G
1	8400	5586	36167	8931	874	920	1090	-	-	-	-	-	-	8400	5586	36167	8931	874	920	100	100
2	8590	5782	37939	10255	876	928	1229	50	017	083	-	655	660	8600	5799	38022	10255	766	794	9942	9971
3	6000	4682	26140	7063	923	997	929	225	115	275	-	794	808	6225	4797	26415	7063	859	908	9639	9760
4	4175	4913	27996	13605	1146	1224	1138	-	-	-	-	-	-	4175	4913	27996	13605	1146	1224	100	100
5	6325	4578	29981	9179	905	961	1242	250	116	310	-	760	769	6575	4694	30291	9179	833	866	9620	9753
6	5725	5308	34749	15680	1002	1086	1313	25	032	087	127	1286	1286	5750	5340	34836	15807	1144	1186	9957	9940
7	4400	4334	29599	14922	1002	1120	1402	250	191	384	-	950	986	4650	4525	29983	14922	976	1053	9462	9578
8	5925	5107	33988	14308	977	1047	1343	100	048	149	-	742	784	6025	5155	34137	14308	860	916	9834	9907
9	7175	4700	30816	7775	860	914	1210	25	008	031	-	668	668	7200	4708	30847	7775	764	791	9966	9983
Media	6297	4999	31931	11302	952	1022	1211	132	075	188	014	836	852	6400	5057	32077	11316	914	961	9824	9877
Min	4175	4334	26140	7063	860	914	929	25	008	031	000	655	660	4175	4525	24615	7063	764	791	9462	9578
Max	8590	5782	37939	15680	1146	1224	1402	250	191	384	127	1286	1286	8600	5799	38022	15807	1146	1224	100	100
DSTD	1538	485	3964	3321	091	106	144	106	067	134	042	221	220	1505	439	3901	3342	145	159	200	147
CV%	2442	970	1241	2939	959	1040	1187	8005	8938	7129	8571	2641	2584	2351	869	1216	2954	1592	1650	202	149



considerada en términos de oportunidad, periodicidad e intensidad, pudiendo ser más temprana adelantándose a la mortalidad a la natural, más intensas en los mejores sitios, o con mayor periodicidad y menos intensa, en relación a sitios de menor productividad, concentrándose el raleo en las clases diamétricas inferiores que son los individuos que morirán a futuro en la etapa de exclusión de fustes (Oliver y Larson, 1990).

Calidad

Para la planificación de las actividades silvícolas y con ello la industria forestal es fundamental conocer las existencias en el bosque, tarea muy compleja en los bosques naturales, principalmente en bosques adultos de estructura multiestratificada, y menos complejo en bosques de segundo crecimiento o renovales.

El renewal de coigüe presenta, en general, buena calidad, esto significa buena forma y sanidad y pertenecer un porcentaje importante de árboles del dosel dominante. Característica importante en especies intolerantes, debido a que los requerimientos de luz son altos y dejar individuos pertenecientes al dosel intermedio o suprimido de esta especie, lo más probable que muera, al no responder a la liberación por luz.

Respecto a la sanidad se detectaron daños provocados por pájaros carpinteros (*Calaptes sp.*) e insecto perforadores, siendo este último más frecuente en las parcelas de mayor humedad y mayor densidad.

En el Cuadro 6 se presentan los antecedentes de la calidad del renewal, destacando que el mayor porcentaje de individuos de la calidad 1 pertenecen a coigüe, con un 40,96 % del número de árboles por hectárea y 48 % del área basal para el total de las especies. El menor porcentaje de árboles de coigüe se presenta en localidad 2, con valores promedios de 10,12 % /árb/ha) y 9,61 % en área basal.

• Antecedentes después de las intervenciones de raleo

Tratamientos

Las intervenciones tienen características de un raleo por lo bajo intenso, concentrándose fundamentalmente en las clases diamétricas inferiores, lo que se tradujo en un aumento del diámetro medio cuadrático del bosque residual, y la liberación de copas de dosel superior, quedando en pie principalmente árboles de buena calidad de coigüe que conforman este dosel, liberándose un recurso que se torna escaso como agua, luz, nutrientes y espacio. El criterio adoptado es adecuado para un renewal muy joven dominado por una especie intolerante, con una mortalidad que se concentra en el estrato inferior, permitiendo con ello normalizar la curva, condición que adoptaría el renewal en condiciones naturales cuando se inicie el proceso de competencia que da paso a la mortalidad (Daniel *et al.*, 1982; Oliver y Larson, 1990.). Por lo tanto, la extracción intensa en ambos tratamientos, es adelantarse a este proceso dinámico de auto-raleo.

Cuadro 6
Tabla de rodal por parcela según calidad

Parcela	Coigüe						Otras						Total					
	Calidad 1		Calidad 2		Calidad 3		Calidad 1		Calidad 2		Calidad 3		Calidad 1		Calidad 2		Calidad 3	
	N	G	N	G	N	G	N	G	N	G	N	G	N	G	N	G	N	G
1	4350	3363	1350	629	2725	1600	-	-	-	-	-	-	4350	3363	1350	63	2725	1600
2	2600	2034	500	332	5450	3416	-	-	-	-	50	0,17	2600	2034	500	332	5500	3433
3	2275	1887	375	309	3350	2486	25	0,14	-	-	200	1,01	2300	1901	375	309	3550	2587
4	1250	1674	250	334	2675	2824	-	-	-	-	-	-	1250	1674	250	334	2375	2824
5	2225	2075	225	325	3775	2113	25	0,21	-	-	225	0,95	2250	2096	225	325	4000	2208
6	3000	3435	2325	1452	2325	1452	25	0,32	-	-	-	-	3025	3467	2325	1452	2325	1452
7	2025	2292	225	251	2150	1790	175	1,2	25	0,23	50	0,48	2200	2412	250	274	2200	1838
8	2550	3006	325	364	2650	1736	-	-	-	-	100	0,48	2550	3006	325	364	2750	1784
9	3550	2494	350	413	3275	1795	-	-	-	-	25	0,09	3550	2494	350	413	3300	1804
Media	2691,67	2473	668,33	490	3152,78	2135	62,50	0,47	2,78	0,08	72,22	0,35	2719,44	2494	661,11	493	3191,67	2170
DSTD	906,31	649	716,76	376	1004,56	651	75,00	8,33	8,33	0,08	86,10	0,40	889,85	649	714,92	375	1056,90	655
CV%	0,34	0,26	1,09	0,77	0,32	0,30	1,20	3,00	3,00	3,00	1,14	1,14	0,33	0,26	1,08	0,76	0,33	0,30

Número de árboles y mortalidad

Las densidades iniciales antes del raleo eran entre 4.175 y 8.600 árboles por hectárea, cuyos niveles de extracción fueron de 66,53 % para el raleo de 2 m y 77,89 % para el tratamiento de 3 m (Cuadro 7).

CUADRO 7

Variación del número de árboles por tratamiento, antes y después de la intervención

Tratamiento	Antes del Raleo (95)	Después del Raleo (95)	Evaluación (99)	Porcentaje de Extracción
Testigo	5742	5742	4625	0
C.V.%	40,31	40,31	18,93	0
Raleo 2m	6275	2100	2550	66,53
C.V.%	4,44	7,81	5,89	2,78
Raleo 3m	7183	1517	1800	78,89
C.V.%	19,84	23,33	12,03	7,53

Las intensidades son altas en términos de número de árboles por hectárea extraídos de las clases diamétricas inferiores. Al observar el Cuadro 7, destaca la alta mortalidad del tratamiento testigo (1.117 árb/ha) transcurrido cuatro años desde la intervención, justificando plenamente el criterio adoptado. En este tratamiento, el bosque está en plena etapa de exclusión de fuste (Oliver y Larson, 1990) donde la competencia ha comenzado, el sitio está en su máxima capacidad de carga y los recursos se tornan escasos, dando origen al proceso dinámico de mortalidad natural o auto-raleo (White, 1981; Weller, 1987). En los otros tratamientos se ha producido un aumento del número de árboles por hectárea, producto que se han incorporado los brinzales a clases diamétricas inferiores, los cuales originalmente participaban con 3421 árb/ha (Cuadro 3), es decir se ha producido el *Ingrowth* (Clutter *et al.*, 1983; Davis y Johnson, 1987).

Diámetro medio cuadrático

En todas las parcelas intervenidas se produjo un aumento del diámetro medio cuadrático (DMC), producto del raleo por lo bajo que tiende aumentar este parámetro (Daniel *et al.*, 1982). El raleo a 3 m después de cuatro años de intervención fue el que experimentó mayor aumento, producto de la mayor liberación que produjo, beneficiándose el rodal residual. En cambio, el raleo a 2 m su variación fue menor que el testigo, esto podría explicarse debido a una gran mortalidad del tratamiento testigo principalmente de las clases diamétricas suprimidas aumentando con ello su DMC, y por otro lado la mayor incorporación de brinzales a las clases diamétricas inferiores en el raleo a 2 m que se reflejaría en un menor incremento a pesar de la fuerte intervención. Tal situación justificaría raleos más intensos, para favorecer significativamente aquellos árboles de mayor potencial silvícola.

CUADRO 8

Variación del diámetro medio cuadrático (cm) por tratamiento, antes y después de la intervención

Tratamiento	Antes del Raleo (95)	Después del Raleo (95)	Evaluación (99)
Testigo	10,60	10,60	12,15
Raleo 2m	9,00	11,89	12,89
Raleo 3m	9,24	11,92	14,10

Área Basal

El área basal es un parámetro de densidad de rodal de gran importancia, ya que su determinación involucra dos variables básicas que son el DMC y el número de árboles por unidad de superficie y está estrechamente correlacionada con el volumen y el crecimiento del rodal, por lo que ha sido ampliamente utilizada en tablas de rendimiento, junto al índice de sitio y la edad para una especie dada (Clutter *et al.*, 1983; Avery y Burkhart, 1994). Por otra parte, algunas prácticas silviculturales tales como la intensidad de raleo, normalmente se basan en esta variable (Avery y Burkhart, 1994).

Los porcentajes de extracción en área basal fueron de 53 % para el raleo a 2 m y 68% para el raleo a 3 m, aportando coigüe con 99,5 99,4 para los tratamientos 2 y 3 respectivamente, lo que refleja la condición de bosques puros de estos renovales en estas condiciones de sitio.

En el Cuadro 9, se observa que el mayor crecimiento anual neto después de cuatro años de intervención se produjo en el tratamiento de raleo a 3m, seguido del raleo a 2 m, teniendo menor crecimiento en el tratamiento testigo, situación que se justifica por la alta mortalidad de este último tratamiento. El mayor aumento en área basal del tratamiento 3, se debe principalmente que los árboles residuales con mayor potencial silvícola ha respondido mejor a la liberación, fundamentalmente agua, nutrientes y espacio, cumpliendo los objetivos que persigue el raleo, concentrar el potencial de crecimiento del sitio en aquellos árboles que llegarán a la cosecha final (Hawley y Smith, 1972; Daniel *et al.*, 1982; Nyland, 1996).

CUADRO 9

Variación del área basal (m²/ha) por tratamiento, antes y después de la intervención

Tratamiento	Antes del Raleo (95)	Después del Raleo (95)	Evaluación (99)	Crecimiento anual neto (m ² /ha/año) Período 95-99
Testigo	50,08	50,08	54,20	1,03
Raleo 2m	48,82	23,32	33,28	2,49
Raleo 3m	52,82	16,94	27,98	2,76

Volumen

El porcentaje de extracción en términos del volumen total fue 57,45 % y 69,17 % para el tratamiento 2 y 3 respectivamente, principalmente de las clases inferiores y especies acompañantes. El mayor crecimiento neto en volumen total se produjo en el raleo a 2 m, donde el porcentaje de extracción fue menor, por lo tanto, hay una mejor respuesta en términos de crecimiento de biomasa total más que por árbol individual, se agrega a ello la incorporación al volumen de nuevos árboles a las clases inferiores a través del *ingrowth*, sumándose estos nuevos individuos al crecimiento en volumen (Cuadro 10).

CUADRO 10

Variación del volumen total (m^3/ha) por tratamiento, antes y después de la intervención

Tratamiento	Antes del Raleo (95)	Después del Raleo (95)	Evaluación (99)	Crecimiento anual neto ($m^3/ha/año$) Período 95-99
Testigo	313,82	313,82	358,87	11,26
Raleo 2m	303,17	132,07	205,31	18,31
Raleo 3m	346,12	107,19	174,67	16,87

Situación contraria se produce en volumen comercial, donde la mejor respuesta se produjo en el raleo a 3 m con respecto al de 2 m, debido a la mayor intensidad de la extracción, favoreciendo a los árboles de mayor futuro silvícola, los cuales están respondiendo mejor a la liberación de recursos. Destaca el hecho, que el tratamiento testigo presentó el mayor crecimiento neto en un período de cuatro años (Cuadro 11), donde los individuos que se han liberado producto de la selección natural, siguen creciendo, a pesar de que la mortalidad es alta, pero ésta se concentra en las clases inferiores, cuyo aporte en volumen es prácticamente insignificante. Se debe tener en cuenta que este tratamiento está en plena competencia, por lo tanto los individuos compiten intensamente por los recursos disponibles y escasos, y la mortalidad debería incrementarse y tasa de crecimiento disminuir.

CUADRO 11

Variación del volumen comercial (m^3/ha) por tratamiento, antes y después de la intervención

Tratamiento	Antes del Raleo (95)	Después del Raleo (95)	Evaluación (99)	Crecimiento anual neto ($m^3/ha/año$) Período 95-99
Testigo	124,09	124,09	200,83	18,99
Raleo 2m	102,09	57,02	113,33	14,08
Raleo 3m	112,79	50,46	109,58	14,78

CONCLUSIONES

1. Los renovales estudiados corresponden a bosques puros de coigüe, que es la especie principal del bosque al aportar el 98,34 % del número de árbol/ha, el 98,95 % del área basal total y una participación en volumen de 99,52 %.
2. Presenta una estructura diamétrica exponencial negativa característico de renovales jóvenes, bajo un proceso de plena competencia, donde la regeneración de coigüe no está presente, por ser el renewal un estado avanzado de la misma.
3. Tapa, mañío, tinea, notro y radial, son especies acompañantes regenerando bajo el dosel de coigüe, las cuales a futuro pueden convertirse en un segundo estrato si se desea manejar, convirtiéndose en un bosque mixto, si los objetivos son manejar más de una especie, lo que favorecería y mejoraría la poda natural de coigüe.
4. El número de árboles en las calidades 1 y 2, permite asegurar un bosque con futuro productivo en términos de maderables.
5. Los volúmenes extraídos permiten financiar parte de la operación y entregar al mercado productos que son comerciables, como madera pulpa y aserrable.
6. Raleos a 2 m, no serían recomendables para estas densidades y edad, sugiriéndose una mayor intensidad y una edad más temprana para compensar el proceso natural de mortalidad, sobre todo si los sitios son de buena calidad.
7. Compatibilizar alternativas de manejo múltiple para estos renovales con la forma de vida de las familias campesinas, pasa también por otras acciones como son, desarrollo de alternativas tecnológicas, mejorar la comercialización de los productos, incentivos económicos como la bonificación de estos bosques.
8. Fundamental en el manejo de bosques en manos de pequeños propietarios es conocer el destino y uso de éstos, de esta forma enmendar sus errores y mejorar lo que con él hace, permitiéndole aumentar el valor agregado de sus materias primas.
9. Los criterios técnicos silvícolas en el manejo de estas masas naturales en propiedad de familias campesinas no cambian de manera inmediata la forma y calidad de vida, pero sí pueden mejorarla.

BIBLIOGRAFÍA

- AVERY, T. AND BURKHART, H. 1994. *Forest Measurements*. 4ª Edit. McGraw-Hill, Inc.
- CLUTTER, J.; FORSTON, J. C.; PIENAAN, L. V.; BRISTER, G. H. AND BAILEY, R. L. 1983. *Timber management a quantitative approach*. Jhon Wiley. New York. 333 p.

- CONAF-CONAMA. 1997. *Catastro y Evaluación de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile*. Informe Nacional con Variables Ambientales. Univ. Austral de Chile- Pontificia Universidad Católica de Chile - Universidad Católica de Temuco.
- CONAF-GTZ. 1998. *Experiencia Silvicultural del Bosque Nativo de Chile*. Recopilación de antecedentes para 57 especies arbóreas y evaluación de prácticas silviculturales. 420 p.
- CLUTTER, J. L.; FORTSON, J. C.; PIENAAR, L. V. and BAILEY, R. L. 1983. *Timber Management: A quantitative approach*. John Wiley & Sons. New York. 333 pp.
- CURTIS, R. 1970. *Stand density measures: and interpretation*. For. Sci. 16(4): 403-414.
- DANIEL, P. W.; HELMS, U. E Y BAKER, F. S. 1982. *Principios de Silvicultura*. 2ª Ed. McGraw-Hill. 492 p.
- DAVIS, L. AND JOHNSON, K. 1987. *Forest Management*. 3ª Ed. McGraw - Hill Publishing Company. 790 p.
- DELGADO, C. 1986. *Caracterización del Renoval de Coigüe (Nothofagus dombeyi (Mirb.) Oerst) en el sector Laguna Pedro Aguirre Cerda-Monte Picaflor, XI Región*. Tesis Ingeniero Forestal. Concepción, Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad de Concepción. 67 p.
- DONOSO, C. Y LARA, A. 1999. *Silvicultura de los Bosques Nativos de Chile*. Edit. Universitaria. 421 p.
- GROSSE, H. 1989. *Desarrollo de renovables de raulí raleadeos*. Ciencia e Investigación Forestal. 1(1): 31-43.
- HAWLEY, R Y SMITH, D. 1972. *Silvicultura Práctica*. Barcelona, España. De. Omega. 544p.
- LARA, A. Y ECHEVERRÍA, L. 1995. *Guía de Ensayos Permanentes en Bosques Nativos*. Proyecto: Desarrollo de alternativas de manejo y conservación para los bosques nativos en Chile Sud Central. CODEFF/UACH/WWF.
- MARTÍNEZ, A. 1999. *Silvicultura Práctica en Renovales Puros y Mixtos, y Bosques Remanentes Originales del Tipo Forestal Roble-raulí-coigüe* en Donoso, C, y Lara, A. (Eds.). Silvicultura de los Bosques Nativos de Chile. Edit. Universitaria. 421 p.
- OLIVER, C. AND LARSON, B. 1990. *Forest Stand Dynamics*. New York: Mc Graw-Hill
- NYLAND, R. 1996. *Silviculture. Concepts and Applications*. McGraw-Hill Companies, Inc. 632 p.
- SII. 1993. *Estadísticas de bienes raíces agrícolas*. Distribución de las clases de suelos, según tamaño de las propiedades. Servicio de Impuestos Internos. Concepción, Chile.
- TOSSO, J. 1985. *Suelos Volcánicos de Chile*. Instituto de Investigaciones agropecuarias. 723 p.
- VARGAS, R. 1996. *Estudio de opinión del Pequeño Propietario en relación a su Bosque Nativo*. Corporación Nacional Forestal, IX Región de la Araucanía. 52 p.
- WELLER, D. L. 1987. *A re-evaluation of the -3/2 power rule of plant self-thinning*. Ecol. Monogr. 57 (1): 23-43.
- WHITE, J. 1981. *The allometric interpretation of the self-thinning rule*. J. Theor. Biol. 89: 457-500.

MANEJO DE RENOVALES DE CANELO (*Drimys winteri* Forst.): UNA ALTERNATIVA PRODUCTIVA PARA PEQUEÑOS PROPIETARIOS DE LA DÉCIMA REGIÓN

Celso Navarro C.¹, José Venegas L.², Marcelo Hernández N.³

RESUMEN

Se presentan los resultados de la evaluación de alternativas de raleo en renovales de canelo en la Cordillera de la Costa de la Décima Región, mediante la aplicación de un modelo de programación dinámica.

La importancia de este recurso en términos de superficie y productividad, motivaron analizar alternativas de manejo, desde el punto de vista del pequeño propietario, bajo la premisa de la apertura de mercados de diámetros menores en la Décima Región.

Se evalúan cinco tratamientos de raleo, para el período 1985 al 2005. La edad promedio del renewal al momento de aplicar los tratamientos es de 24 a 28 años (1986). Las evaluaciones se efectuaron los años 1985, 1986, 1990, 1996; y para los años 2000 y 2005 se estimaron los parámetros dasométricos mediante la proyección de tablas de rodal.

Los resultados indican buenas respuestas de crecimiento; sin embargo, los tratamientos evaluados presentan rentabilidad baja. El mejoramiento de estos indicadores depende de la aplicación de raleos oportunos y al mejoramiento de los precios de los productos.

Para un pequeño propietario el manejo de este recurso permite obtener ingresos que debe ser considerado como un complemento a su ingreso familiar, el que debe realizarse sin subutilizar la capacidad de carga del sitio. Para ello se recomienda incorporar a las pautas de manejo el concepto de densidad relativa.

¹ Ingeniero Forestal. Magister (c) Docente Univ. Católica de Temuco. Fono 205610. cnavarro@uct.cl

² Ingeniero Forestal (E). Universidad Católica de Temuco. Fono 205610. jvenegas@uct.cl

³ Ingeniero Forestal. Magister (c). Docente Univ. Católica de Temuco. Fono 205614. mhermand@uct.cl

INTRODUCCIÓN

La actividad de manejo que adquiere mayor importancia en los renovales de *Drimys winteri* Forst (canelo) son las cortas intermedias. De estas cortas (limpias, liberación, raleos y otras) el raleo adquiere mayor importancia debido al estado actual de desarrollo que presentan.

Antecedentes de superficie entregados por el Proyecto *Catastro de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile*, indican que los renovales de canelo alcanzan una superficie inventariable en la Décima Región de 229.870 hectáreas (CONAF-CONAMA, 1997), lo cual concuerda con estudios realizados anteriormente por otros autores. (Lira, J., 1975; Corvalán *et al.*, 1987).

El gran potencial de este recurso para muchos pequeños propietarios se basa en sus buenos crecimientos y a las adecuadas características de su madera. Ésta históricamente se ha destinado al mercado interno a escala local, sin embargo se han comercializado bajos volúmenes al mercado externo.

Hoy en día, sin duda, el proyecto *Maderas Cóndor y Boise Cascada*, que producirán tableros OSB basado en especies nativas del bosque siempreverde, se convierte en un importante mercado para esta especie. Ello podría generar el impulso para manejar con criterios de sustentabilidad estos renovales

Parte importante de la superficie de este recurso se encuentra en una etapa de desarrollo no oportuna desde el punto de vista biológico para aplicar un primer raleo. Un primer raleo debe realizarse entre los 6 a 14 años, dependiendo de las características del sitio y grado de alteración del recurso.

Sin embargo, los ensayos de parcelas permanentes se han concentrado en probar distintas intensidades de raleo en rodales de 20 a 30 años de edad, que son los más abundantes. El criterio utilizado para seleccionar el mejor tratamiento se basa en respuestas en crecimiento, careciendo de un análisis que incluya indicadores económicos y un análisis de rendimientos de productos.

Este trabajo aplica un modelo de programación dinámica para evaluar raleos en renovales de canelo, donde los estados corresponden a distintas intensidades de raleo y las etapas son edades diferentes. Se plantean dos objetivos de maximización: a) la maximización física del volumen total y b) la maximización del valor neto presente (VNP).

Este trabajo tiene como objetivo principal, evaluar alternativas de raleo en renovales de canelo mediante una herramienta matemática e indicadores económicos. Los objetivos específicos del estudio son: a) definir las sendas de manejo adecuadas para distintos objetivos de producción; y b) presentar alternativas de manejo de este recurso para pequeños propietarios.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

• **Renovales de *Drimys winteri* Forst (canelo)**

Se puede definir un renewal de canelo como aquel en que la especie es abundante y domina el paisaje, con una cobertura en área basal y densidad superior o igual al 50 % del total y predomina en su mayor parte un desarrollo juvenil, incluyendo las etapas de monte bravo y latizal. La habilidad reproductiva de la especie produce inicialmente un renewal de monte alto, posteriormente con el transcurso del tiempo se producen brotes de las yemas adventicias, originando un renewal típico de canelo. En el piso del bosque no se encuentra prácticamente regeneración de *Drimys winteri*, debido a que el renewal en sí corresponde a un estado avanzado de la misma. El rango de edades de mayor frecuencia es de 20 a 40 años, pudiendo incluirse edades de hasta 80 años en la etapa de renewal, dependiendo de las características del sitio. Los rangos de diámetros medios más frecuentes son de 8 a 15 cm; las densidades fluctúan entre 2.500 y 20.000 árboles por hectárea, con productividades medias que varían entre 4 y 15 m³/ha año.

Los renovales de canelo presentan buenas características para incorporarse al desarrollo del país, alcanzando su mejor expresión en cuanto a superficie y productividad en la Décima Región, donde forma parte de los tipos forestales Alerce y Siempreverde. Cubren una superficie estimada en esta Región de 229.870 hectáreas (CONAF-CONAMA, 1997), lo cual sumado a los buenos crecimientos que en términos volumétricos varían con mayor frecuencia entre los 10 a 15 m³/ha año, reflejan el gran potencial de este recurso (Corvalán *et al.*, 1986). Si se agrega a lo anterior las adecuadas propiedades físicas, mecánicas, anatómicas y químicas de la madera que la hacen adecuada para distintos usos industriales, reafirman las potencialidades de este recurso.

La madera históricamente se ha destinado al mercado interno a escala local, existiendo sin embargo mercados externos de pequeña envergadura que están siendo abordados actualmente por empresas forestales del sur de Chile. Tradicionalmente la especie *Drimys winteri* ha sido usada para mueblería, construcción de viviendas, para chapas, fabricación de instrumentos musicales y en medicina popular. Para el pueblo araucano es su árbol sagrado, simboliza la paz y está presente en sus ritos y medicina.

Otros usos potenciales han sido planteados en algunos estudios, los que concluyen que la madera tiene adecuadas características para la fabricación de papel y producción de tableros de partículas (Chesney, 1970; Rojas, Pistono y Bluhms, 1975; Urzúa y Poblete, 1980).

Sin embargo, este recurso a pesar de sus potencialidades se utiliza a muy baja escala. No existe manejo sobre él, sino que se extraen individuos tanto de renovales como de bosques adultos para satisfacer una demanda particular, por lo general de muy bajos volúmenes. Esto exige abrir o generar mercados, que incluyan productos maderables y no maderables, de uso actual y potencial a mayor escala. Esto permitiría definir las estrategias para promover la industria de la madera y otros productos basada en esta y otras especies, lo que impulsaría el manejo de estos bosques.

• **Raleos en renovales de *Drimys winteri***

En renovales de canelo es pertinente aplicar raleos periódicos con extracciones moderadas a fuertes en todos los doseles, modificando las estructuras diamétricas exponenciales negativas a curvas cercanas a la normal; lo cual puede realizarse gradualmente o bruscamente. Esto va a depender de los objetivos de producción establecidos y de las restricciones técnicas y legales. Sin embargo, las recomendaciones silviculturales se realizan bajo el criterio de privilegiar la producción de trozas aserrables y debobinables, bajo el supuesto que estos productos maximizarían el retorno económico del sitio.

El tipo de raleo factible de aplicar, basado en los antecedentes ecológicos y de estructura de los renovales de canelo, son raleos que afecten todos los estratos sociales pero mayoritariamente el dosel inferior. Las altas densidades y la distribución agrupada que presentan, origina extracciones fuertes, de manera de liberar de la competencia a los potenciales árboles cosecha. Es deseable plantear el tipo de raleo, como un raleo mixto, cuyas principales características son: altas intensidades de extracción, afectar a todos los doseles (pero principalmente al inferior) y la mayor posibilidad de combinación de especies.

Estos espaciamientos o densidades de raleo, son homologables a densidades relativas¹ (DR) determinándose cifras promedios de 65, 47, 30 y 22 por ciento de DR para los tratamientos testigo, raleo a 2, 3 y 4 metros respectivamente (Navarro *et al*, 1997)

Las DR determinadas son pertinentes con la generalización de la interpretación biológica del estudio de Drew and Flewelling (1977):

- Densidad Relativa mayor o igual a 55%: alta competencia y mortalidad.
- Densidad Relativa: 55% a 40 %, zona de inminente mortalidad por competencia,
- Densidad Relativa : 40 % raleo mínimo.
- Densidad Relativa: 15% y menos, árboles de crecimiento libre, no se produce competencia.

¹Densidad relativa: razón entre la densidad actual y la densidad máxima que podría existir en el sitio para un mismo tamaño medio de árboles (diámetro medio cuadrático, volumen del árbol medio). La densidad máxima se obtiene del ajuste de funciones de tamaño máximo densidad.

METODOLOGÍA

Los datos se obtuvieron de un ensayo de manejo de renovales de canelo establecido durante el año 1985 en la Cordillera de la Costa de Valdivia, en el sector denominado Hueicolla.

Se incluyen tres tratamientos de raleo mixto: 2, 3 y 4 m de distanciamiento entre árboles y un cuarto tratamiento, el testigo.

Para la obtención de los volúmenes totales (VT), volúmenes netos (VN) y volúmenes de productos (VA- volumen aserrable; VD- volumen debobinable; VP- volumen pulpable), número de árboles (N/ha) y Área basal (G/ha); se utilizó un sistema de procesamiento que utiliza funciones generales de volumen y descuentos por calidad y pérdidas por explotación. Finalmente, con base en los atributos de los individuos: diámetros, calidad y alturas comerciales; éstos se asignaron a distintos productos.

Los años que se proyectaron los rendimientos (2001 y 2005), se procesó la información resultante utilizando la marca de clase y el método de proyección de tablas de rodal de Reynolds. Se conservó la información promedio de calidad de la evaluación del año 1996.

Productos definidos:

- 1.- Producto debobinable: diámetro mínimo 35 cm.; largo mínimo 2 m
- 2.- Producto aserrable: diámetro mínimo 20 cm; largo mínimo 2m
- 3.- Producto pulpable : diámetro mínimo 08 cm; largo mínimo 1.22 m

CUADRO 1

Parámetros dasométricos promedios para canelo

Diámetro (cm)	Número (árb/ha)	Área basal (m ²)	Volumen bruto (m ³)	Volumen neto (m ³)	Volumen aserrable (m ³)	Volumen pulpa (m ³)	Volumen debobinable (m ³)
5-10	1,0	0,005	0,013	0,010	0,0	0,010	0,00
10-15	1,0	0,013	0,053	0,040	0,0	0,040	0,00
15-20	1,0	0,025	0,121	0,090	0,0	0,090	0,00
20-25	1,0	0,042	0,203	0,152	0,121	0,031	0,00
25-30	1,0	0,062	0,302	0,224	0,179	0,045	0,00
30-35	1,0	0,086	0,456	0,339	0,271	0,068	0,00
35-40	1,0	0,11	0,604	0,449	0,359	0,090	0,00
40-45	1,0	0,14	0,836	0,632	0,125	0,010	0,497
45-50	1,0	0,18	1,042	0,830	0,200	0,010	0,620

Programación Dinámica:

Una problemática de programación dinámica se caracteriza por los siguientes elementos básicos:

1. El problema puede dividirse en etapas (n), con una decisión de la política requerida en cada etapa. Es decir, que en cada etapa, tendremos una variable (o vector) de decisión (T_n).
2. Cada etapa tiene un cierto número de estados (Y_n) asociados a ella. Estos estados son las diversas condiciones posibles en las que el sistema podría estar en esa etapa del problema. El número de estados puede ser finito o infinito.
3. El efecto de una decisión en cada etapa, es transformar el estado actual en un estado (X_n) asociado con la etapa siguiente. Esto sugiere que los problemas de programación dinámica pueden interpretarse en términos de redes, donde cada nodo corresponde a un estado y el valor asignado a cada rama que conecta a dos nodos puede interpretarse como la contribución a la función objetivo hecha al ir de un estado a otro.
4. Dado el estado actual, una política óptima para las etapas restantes es independiente de la política adoptada en las etapas previas. Es decir, el estado actual del sistema proporciona toda la información necesaria, acerca de su estado previo, para determinar la política óptima de allí en adelante.
5. El procedimiento de resolución comienza por hallar la política óptima para cada estado en la última etapa.
6. Se dispone de una relación recursiva que identifica la política óptima para cada estado en la etapa n , dada la política óptima para cada estado en la etapa $(n + 1)$.

La relación recursiva será de la forma:

$$f_n(Y_n) = \max_{(Y_{n-1}, T_n)} [r_n(X_n, T_n) + f_{n-1}(Y_{n-1})]$$

7. Usando esta relación recursiva, el procedimiento de resolución se mueve hacia atrás, etapa por etapa, hallando la política óptima para cada estado de esa etapa, hasta que se encuentra la política óptima cuando se parte de la etapa inicial.
8. En términos matemáticos el problema puede ser expresado de la siguiente forma (Paredes y Brodie. 1987):

$$\int_N (Y_n) = \sum_{n=1}^N r_n (T_n) \text{ (Función objetivo).}$$

s.a.

$$X_n - T_n + G_{n+1} (Y_n) = X_{n+1} \quad (n = 1, \dots, N-1) \quad (1)$$

$$X_n - T_n = Y_n \quad (n = 1, \dots, N)$$

$$X_N - T_N = 0$$

una forma alternativa a (1) es:

$$Y_n + G_{n+1} (Y_n) - T_{n+1} = Y_{n+1} \quad (n = 1, \dots, N-1)$$

donde:

$\int_N (Y_N)$ = valor de la función objetivo de una secuencia de decisiones de manejo en un rodal descrito por Y_N .

$r_n (T_n)$ = retorno generado en la etapa n cuando una decisión T_n ha sido tomada.

Y_n = vector describiendo el rodal en la etapa n después que una decisión T_n ha sido tomada en un rodal descrito por X_n en esa etapa.

X_n = vector describiendo el estado del rodal en la etapa n después de que éste creció desde su estado Y_{n-1} .

T_n = vector de posibles decisiones de manejo al estado n y que transforman el rodal X_n en Y_n generando un retorno $r_n (X_n, T_n)$.

$G_{n+1}(Y_n)$ = crecimiento del rodal Y_n al estado n al que sigue un estado $n+1$. Ésta es una función de transformación de Y_n en X_{n+1} . Junto con T_n constituye la función de transformación.

RESULTADOS

• Información dasométrica

El cuadro 2 contiene la información con los antecedentes dasométricos para las distintas etapas y estados del renewal en estudio, resultante del procesamiento de las parcelas los años 86,90 y 96; y las proyecciones al 2001 y 2006.

CUADRO 2

Información de rendimientos para los distintos estados (tratamientos de raleo) y etapas (años de evaluación)

Tratamiento	Edad 25 Año 86	Edad 29 Año 90	Edad 35 Año 96	Edad 40 Año 2001	Edad 45 Año 2006
Raleo 2 m:					
N/ha	2.433	2.400	2.133,3	1.800	1.456
G/ha (m2/ha)	37,20	43,60	50,88	56,40	61,90
VT/ha (m3/ha)	216,7	254,6	301,6	339,1	376,1
VN/ha (m3/ha)	165,8	197,0	227,6	263,3	300,9
VA/ha (m3/ha)	4,03	8,07	34,2	58,7	84,5
VD/ha (m3/ha)	0	0	0	0	0
VP/ha (m3/ha)	161,7	188,9	193,4	204,6	216,4
Raleo 3 m:					
N/ha	1.066,70	1.050,0	1.016,70	1.016,7	1.016,7
G/ha (m2/ha)	23,23	30,78	40,54	48,50	54,00
VT/ha (m3/ha)	126,7	145,02	192,5	230,0	265,0
VN/ha (m3/ha)	96,37	113,1	143,9	172,0	198,2
VA/ha (m3/ha)	13,6	26,12	52,69	74,70	96,70
VD/ha (m3/ha)	0	0	0	3,23	14,3
VP/ha (m3/ha)	82,08	87,0	91,21	94,07	87,2
Raleo 4 m:					
N/ha	583,3	583,3	566,7	566,7	566,7
G/ha (m2/ha)	11,37	16,14	20,86	24,00	27,10
VT/ha (m3/ha)	68,0	89,1	121,7	145,2	168,7
VN/ha (m3/ha)	52,15	61,63	86,28	102,8	119,6
VA/ha (m3/ha)	7,98	16,04	35,10	58,50	75,10
VD/ha (m3/ha)	0	0	0	16,00	19,40
VP/ha (m3/ha)	46,40	45,60	51,18	28,30	25,10
Sin manejo:					
N/ha	5.900	5.600	4.800	4.440	3.878
G/ha (m2/ha)	51,40	54,55	52,13	64,50	67,00
VT/ha (m3/ha)	350,0	386,0	440,0	470,00	490,0
VN/ha (m3/ha)	245,7	273,6	310,9	329,00	343,00
VA/ha (m3/ha)	12,10	15,00	19,50	35,20	78,00
VD/ha (m3/ha)	0	0	0	0	2,33
VP/ha (m3/ha)	233,6	258,6	291,4	294,0	262,6

Donde :

N/ha = Número de árboles por hectárea.

G/ha = Área basal por hectárea (m^2/ha)

VT/ha = Volumen total por hectárea (m^3/ha)

VN/ha = Volumen neto por hectárea (VT- pérdida explotación- descuentos calidad)

VAS/ha = Volumen aserrable (m^3/ha)

VD/ha = Volumen debobinable (m^3/ha)

VP/ha = volumen pulparable (m^3/ha).

- **Maximización del volumen total** (ver figura 1)

Camino que optimiza el volumen total: Q- Ñ- K-F- B-A., con un total de $514 \text{ m}^3/\text{ha}$.

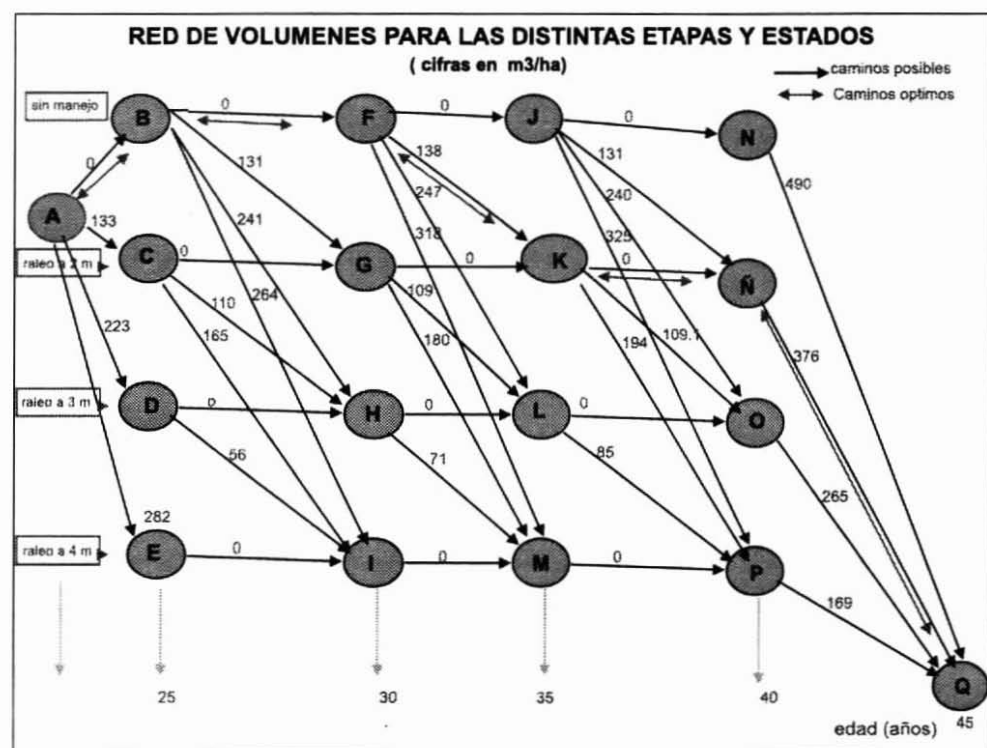


FIGURA 1: Red de volúmenes posibles para distintas etapas (edad) y estados (niveles de raleo) en Renovales de Canelo

- **Maximización del valor neto presente (VNP)** (ver figura 2)

Precios de productos (valor madera en pie):

- 1.- Madera debobinable = 17,5 US\$/m³
- 2.- Madera aserrable = 10,0 US\$/m³
- 3.- Madera pulpable = 4,0 US\$/m³
- 4.- Tasa de descuento = 8 %
- 5.- Costos de administración = 0

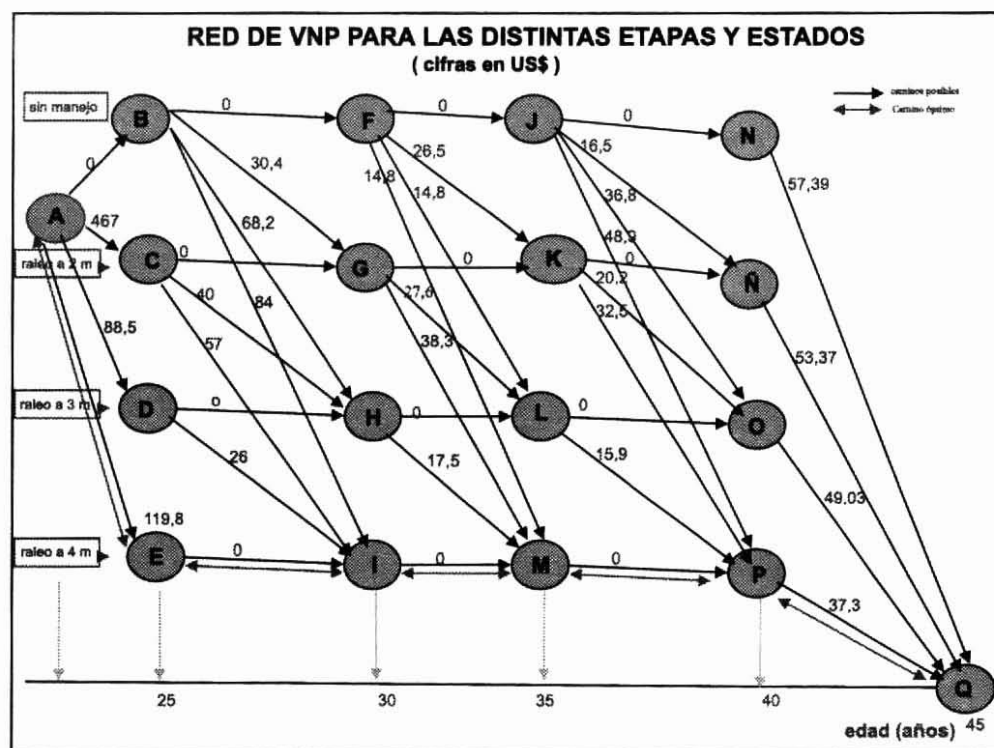


FIGURA 2: Red de VNP para distintos caminos posibles según etapa y estado y desarrollo de los renovales

Camino que maximiza el VNP:- *Q-P-M-I-E-A*, con un total de 159 US\$/ha

Al comparar las sendas de optimización, se observa que el raleo es necesario en ambas situaciones, maximizar el VNP y el volumen total. Sin embargo, la senda de máximo valor neto presente es aquella que lleva menos volumen de crecimiento de los tratamientos. En este caso la ausencia de competencia permite que los árboles se desarrollen como árboles de crecimiento libre en términos teóricos, lo cual produce mayores tamaños en menor tiempo, lo que sería pertinente con mayores precios de productos a partir de estos individuos (Cuadro 3).

CUADRO 3
Resumen de resultados de las sendas de optimización

Alternativa	Volumen Cosechado (m ³)	IMA (m ³ /ha.año)	VNP (US\$/ha)	VPS (US\$/ha)
Sin manejo	490	10,8	57,39	59,20
Máx. VT	514	11,4	79,88	82,46
Máx. VNP	451	10,0	157,09	162,0

• **Alternativa para pequeños propietarios**

Si el manejo de los renovales de canelo se analiza desde el punto de vista del pequeño propietario, se tiene que por condiciones de *superficie del recurso, grado de alteración y nivel de ingresos monetarios*, sin dudas, la mejor alternativa productiva es aquella que, maximizando los ingresos netos de las distintas actividades productivas que el propietario realice en su propiedad y con una acción sustentable sobre el recurso, le reporte retornos periódicos, de tal modo de salvar sus necesidades básicas.

Para pequeños propietarios se recomienda en este tipo de renovales mantener un nivel de densidad relativa o niveles de competencia media entre 30 a 40%, lo que implica realizar raleos frecuentes, en este caso cada 8 años; ello significa que bastan 8 años para alcanzar la ocupación límite de sitio o densidad relativa fijada. De esta forma, existe una aproximación y una relación de las intervenciones con la capacidad de carga del sitio, basada en principios biológicos.

Posiblemente esto desde el punto de vista biológico y de la estabilidad del rodal resulta acertado, pero en términos financieros resulte inviable. Sin embargo, se pueden aplicar raleos más intensos (menor nivel de competencia, menor densidad relativa) y menos frecuentes, lo cual es preferible hacerlo a partir del segundo raleo. No obstante, un pequeño propietario debe utilizar, por un lado el 100% de la capacidad de carga del sitio y al mismo tiempo generar mayor frecuencia de ingresos por hectárea durante la vida de un rodal.

CONCLUSIONES

1. El Cuadro 3 se resumen los resultados de la aplicación de un modelo de programación dinámica en la evaluación de raleos tardíos en renovales de canelo, lo cual permite establecer las siguientes conclusiones:
2. El máximo VNP se obtiene aplicando una intervención fuerte al inicio del período en raleos tardíos. Se persigue concentrar el volumen en productos aserrables y debobinables; sin embargo la baja cantidad de productos que se obtienen a la edad de corta de 45 años, indican que se debe aumentar la edad de cosecha de estos bosques; (más importante que un aumento de precios de los productos). Esta situación en bosques de 20 y 30 años de edad, con densidades de 6.000 árb/ha, prácticamente no es realizable por problemas de estabilidad del rodal. Esto aumenta la importancia de aplicar raleos tempranos, que permitan lograr a edades de 40 años un volumen importante de estos productos. Esta situación es extrapolable al manejo de bosques con objetivos de producción de trozas aserrables y debobinables, como productos primarios.
3. La senda óptima de máximo volumen, se alcanza con raleos suaves al final de la edad de corta, lo que permite rescatar un volumen que se perdería si no se ralea, debido a la alta mortalidad por competencia que se produce entre individuos en esta etapa de desarrollo (20 a 30 años; esto produce las diferencias con la senda sin manejo). Este camino es equivalente a la maximización de productos pulpables; sin embargo en este caso cobra mayor importancia para el mejoramiento de los indicadores económicos, un aumento de precios de los productos pulpables. Los resultados de la senda óptima son muy similares al tratamiento sin manejo, lo cual no justifica la aplicación de intervenciones.
4. En la programación dinámica los estados (niveles de raleo) en la etapa siguiente (período año de evaluación) están completamente determinados por el estado y la decisión del tratamiento de raleo a aplicar en la etapa actual.. En este caso es de fundamental importancia la función de transición para proyectar los estados; sin embargo la calidad real en este tipo de bosques produce alta incertidumbre en las proyecciones de productos, lo que puede afectar drásticamente los resultados.
5. Las cifras de VNP obtenidas son muy bajas. Ello se explica por la baja cantidad de trozas aserrables y debobinables que se obtiene a la edad de corta planificada; y a los bajos precios de los productos. El mejoramiento de los indicadores económicos pasa por aplicar raleos oportunos y un mejoramiento de los precios de los productos.
6. Un pequeño propietario debe utilizar el 100% de la capacidad de carga del sitio y al mismo tiempo generar mayor frecuencia de ingresos por hectárea durante la vida de un rodal. Para estos bosques significaría mantener niveles de competencia media entre 30 a 40% de densidad relativa.

BIBLIOGRAFÍA

- CHESNEY, L. 1970. *Aptitud papelera del canelo (Drimys winteri Forst)*. Tesis Facultad de Ciencias agrarias y forestales, Universidad de Chile, Santiago.
- CONAF-CONAMA. 1997. *Catastro y Evaluación de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile*. Informe Nacional con Variables Ambientales. Univ. Austral de Chile- Pontificia Universidad Católica de Chile - Universidad Católica de Temuco.
- CORVALÁN, P., ARAYA, L., BLANCO, S. Y COX, F. 1987. *El Canelo: una alternativa de desarrollo para la Décima Región*. Stgo. Ministerio de Agricultura- Universidad de Chile.
- DAVIS, L.S., AND K.N. JOHNSON. 1987. *Forest Management*. Mc Graw Hill, New York.
- DREW AND FLEWELLING, 1979. *Stand Density Management: an alternative Approach and Its Application to Douglas- fir Plantations*. Forest Science. Vol 25-(3): 518-532.
- LIRA, J. 1975. *Drimys winteri Forst: importancia industrial*. Seminario Cátedra de Botánica Forestal. Dpto de Silvicultura, Universidad de Chile.
- NAVARRO, C. 1992. *Estudio de raleo en renovales de Canelo, sector Hueicolla, Cordillera de la Costa de Valdivia. Instalación y evaluación del ensayo*. Tesis, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad. Austral de Chile.
- NAVARRO, C., DONOSO, C Y SANDOVAL, V. 1997. *Silvicultura de los Bosques Nativos de Chile*. Ed. Universitaria. 432 p.
- PEREDES, L. AND J.D., BRODIE. 1987. *Efficient Specification and Solution of the Even- aged Rotation and Thinning Problem*. For. Sci: 33: 14-29.
- ROJAS, M., PISTONO, L. Y BLUHMS, E. 1975. *Densidad, largo de fibra y composición química de la madera de Canelo*. Informe Técnico 53. INFOR.
- URZÚA, D. Y POBLETE, H. 1980. *Factibilidad técnica de la producción de tableros de partículas utilizando especies que crecen en los terrenos Ñadis*. Informe de Convenio N° 29. Facultad de Ciencias Forestales Universidad. Austral de Chile.

TAGASASTE: ARBUSTO FORRAJERO PROMISORIO PARA ZONAS DE SECANO

Fernando Fernández E.¹; Carlos Ovalle M.²; Julia Avendaño R.³

RESUMEN

En zonas mediterráneas, la producción pecuaria está basada principalmente en el forraje producido por la pradera natural anual, el crecimiento de ésta es nulo en el período estival y comienzos de otoño, debido a la falta de humedad del suelo, lo que provoca un serio problema de alimentación de los animales. Esto ha inducido la búsqueda de especies arbóreas que puedan ser utilizadas como forraje verde en el período estival y en otoño – invierno. La especie que mejor ha respondido a este requerimiento es tagasaste (*Chamaecytisus proliferus* spp. *Palmensis*).

La especie se introdujo en Chile en 1988, adaptándose en buena forma en el secano interior y costero desde la VI a la IX Región, tolera moderadamente las heladas, no se adapta a suelos arcillosos y de posición baja y si lo hace muy bien en suelos arenosos. En nuestro país, en plantaciones de quinto año se han obtenido producciones de 6,2 y 4,2 ton MS consumible/ha/año en el secano costero de Arauco (1.250 mm de precipitación anual) y en el secano interior de Cauquenes (695 mm de precipitación anual) respectivamente. Sus hojas poseen un alto contenido de proteína y bajo contenido de fibra, ambos alrededor del 20%, los tallos tiernos tienen contenidos de proteína y fibra de 12,5% y 42,1%, respectivamente. Puede ser utilizada por ovinos, caprinos y vacunos.

¹ Ingeniero Agrónomo. Investigador Departamento de Producción Animal. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) Cauquenes. Casilla 165, Cauquenes. cauquene@quilamapu.inia.cl

² Ingeniero Agrónomo. PhD. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) Quilamapu. Casilla 426 Chillán. covalle@quilamapu.inia.cl

³ Ingeniero Agrónomo. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) Cauquenes. Casilla 165, Cauquenes. cauquene@quilamapu.inia.cl

INTRODUCCIÓN

En zonas mediterráneas, la producción pecuaria está basada principalmente en el forraje producido por la pradera natural anual, el crecimiento de ésta es nulo en el período estival y comienzos de otoño debido a la falta de humedad del suelo. Los requerimientos de los animales en este período son cubiertos por *heno en pie* de las praderas naturales y por rastrojos de cereales y leguminosas y ramoneo de espino (*Acacia caven*). A pesar de esto no hay disponibilidad ni calidad suficiente de pasto pues se deben tener reservas para cinco o más meses durante este período, situación que se agrava cuando el inicio de las precipitaciones es tardío en otoño y se atrasa en inicio del crecimiento de las praderas. (Ovalle *et al.*, 1993)

Esto ha inducido a la búsqueda de especies arbóreas que, subsistan a las condiciones de sequía estival y que puedan ser utilizadas como forraje verde en el período estival y en otoño – invierno, que puedan integrarse a sistemas silvopastorales y que además aporten sombra y fijen nitrógeno. Para esto, se realizó un programa de investigación, búsqueda y selección de arbustos y árboles forrajeros, siendo tagasaste (*Chamaecytisus proliferus* spp. *palmensis*) la especie que mejor ha respondido a estos requerimientos y que puede integrarse con éxito en los sistemas de producción ganaderos de áreas de secano.

Esta especie es una leguminosa arbustiva que puede alcanzar una altura de 5 a 6 metros (Snook, 1961). Es originaria de la isla de La Palma, en el archipiélago español de Canarias, siendo el cultivo forrajero de mayor importancia, con más de 4.000 hectáreas plantadas solamente en su isla de origen.

BOTÁNICA Y ECOLOGÍA

Tagasaste es un arbusto siempre verde, pertenece a la familia *Fabaceae*, subfamilia *Papilionaceae*, especie *Chamaecytisus proliferus* (Fil) Link, endémica de las islas occidentales y centrales (El Hierro, Gomera, Tenerife y Gran Canaria). Forma tres subespecies y cinco variedades, distribuidas en un amplio rango altitudinal, se desarrolla preferentemente en clima mediterráneo subhúmedo y seco. Dentro de este género, se encuentra la especie *Chamaecytisus proliferus* (Fil) Link subsp. *proliferus* var *palmensis* (n.c. tagasaste).

En su zona de origen, crece entre altitudes de 500 a 1.200 m.s.n.m., en un área de 500 a 700 mm de precipitación anual, que caen en otoño y primavera. La temperatura de invierno varía entre 5 ° a 15° C, y entre 20 ° a 30 ° C en verano (Ortega *et al.*, 1990). Requiere suelos de buen drenaje, con pH de 5 a 7, con texturas desde arenosas a franco y profundas. La planta posee raíces profundas que facilitan el establecimiento en suelos degradados y su supervivencia en veranos secos, este ambiente es similar a las áreas de secano de la VI, VII y VIII regiones de nuestro país.

DISPERSION FUERA DE CANARIAS Y EN CHILE

En el siglo pasado se distribuyeron semillas de esta especie en las colonias inglesas de Australia, India y Sudáfrica a través del *Royal Botanic Garden*. En el sur de Australia fue introducido en 1879, naturalizándose rápidamente, sin embargo, investigaciones aplicadas sobre su uso como fuente de forraje empezaron solamente a mediados de 1950 (Snook, 1961). También ha sido plantada en Nueva Zelandia en zonas con sequías estivales prolongadas, sin heladas fuertes, en suelos livianos y arenosos. (Snook, 1961).

El germoplasma con el cual se está trabajando en nuestro país, fue introducido como semilla en 1988 desde Australia, y en 1991 desde Nueva Zelandia, por el Centro Experimental Cauquenes del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA).

Sin embargo, la introducción de la especie al país es muy anterior, ya se hace mención a ella como planta forrajera a comienzos de nuestro siglo (Opazo, 1930), además existen ejemplares de más de 50 años en la comuna de Paredones, en el predio *San Francisco* de propiedad de la familia Montero. En la década del ochenta el señor Homero Alvarez, realizó introducciones desde Australia para ser utilizados en la V Región (Fraga *et al.*, 1999).

COMPORTAMIENTO EN ÁREAS DE SECANO DE CHILE

En 1990, se realizaron las primeras ocho plantaciones siguiendo la gradiente de aridez de la zona mediterránea desde Los Vilos en la IV Región hasta Lebu en la VIII Región, observando una baja sobrevivencia tanto en la zona de precordillera producto de las heladas como en la zona árida y semiárida por la escasa pluviometría de esta área, en la zona subhúmeda la adaptación fue buena a pesar de que fue necesario aplicar riego durante el primer período estival, la mejor adaptación se logró en sitios ubicados en el área costera de la zona subhúmeda (Ovalle *et al.*, 1993).

Posteriormente, en 1995, se establecieron 22 sitios entre la VI y IX Región, en diversas condiciones de clima y suelo, abarcando las principales zonas ganaderas del secano mediterráneo para delimitar en mejor forma el área de adaptación. Se lograron las mejores sobrevivencias de invierno en sitios ubicados en la zona costera producto de la influencia marina que minimiza las heladas, de igual manera la sobrevivencia estival fue superior en la zona costera debido también al efecto moderador del mar que influye en una menor evapotranspiración (Fraga *et al.*, 1999).

Pero la sobrevivencia en el tiempo de las plantas también depende de otros factores, así es como a través de las sucesivas temporadas se fue observando la intolerancia de la planta a permanecer en ambientes con mal drenaje, ya sea por la posición baja del suelo, independiente de su textura o textura pesada, que hace que el sistema radicular se encuentre en un ambiente de mucha humedad, esto predispone a la planta a enfermedades radiculares

como *Phytophthora spp* que produjo la muerte de las plantas en varios lugares (Fraga *et al.*, 1999).

CRECIMIENTO

El secano costero entre la VI y la IX Región es una zona muy favorable para el crecimiento de las plantas por la fertilidad de sus suelos y las favorables condiciones ambientales, así es como en evaluaciones realizadas en plantaciones de 4 años en 11 sitios del secano interior entre la VI y VIII Región, en 4 sitios del secano interior de la IX Región y en 7 sitios del secano costero entre la VI y IX Región, se obtuvieron valores promedio de 2,0; 1,38 y 2,33 m de altura como se aprecia en la Figura 1 (Fernández *et al.*, 1999).

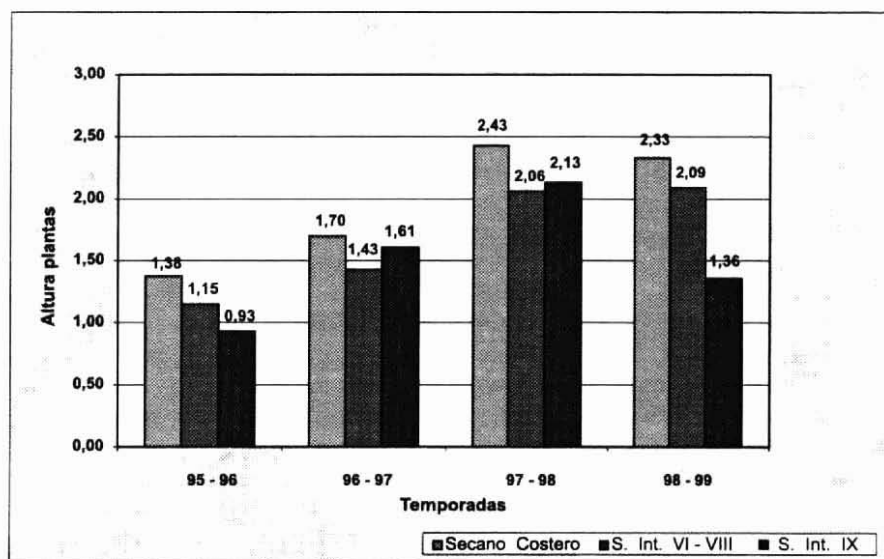


FIGURA 1: Evolución de la altura promedio de plantas de tagasaste, durante cuatro temporadas, en diferentes zonas de Chile mediterráneo central

PRODUCCIÓN

Al igual que el crecimiento, la producción de materia seca consumible, es decir hojas y tallos menores de 0,5 cm de diámetro, se ve afectada por las condiciones de clima y suelo. Los valores promedio obtenidos en plantaciones de 4 años se muestran en la Figura 2, logrando valores de 2.381, 1.759 y 672 kg MS consumible/ha (Fernández *et al.*, 1999).

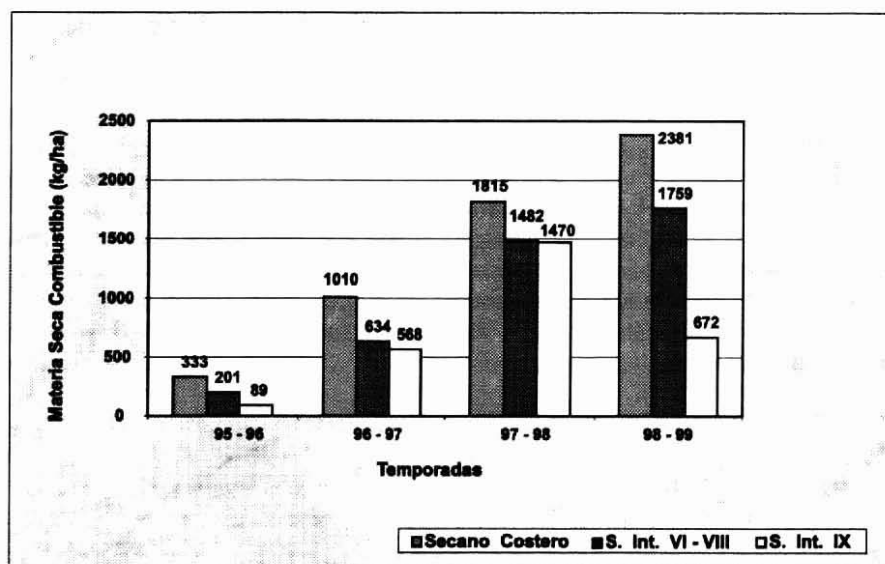


FIGURA 2: Evolución de la producción de plantas de tagasaste, durante cuatro temporadas, en diferentes zonas de Chile mediterráneo central

COMPOSICION QUÍMICA Y VALOR NUTRITIVO

La composición química de los diferentes componentes de la planta se presenta en el Cuadro 1.

CUADRO 1

Composición química de los componentes de la planta de Tagasaste

Alimento	Proteína (%)	Fibra Detergente Ácido (%)	Lignina (%)	Ceniza (%)	Energía Metabolizable (Mcal/kg de m.s.)
Hoja tierna	21,0	19,7	7,2	5,7	2,64
Hoja madura	20,3	19,8	7,3	5,0	2,64
Tallo tierno	12,5	42,1	7,9	4,2	2,06
Tallo lignificado < 1cm	6,5	55,0	11,2	2,4	1,69
Tallo lignificado > 1cm	3,8	59,7	12,1	1,2	1,55

Fuente: Arredondo, 1997.

El alto contenido de proteína bruta de las hojas que se encontró en nuestro país, es similar a lo encontrado en Nueva Zelandia, en especial el de hojas nuevas, comparable a un heno de trébol rosado o alfalfa. Los niveles de proteína de los tallos maduros o lignificados son comparables a praderas degradadas y con bajos niveles nutricionales. Los valores de fibra detergente ácido aumentan según la estructura de la planta. El contenido de *lignina* aumenta a medida que aumenta la madurez, así es como su contenido en hojas y tallos tiernos varía entre 7,2 y 7,9 %, llegando a un 12 % en tallos lignificados (Cuadro 1).

Los niveles energéticos de hojas y tallos consumibles, son inferiores a los encontrados en heno de alfalfa y en granos de cereales, normalmente sobre 2,5 Mcal/kg de MS. Los valores energéticos de los tallos lignificados son comparables a los de pajas de cereales (1,55 Mcal/kg de MS) (Cuadro 1).

Un aspecto importante es que la planta contiene diferentes cantidades de metabolitos secundarios del grupo de los fenoles, taninos, que pueden afectar la disponibilidad de nutrientes, el consumo y disminuir la digestibilidad. Estos componentes tienen variaciones estacionales importantes en la planta como respuesta a cambios fenológicos o estados de estrés. Antecedentes australianos indican que la concentración de ellos es menor al 3 % en los primeros meses de recuperación luego de ser utilizados y podados en junio-agosto, aumentando en forma creciente desde la primavera hasta inicios de otoño, en promedio, llegan a un 7 % en todo el período de crecimiento, que no reduciría la calidad del forraje, puesto que se estima que valores sobre 10 % reducirían su valor nutritivo (Avendaño *et al.*, 1999).

La digestibilidad que es una medida biológica y que depende de la composición química, estado de madurez de la planta al momento de ser usada y el tipo de animal por la que será consumida es decir si es o no rumiante. En este caso, se realizaron mediciones de digestibilidad *in situ* utilizando novillos y midiendo la degradabilidad de los distintos componentes por un período de 72 horas; el máximo valor fue de 87 % para las hojas maduras, las hojas tiernas un 85 %, valores comparables a lo obtenido en ensilaje de maíz y heno de alfalfa. Los tallos lignificados mayores de 1 cm de diámetro y que no son consumibles tuvieron una mayor resistencia degradativa con valores de 15,9 % en el mismo tiempo (Arredondo *et al.*, 1997).

VIVERO

La técnica más utilizada en el país para obtener plantas de tagasaste, es efectuar un vivero en bolsas de gran tamaño y lograr plantas vigorosas al momento de la plantación, esto junto a otros factores influirá para lograr un adecuado establecimiento. Se han evaluado distintas formas de viverización (Cuadro 2) y también la siembra directa logrando los mejores resultados con plantas provenientes de bolsas de 20 cm (Fernández *et al.*, 1999) (Cuadro 2).

CUADRO 2

Sobrevivencia y crecimiento de plantas de Tagasaste en función de la forma de viverización de las plantas durante el primer verano del establecimiento. Temporada 1996-1997

Tipo de viverización y Siembra directa	Sobrevivencia al trasplante (%)	Altura de plantas (cm)	Diámetro de tronco (cm)
Bolsa de 35 cm	44,4 b	38,7 ab	4,3 b
Bolsa de 20 cm	66,7 a	52,4 a	6,0 a
Raíz desnuda	47,2 b	33,8 b	4,2 b
Siembra Directa	1,4 c	9,8 d	0,03 d

Valores con igual letra no difieren entre sí ($P \leq 0,05$) según prueba de Duncan

La fecha de siembra del vivero dependerá de la época de plantación, así es como en zonas con menor precipitación, Cauquenes al norte, es recomendable plantar en mayo, en este caso el vivero se deberá realizar en la primera quincena de enero; para plantaciones más tardías, el establecimiento del vivero puede atrasarse hasta fines de febrero. Se debe proveer a las plantas de un sombreadero con un 50 a 80 % de cubrimiento en los primeros estados de crecimiento y protegerlas de la gran radiación existente en esta época.

El sustrato a utilizar debe contener partes iguales de suelo arcilloso (con bastante materia orgánica) y arena, esto para favorecer la infiltración de agua y que se forme un molde consistente que no se disgregue al momento de la plantación.

La semilla de tagasaste es pequeña, con un número aproximado de 40.000 semillas por kilo, que en su estado natural presentan una alta dureza seminal y de difícil germinación, por lo tanto al momento de la siembra necesitan alguna forma de ablandamiento o escarificación, para esto, se han probado distintos métodos tanto físicos, químicos y mecánicos siendo este último el que mejores resultados ha dado (Del Pozo *et al.*, 1999). Luego de esto se realiza un pre-germinado para posteriormente proceder a la siembra.

Debido a que esta es una leguminosa se debe inocular al momento de la siembra con bacteria específica y favorecer así una buena nodulación.

Es conveniente prevenir la aparición de enfermedades que provocan caída de plantas desinfectando el suelo y la semilla; en algunos casos pueden aparecer caracoles y babosas que provocan graves daños pero su control es muy efectivo con cebos.

El riego es importante en todas las etapas del vivero sobre todo en los estados iniciales de emergencia donde debe ser diario, posteriormente se puede distanciar a dos o tres veces por semana, ya que un exceso también puede ser perjudicial.

ESTABLECIMIENTO

Para lograr un buen establecimiento y producción, se deben considerar la elección adecuada del sitio de plantación en relación a su posición y textura del suelo. Además, la densidad de plantas a utilizar y algunos aspectos relacionados con la plantación como la protección de la planta, subsolado, fertilización y riego durante el primer período estival que a continuación se analizan.

La densidad de plantación determina la producción de fitomasa total y consumible, experiencias realizadas han demostrado que con una densidad de 5.000 plantas/ha, se obtiene la mayor cantidad de forraje consumible.

Por ser una especie muy palatable, sufre intensos ataques de lagomorfos (conejos y liebres), esto es especialmente delicado en el año de establecimiento por el daño que pueden provocar. Por esta razón, es importante determinar un medio de protección efectivo, no contaminante y económico. Cualquiera sea el sistema a utilizar debe buscar no envenenar al animal, dado el peligro de consumo humano que existe. Se han probado diferentes métodos de control mecánico, encontrándose que los más adecuados son el cercado con malla gallinero o cerco eléctrico, siendo este último el más económico (Fernández *et al.*, 1999).

El subsolado mejora las condiciones físicas del suelo, permitiendo una mayor exploración del perfil en profundidad de las raíces, con una mejor extracción de nutrientes y absorción de agua. Se ha encontrado un efecto positivo de esta práctica en suelos graníticos que se refleja en una mayor sobrevivencia al primer verano con valores superiores a un 90 % y en crecimiento. Durante el segundo año, se observó que esta práctica mantuvo su efecto sobre el crecimiento y producción (Cuadro 3), demostrando lo favorable de ella en pre - plantación (Fernández *et al.*, 1999)

CUADRO 3

Efecto del subsolado sobre el crecimiento y producción de tagasaste de segundo año.
Cauquenes, temporada 1997/98

Subsolado	Altura de plantas (cm)	Diámetro de tronco (mm)	Diámetro de copa (cm)	Prod. M.S total kg/ha	Prod. M.S consumible kg/ha
Sin	220 b	39 b	199 b	1.812 b	1.058 b
Con	247 a	45 a	224 a	2.487 a	1.502 a

Valores con igual letra no difieren entre sí ($P \leq 0.05$) según prueba de Duncan

En áreas de secano, con fuerte déficit hídrico de verano, se logra mejorar la sobrevivencia durante el primer verano al realizar riegos con una frecuencia máxima mensual (Cuadro 4), y con un volumen de 12 -15 lt/árbol. En el secano costero de la VIII Región al sur no es necesario regar, ya que la humedad disponible del suelo en esta zona se mantiene hasta bastante avanzada la temporada producto de las nieblas matinales y las bajas temperaturas

(Fernández *et al.*, 2000). Como el recurso es escaso y la práctica en sí es costosa, se ha experimentado con éxito el uso de polímeros en la plantación que a través de su capacidad de absorción y retención de humedad permite un mejor uso del recurso durante el período estival, en este caso una dosis de 2–3 gramos por planta mejora la sobrevivencia y el crecimiento de las plantas.

CUADRO 4

Efecto de la frecuencia de riego sobre la sobrevivencia en la primera temporada (1996-1997) y el crecimiento de plantas de Tagasaste en la segunda temporada (1996/1998)

Temporada(1996-1997)		Segundo año (Temporada 1997/1998)			
Frecuencia de riego	Sobrevivencia (%)	Altura (cm)	Diámetro de tronco (mm)	Diámetro de follaje (cm)	Producción de M.S Consumible kg/ha
Semanal	95 a	247 a	44 a	216 a	1.590 a
Quincenal	91 a	237 ab	43 ab	216 a	1.409 a
Mensual	88 a	223 c	40 ab	203 a	1.053 b
Sin Riego	62 b	228 bc	41 ab	214 a	1.068 b

Valores con igual letra no difieren entre sí ($P \leq 0,05$) según prueba de Duncan

En una plantación se debe lograr un establecimiento rápido y uniforme, para lo cual se deben suministrar los nutrientes que las plantas necesitan, parte de éstos son aportados por el suelo, pero también es necesario incorporar algunos deficitarios en la mayoría de los suelos de esta área, una recomendación general es fertilizar al momento de la plantación con una mezcla de 100 g de fertiyeso, 50 g de superfosfato triple, 15 g de sulpomag y 0,5 g de boronatrocalcita por planta.

La combinación de todas estas labores debe ser una práctica común para lograr un adecuado establecimiento y desarrollo.

MANEJO Y UTILIZACIÓN

La planta se debe manejar a una altura que asegure una buena utilización por parte de los animales, esto se logra mediante podas. Trabajos realizados en Cauquenes han comprobado que la altura de la primera y segunda poda no afecta la sobrevivencia de las plantas ni afecta la altura a la que nace la primera ramilla o brote desde el suelo, por lo tanto la altura recomendada debe ser de acuerdo a la utilización por los animales entre 80 y 100 cm.

La estructura de la planta es un factor importante para lograr una óptima utilización, esta también se forma con la poda. Cuando la planta se ramonea y no se poda, se produce la formación de una *canopia* sobre la altura del ramoneo, reduciendo drásticamente los rebrotes frondosos, la estructura ideal es aquella que posee un desarrollo equilibrado entre número de tallos principales y secundarios. La altura debe ser manejada según el animal

que se destine al pastoreo, al respecto se ha observado que la altura máxima de consumo de ovinos es de 1,3 m y en el caso de bovinos, los terneros pueden pastorear hasta 1,5 a 1,7 m y, animales adultos pueden ramonear plantas de entre 2,5 y 3 m (Avendaño *et al.*, 1999).

La forma más económica de utilización es el pastoreo, pero también se puede suministrar como *soiling*, en el primer caso los animales consumen el 100% de las hojas y alrededor del 70% de ramas y brotes, a la vez pueden pastorear la pradera entre las hileras que normalmente son gramíneas, permitiendo equilibrar la dieta. Se considera que el corte es una práctica sólo para plantaciones en pequeña superficie y con un número limitado de animales.

La intensidad de uso va a incidir en la recuperación de las plantas y determinan la producción, la palatabilidad y calidad del forraje. El ramoneo con ovinos se puede iniciar al segundo año de establecimiento, en el caso de bovinos se debe esperar a que los arbustos estén bien establecidos para evitar daños por desganche y arranque de plantas. La frecuencia de utilización va a depender de la recuperación teniendo en cuenta que períodos muy prolongados aumenta la proporción de material lignificado no consumible, y por otro lado el sobrepastoreo conduce a una lenta recuperación, de tal manera que hay que considerar ambos aspectos.

La época de utilización con ovinos son las épocas críticas para el animal, como son el encaste que se realiza entre febrero y marzo, la parición que ocurre en julio y agosto y la lactancia. Al pastorear con bovinos, ésta varía de acuerdo al sistema de producción, así es como en zonas de secano costero, en un sistema de re-cría de toretes o novillos, la utilización debe ser en otoño – invierno, para terminar la engorda en praderas de vega entre los meses de diciembre a febrero. En el caso del secano interior, el sistema usado es el de vaca – cría y la mejor época de utilización es durante el invierno que coincide con la gestación y en verano para mejorar el peso al destete (Avendaño *et al.*, 1999).

La palatabilidad es muy alta en comparación con plantas forrajeras anuales y arbustivas, sin embargo cuando los animales pastorean por primera vez lo hacen en baja proporción pero al cabo de 3 a 7 días el consumo aumenta, siendo mayor durante los meses más críticos en que la disponibilidad de forraje disminuye.

CONCLUSIONES

El tagasaste es una planta que se adapta bien a las condiciones mediterráneas húmedas y subhúmedas, aportando abundante forraje de buena calidad en épocas de escaso crecimiento de las praderas naturales, principal recurso ganadero de la zona.

Las plantas se obtienen de vivero efectuado en bolsas. Para establecerlo con éxito se debe elegir bien el lugar y el suelo, realizando algunas prácticas sencillas como subsolado, fertilización, riego durante el primer verano y protegerlo del daño de lagomorfos durante sus primeros estados de crecimiento.

Posteriormente y dependiendo si su utilización será con ovinos o bovinos, se deben realizar algunas labores de manejo como poda de formación y de mantención para lograr su permanencia por largo tiempo.

De esta manera, el tagasaste puede ser integrado con éxito en los sistemas de producción de la zona mediterránea aportando forraje de calidad en períodos críticos.

BIBLIOGRAFÍA

- ARREDONDO, S.; JAHN, E. Y OVALLE, C. 1997. *Degradabilidad ruminal de distintos componentes de la planta de tagasaste (Chamaecytisus proliferus spp. palmensis) mediante el uso de la técnica de novillos fistulados en el rumen*. Agricultura Técnica, Chile. 57(2): 127-135.
- AVENDAÑO, J.; ARREDONDO, S.; JAHN, E.; BLU, F. Y CORTÉS, K. 1999. *Composición química y valor nutritivo de la planta de tagasaste* en Ovalle, C.; Fraga, A.; Fernández, F.; Avendaño, J. y Cortés, K. Eds. El tagasaste en Chile, pp. 89-109.
- AVENDAÑO, J.; OVALLE, C.; FERNÁNDEZ, F. Y RAMÍREZ M. 1999. *Manejo y Utilización del Tagasaste* en Ovalle, C.; Fraga, A.; Fernández, F.; Avendaño, J. y Cortés, K. Eds. El tagasaste en Chile, pp. 73-85.
- DEL POZO, A.; ARREDONDO, S. Y SEPÚLVEDA, C. 1999. *Germinación y emergencia* en Ovalle, C.; Fraga, A.; Fernández, F.; Avendaño, J. y Cortés, K. Eds. El tagasaste en Chile pp. 37- 43.
- FERNÁNDEZ, F.; OVALLE, C. Y FRAGA, A. 1999. *Adaptación de tagasaste (Chamaecytisus proliferus spp. palmensis) en el secano mediterráneo subhúmedo y húmedo* en Soto, P. y Teuber, N. Eds. XXIV Reunión anual Sociedad Chilena de Producción Animal Sochipa A. G. pp. 25-26.
- FERNÁNDEZ, F.; ARAVENA, T. Y OVALLE, C. 1999. *Vivero* en Ovalle, C.; Fraga, A.; Fernández, F.; Avendaño, J. y Cortés, K. Eds. El tagasaste en Chile, pp. 47-53.
- FERNÁNDEZ, F.; OVALLE, C.; FRAGA, A.; KRAMM, V.; OJEDA, F. Y SKEWES, O. 1999. *Establecimiento de la planta de tagasaste* en Ovalle, C.; Fraga, A.; Fernández, F.; Avendaño, J. y Cortés, K. Eds. El tagasaste en Chile, pp. 57-68.
- FERNÁNDEZ, F.; OVALLE, C. Y ARAVENA, T. 2000. *Efecto del subsolado y la frecuencia de riego en el establecimiento de tagasaste (Chamaecytisus proliferus spp.*

- Palmensis*) en el secano Mediterráneo subhúmedo.** En Alomar, D. Ed XXV Reunión Anual Sociedad Chilena de producción Animal Sochipa A.G. pp. 97-98.
- FRAGA, A.; CORTES, K. Y OVALLE, C. 1999. ***Distribución y descripción*** en Ovalle, C; Fraga, A.; Fernández, F.; Avendaño, J. y Cortés, K. Eds. El tagasaste en Chile, pp. 15-18.
- OPAZO, R. 1930. ***Agricultura. monografía cultural de las plantas agrícolas***, Tomo III, plantas forrajeras y plantas industriales, p.156.
- ORTEGA, J.F.; MÉNDEZ, P.; FERNÁNDEZ, G.M. Y SANTOS, G.A. 1990. ***(Chamaecytisus proliferus (L.F.) Link spp. Palmensis (Christ Kunkel). Una leguminosa forrajera arbustiva originaria de la Isla de la Palma.*** Revista Canarias Agrarias y Pesqueras, 8:328-332.
- OVALLE, C.; ARONSON, J.; ALVAREZ, H Y AVENDAÑO, J. 1993. ***Alfalfa arbórea o tagasaste (Chamaecytisus proliferus spp. palmensis). Un árbol forrajero leguminoso con potencial para sistemas agrosilvopastorales en Chile mediterráneo.*** Agricultura Técnica, Chile. 53(3): 264-271.
- SNOOK, L.C. 1961. ***Tree lucerne a fodder crop with a future.*** journal of agriculture of western australia, 4th series, 2:173-179.

***Robinia pseudoacacia*: RESCATANDO UNA TRADICIÓN**

Susana Benedetti R.¹; Claudia Delard R.²

RESUMEN

Desde hace muchos años en el área rural en Chile, se han utilizado algunas especies forestales de alta rusticidad, de maderas de excelentes características físico-mecánicas y trabajabilidad, de rápido crecimiento y con la posibilidad de generar múltiples productos. En el tiempo éstas han sido desplazadas por especies plantadas a gran escala sobre las cuales se basa una industria generadora de altos volúmenes de productos de distintos grados de estandarización y valor agregado. Sin embargo, en algunos sectores persiste una tradición en el uso de estas especies rústicas, basada en la valorización de sus características y potencialidades conocidas a través de su uso. Surge así la necesidad de revalorizar este tipo de especies, que han demostrado una buena adaptación a condiciones ambientales adversas y un gran potencial de desarrollo en el país, siendo en este sentido un punto ya ganado para la diversificación del sector forestal.

Un caso particular lo representa *Robinia pseudoacacia*, siendo notorio su uso en la zona central de Chile en la obtención de maderas redondas, dadas las cualidades de durabilidad y resistencia que posee su madera, así como su adaptación a suelos pobres. La existencia de un mercado incipiente, pero de alta potencialidad, de productos derivados de su madera a partir del aprovechamiento de bosquetes naturalizados sin manejo técnico, junto a una serie de prácticas tradicionales de uso y manejo que han demostrado la persistencia en su utilización, así como los interesantes resultados obtenidos en investigaciones acerca del crecimiento y productividad de esta especie, permite suponer que mediante la optimización del proceso productivo y de comercialización, *Robinia pseudoacacia* constituye una opción de producción forestal rentable a cualquier nivel productivo, en especial al de pequeños propietarios.

En este marco se desarrolla el Proyecto *Robinia: nueva alternativa de producción forestal para suelos marginales de la zona central*, cuyo objetivo es desarrollar modelos productivos que permitan formalizar y promover el cultivo de *Robinia* como una alternativa productiva y de diversificación en las regiones VI y VII de Chile.

La metodología se basa en un enfoque integral del ciclo productivo de la especie orientado a optimizar su cadena de valor. En una primera etapa se considera la recopilación y sistematización de la información técnica y tradicional sobre silvicultura, manejo,

¹ Ingeniero Forestal. Licenciado en Ciencias Forestales. Instituto Forestal (INFOR). Huérfanos 554, Santiago. sbenedet@infor.cl

² Ingeniero Forestal. Licenciado en Ciencias Forestales. Instituto Forestal (INFOR). Huérfanos 554, Santiago. cdelard@infor.cl

aprovechamiento y comercialización, para posteriormente definir las acciones necesarias para provocar el escalamiento tecnológico de *Robinia*.

Los resultados a la fecha son: zonas potenciales para creación de una base productiva en base a *Robinia*, antecedentes de crecimiento, identificación de las prácticas y utilización a que ha estado sometida la especie en los bosquetes existentes, y productos y precios actualmente transados. Finalmente se espera conocer sus opciones tecnológicas para definir una estrategia de comercialización de los diferentes productos factibles de obtener junto con las prescripciones de establecimiento y manejo de nuevas plantaciones así como de los bosquetes existentes.

INTRODUCCIÓN

Robinia pseudoacacia o Acacio Falso, es una especie originaria de Estados Unidos, que ha sido utilizada desde hace muchos años en el país, principalmente en la zona central, para la producción de postes y polines, entre otros productos.

Debido al interés generado en el proyecto “*Determinación de Crecimiento de Robinia pseudoacacia y Análisis de las Propiedades Físicas y Mecánicas de la Madera*”, ejecutado en 1997, INFOR decidió continuar con la investigación, adjudicándose el Proyecto *Robinia: Nueva Alternativa de Producción forestal para Suelos Marginales de la Zona Central*, el cual inició a principios de 1999.

En base a antecedentes recopilados de los propios productores (aspectos de tradición), unido a información bibliográfica (aspectos técnicos), se ha generado extensa información relativa a la especie, destacándose en esta ponencia antecedentes relevantes acerca de las propiedades físicas y mecánicas de la madera, así como también antecedentes de su mercado. Por otra parte, se presentan las zonas potenciales de crecimiento de la especie en las regiones VI y VII, y funciones de crecimiento de la especie para estas regiones.

METODOLOGÍA

La metodología del proyecto que se presenta consiste en un enfoque integral, donde se busca mejorar el cultivo y ciclo productivo de la especie a través de dos focos: los aspectos técnicos, que tienen relación con los antecedentes teóricos y de fuentes de información primaria que permiten tomar decisiones concretas frente alguna interrogante y, por otra parte, de los aspectos de tradición. Estos últimos son muy importantes, puesto que como hemos mencionado anteriormente, esta especie ha estado presente en el país desde hace muchos años, y además ha sido utilizada con diversos fines hasta el día de hoy.

Por lo anterior, es necesario considerar la experiencia de los agricultores que poseen bosquetes de la especie, quienes ya han aprendido a conocerla y utilizarla, si bien no de manera técnica, como estamos acostumbrados, sino que por el simple conocimiento a través de los años. De esta forma ya se cuenta con antecedentes de cuándo cortar, cómo producir plantas, cómo manejarla, cuánto producen, y por lo tanto es de gran relevancia conocer estos antecedentes y validarlos científicamente para conformar un paquete tecnológico consistente acerca de silvicultura, manejo y aprovechamiento de la especie.

RESULTADOS

• Antecedentes generales de *Robinia pseudoacacia*

¿Por qué la Robinia?

- Es una especie MULTIPROPÓSITO
- Especie leguminosa - fija nitrógeno atmosférico
- Se establece en terrenos de baja fertilidad
- Presenta una gran adaptación y productividad en el país
- Gran durabilidad (no requiere tratamiento con preservantes)
- Gran flexibilidad y resistencia mecánica
- En el país existe demanda por maderas redondas (mercado de viñas y agricultura)
- Existencia de MERCADO para la especie
- Ley de Fomento Forestal
- Existe tradición de uso en el país

Debido a estas características se considera necesario estudiar y conocer mayores antecedentes acerca de la especie de manera de potenciar el establecimiento de plantaciones y su utilización.

Origen y distribución del Acacio

Robinia pseudoacacia es una especie originaria de los estados sudeste de Norteamérica, entre los 35° y 43° de Latitud Norte (Edlin, 1985). En su distribución se reconocen dos áreas; por el este se extiende desde el centro de Pennsylvania hasta el norte de Alabama y Georgia a lo largo de 1.000 Km, en los Montes Apalaches, incluyendo Virginia Oeste, Virginia, Maryland, Kentucky, Tennessee y Carolina del Norte y Sur. También se encuentra en el sur de Ohio y noreste de Indiana; en el área oeste se distribuye en las montañas Ozark al sur de Missouri, en el norte y este de Arkansas y este de Oklahoma (Lanzara, 1979; Keresztesi, 1983; Alden, 1995).

Fue la primera especie forestal introducida en Europa a principios del siglo XVII. Desde esa época se ha extendido por todo el continente (con excepción de los países escandinavos) en las regiones templadas y mediterráneas (Keresztesi, 1978; Lanzara, 1979; Edlin, 1985; Forest Research Institute, 1996), y en Norteamérica por la mayoría de los estados de Estados Unidos, México y Canadá (Alden, 1995; Forest Research Institute, 1996).

En Hungría, *Robinia* es la especie forestal más difundida; fue introducida a principios del siglo XVIII, siendo utilizada al principio como ornamental para luego ser empleada en

forestación masiva entre 1865 y 1895, alcanzando una superficie al año 1978 de 276.000 hectáreas y un grado de industrialización avanzado Keresztesi (1980). Esta expansión se ha debido a su corta rotación, relativa simple tecnología de crecimiento, fácil capacidad de regeneración y múltiples usos de su madera (Forest Research Institute, 1996).

En las últimas décadas, en Europa ha aumentado considerablemente el interés por cultivarla, siendo introducida en países como Rumania, ex Unión Soviética, Francia, Bulgaria, ex Yugoslavia, ex Checoslovaquia, Alemania y Corea del Sur, entre otros. Además, en América del Sur en Argentina, se han montado algunos ensayos a partir de los años 60 (Keresztesi, 1983).

Basado en antecedentes de 1988, la especie se encuentra en numerosos países, ocupando la mayor superficie en Asia, como se aprecia en el Cuadro 1 (Forest Research Institute, 1996).

CUADRO 1
Superficie de *Robinia pseudoacacia* en distintos países

País	Superficie (ha)
Bulgaria	73.000
República Checa y Eslovaquia	28.000
Francia	30.000
Yugoslavia	50.000
Hungría	280.000
Alemania	6.000
Rumania	161.000
Italia	120.000
Unión Soviética	40.000
China	1.000.000
Corea del Sur	270.000
Corea del Norte	178.000
Total	2.236.000

Fuente: Forest Research Institute, 1996.

En el futuro se espera una expansión de esta superficie en el continente asiático, liderado por China y Corea del Norte y del Sur, y en el continente europeo, donde los países más promisorios son los mediterráneos (Italia, Grecia, España y Turquía), debido a las múltiples posibilidades de utilización de su madera y al favorable impacto en el ambiente de las forestaciones con esta especie (Forest Research Institute, 1996).

Características de la especie

Robinia pseudoacacia pertenece a la familia de las *Papilionáceas*. Es un árbol de hoja caduca de hasta 35 m de altura y 0,3 a 1,0 m de diámetro. La forma del árbol varía según

los tipos de crecimiento; como árbol individual o en rodales abiertos el tronco crece torcido, bifurcado y lleno de ramas (aunque algunas de estas características pueden ser heredadas), siendo la copa amplia con forma aovada y asimétrica. En bosques más densos el fuste es delgado, cilíndrico, con ramas sólo en la parte superior de la copa. Posee una alta capacidad de poda natural; las ramas delgadas laterales poseen un ángulo agudo y la forma de la copa es la de un cono invertido.

Su corteza es suave en las etapas juveniles, cubierta con lenticelas. A mayor edad es de color café grisácea muy gruesa con capas externas fibrosas.

Las ramas, espinosas, poseen corteza lisa y se disponen en forma globular; las ramificaciones secundarias son pubescentes y sostienen hojas *pinnadas* de color verde pálido, alternas, compuestas por un número variable de folíolos, entre 7 y 20. Éstos son opuestos, ovalados, cada uno con una pequeña espina y pubescentes cuando jóvenes, constituyendo hojas pecioladas con un par de espinas fuertes en la base. Las yemas de invierno son casi invisibles, muy pequeñas, sin escamas y escondidas en la base del tallo de las hojas caídas.

Las flores se presentan en racimos axilares colgantes de 10 a 20 cm de largo, de color blanco, ligeramente perfumadas y florecen en octubre a noviembre; el cáliz es verde y acampanado y la corola papilionácea. Los frutos son vainas colgantes lanceolada-oblongas de 5 a 10 cm de longitud, coriáceas, de color marrónaceo al llegar a la madurez y contienen 4 a 10 semillas reniformes y negras.

Su sistema radicular está formado por una raíz principal que no profundiza mayormente pero es densamente ramificada con fuertes raíces laterales. Se extiende horizontalmente pero hay muchas raíces que también se desarrollan verticalmente, permitiendo explotar excelentemente los nutrientes y recursos hídricos del suelo. Debido a esta característica, se emplea para estabilizar suelos (contener diques y escarpados), pero es muy susceptible a la competencia de malezas, incendios y pisoteo del suelo en edades tempranas.

La especie es una leguminosa y en sus raíces tiene nódulos radiculares con bacterias del género *Rhizobium* que fijan nitrógeno atmosférico y lo transforman en nitrógeno soluble al agua, disponible para las plantas. De esta forma, enriquece el suelo con nitrógeno y estimula el crecimiento de las plantas. Según algunos autores la cantidad de nitrógeno puesta en circulación es estimada en 50 kg/ha, especialmente en plantaciones de edades superiores a 10 años. Además, permite una rápida descomposición de la hojarasca y ramillas, lo que significa incorporación de nitrógeno de rápida disponibilidad. En esta forma se liberan también otros nutrientes (Ca, K, Mg, entre otros) e incrementa el pH. Esta característica además permite a la especie adaptarse a suelos pobres.

Robinia es utilizada como ornamental en ciudades, parques y jardines. Es plantada para fijar nitrógeno y mejorar suelos, controlar cárcavas y otras formas de erosión hídrica.

Se destacan además su rápido crecimiento, la capacidad de reproducirse y establecerse fácilmente, no posee enfermedades serias, tolera una amplia variedad de suelos y presenta una alta durabilidad de la madera.

Antecedentes de mercado

Robinia pseudoacacia es una especie que permite ser utilizada con diversos fines, entre los que destacan:

- Madera
- Leña
- Carbón
- Miel
- Sombra
- Forraje, hojas y frutos
- Recuperación de suelos
- Abono
- Ornamental
- Postes, polines, durmientes, cabezales

Robinia presenta un alto potencial al ser una **especie multipropósito**.

Aparte de los usos anteriormente mencionados, en base a antecedentes recopilados en terreno, se ha obtenido los siguientes productos y precios de Acacio, los cuales se comparan con precios de Pino insigne (Cuadro 2).

CUADRO 2
Productos y precios de Acacio

Producto	Precio unitario Acacio	Precio unitario Pino impregnado
Postes luz 8,5 m	\$ 6.000 - 7.000	\$ 21.100
Poste (diám. 18 cm)	\$ 5.000	\$ 7.500
Poste	\$ 8.000 - 15.000	\$ 16.700
Polín (2,2 m)	\$ 450 - 700	\$ 650
Cabezal (4")	\$ 900 - 1.500	\$ 1.900

Estos antecedentes denotan que frente a la presencia de una madera de excelente calidad, la escasa e inconstante oferta hacen que productos de otras maderas como los de pino, sean más cotizados que los de Acacio, pudiendo revertir esta situación al mejorar y estandarizar la oferta existente y futura.

• **Zona potencial de crecimiento de *Robinia pseudoacacia***

Se ha modelado en un Sistema de Información Geográfica las zonas potenciales de crecimiento de *Robinia pseudoacacia* en la VI y VII Región. En esta actividad se conjugaron los requerimientos climáticos y edáficos de la especie, cuyos antecedentes se obtuvieron de bibliografía y de parcelas realizadas para determinar el crecimiento en la zona.

En el Cuadro 3 se presentan los antecedentes que restringen el crecimiento de Acacio.

CUADRO 3
Requerimientos ecológicos del Acacio

Clima	Requerimiento
Precipitación anual	≥ 400 mm
Meses secos	≤ 8 meses
Temperatura media anual	≥ 8 °C
Temperatura máxima media mes más cálido	≤ 35 °C
Temperatura mínima media mes más frío	≥ 0 °C
Temperatura mínima absoluta	≥ -23 °C
Período libre de heladas	≥ 140 días
Suelo	Requerimiento
Textura del suelo	Franca, franco limosa, franco arenosa, arenosa, arenosa fina, arcilla liviana
Profundidad del suelo	≥ 35 cm
Drenaje del suelo	Bueno a moderado
Reacción del suelo	pH de 4,0 a 8,2

De acuerdo a estos antecedentes y los regionales se crearon los mapas de zonas potenciales para el crecimiento de la especie, determinando las superficies aptas para su cultivo (Cuadro 4, Figura 1).

CUADRO 4
Superficies potenciales de crecimiento de Acacio en la VI Región

VI Región	Superficie (ha)	Porcentaje Regional (%)
Zona potencial de crecimiento	665.058	40,7
Zona potencial edáfica	1.133.058	69,4
Zona potencial climática	1.164.166	71,3

La característica más restrictiva en esta Región es la textura con un 71,1%, ubicándose las zonas no aptas en porciones en el centro y oeste de la Región.

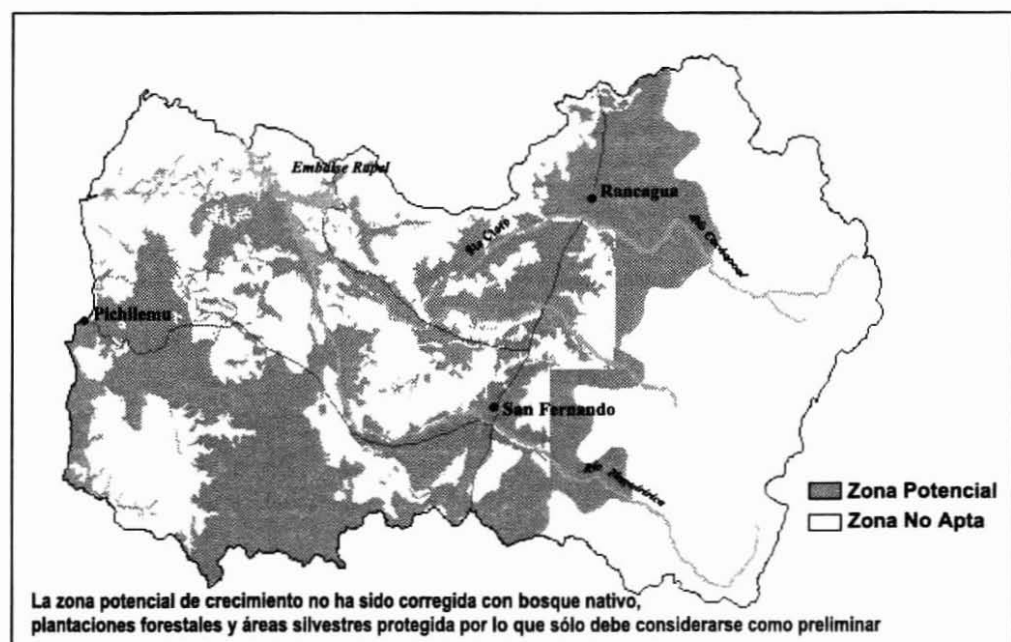


FIGURA 1: Zona de crecimiento potencial de Acacio en la VI Región

En el Cuadro 5 se aprecian las superficies potenciales de crecimiento de Acacio en la VII Región, observándose que existe una vasta área susceptible de ser plantada con la especie en estudio.

CUADRO 5

Superficies potenciales de crecimiento de Acacio en la VII Región

VII Región	Superficie (ha)	Porcentaje Regional (%)
Zona potencial de crecimiento	1.351.477	44,7
Zona potencial edáfica	2.222.404	73,5
Zona potencial climática	2.135.768	70,6

En esta Región también la característica más restrictiva es la textura con un 77%, ubicándose las zonas no aptas en porciones en el centro y oeste de la Región, como se aprecia en la Figura 2.

Sin embargo, es necesario destacar que para ambas regiones se debe tener en cuenta que las escalas de los mapas fuente (climáticos y edáficos regionales) fluctúan entre 1:250.000 y 1:500.000; por esta razón las zonas potenciales modeladas tienen las restricciones que dicha escalas ameritan, es decir, son sólo referenciales y no se puede concluir al respecto a un nivel predial.

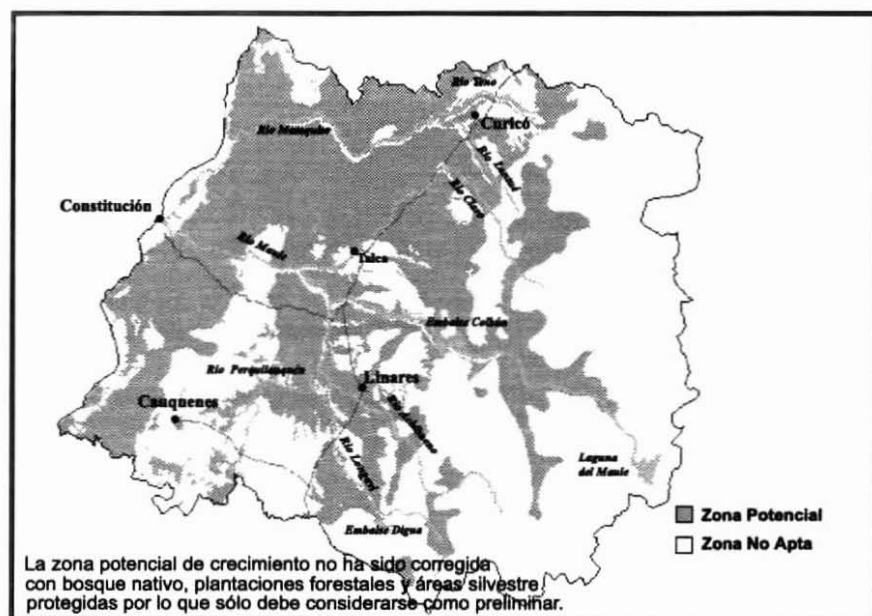


FIGURA 2: Zona de crecimiento potencial de Acacio en la VII Región

- **Crecimiento de la especie en Chile (VI – VII Región)**

De acuerdo a prospección y análisis de tallo realizado a 50 árboles procedentes de distintas formaciones en ambas regiones, la determinación de parámetros de rodal se aprecia en los Cuadros 6 y 7.

CUADRO 6
Antecedentes de parcelas VII Región

Nº Parcela	Grupo	Dens (árbs/ha)	Dens calculada (árbs/ha o espaciamiento) ³	H media (m)	DAP medio (cm)	Edad aprox (años) ⁴
3	1	300	300	13,8	15,9	14
5	1	1.350	1.350	10,5	9,4	6
6	2	H ¹	2,5 m	15,3	20,2	17
8	2	H ¹	2,5 m	9,6	10,4	6
9	3	H ²	2,2 m	12,1	12,2	20
10	1	1.800	1.800	11,5	10,5	13
11	3	H ²	2,2 m	10,7	9,3	6

¹ Hilera, sin densidad de bosque.² Hilera-cortina, sin densidad de bosque.³ Densidad o espaciamiento calculado para proceder a análisis de crecimiento⁴ Edad de acuerdo a conteo de anillos

Nota: En esta Región, para superar la heterogeneidad existente dada por los distintos tipos de formaciones, se agruparon de la siguiente forma: grupo 1 correspondiente a bosquetes; grupo 2 a hileras y grupo 3 a hileras cortinas cortaviento.

CUADRO 7
Antecedentes de parcelas VII Región

Nº Parcela	Dens (árbs/ha)	H media (m)	DAP medio (cm)	Edad aprox (años) ¹
9	2.200	10,2	7,9	8
10	2.750	12,6	8,4	12
13	1.700	14,4	10,8	14
2	1.200	14,5	10,8	8
3	6.750	12,5	7,2	9
4	3.730	13,7	9,4	9
5	4.200	13,1	8,2	8
6	2.970	16,2	13,9	20
7	3.900	14,2	10,4	8
8	2.300	14,5	10,9	9
9	4.680	13,6	9,2	11

¹ Edad de acuerdo a conteo de anillos

Análisis de crecimiento en DAP

➤ Análisis de crecimiento en la VI Región

Debido a la diversidad de condiciones en la Región, el análisis de crecimiento en DAP para la VI se dividió, de acuerdo al tipo de formación, en tres grupos: bosquetes (1), cortina (2) e hilera-cortina (3), de manera de homogeneizar y mejorar el ajuste de las funciones.

La función general obtenida corresponde a:

$$\text{Dap s/corteza(cm)} = a * \text{Densidad (árboles/ha)} + b * \text{Ln (edad (años))}$$

Donde en el caso de hileras y cortinas se cambió la densidad por espaciamiento medio. El ajuste de los modelos se presenta en el Cuadro 8.

CUADRO 8
Coeficientes y estadísticos para ajuste en VI Región

Grupo	Tipo de formación	Coeficientes		R ²	Error estándar (cm)
		a	b		
1	Bosquete	-0,00168	4,69156	0,964	1,492
2	Hilera	-0,33137	5,70458	0,958	2,217
3	Hilera	0,69229	2,73055	0,902	2,478

➤ Análisis de crecimiento en la VII Región

En la VII Región los bosquetes tienen una superficie mayor, por lo cual la densidad se utilizó como variable predictora del crecimiento.

Para ajustar el crecimiento en DAP de árboles de la VII Región se utilizó el modelo lineal

$$\text{DAP s/corteza (cm)} = a * \text{Densidad (m)}^b + c * \text{edad (años)}^d$$

Obteniendo los siguientes coeficientes de la función:

- a = 3,101
- b = -0,753
- c = 1,737
- d = 0,738

Con este modelo se obtuvo un R² = 0,943 y un error estándar de 1,498 cm.

De acuerdo a los antecedentes presentados, el crecimiento en DAP es mayor en la VI Región (hileras o cortinas principalmente, creciendo libres de competencia). Por la misma razón el crecimiento en altura es mayor en la VII Región, pero el volumen observado es menor en esta Región.

El espesor de corteza es del orden de 0,54 cm en la VI Región y de 0,42 cm en la VII Región. Esta variable no presenta correlación con la edad, y con el DAP una muy baja.

La VI Región presentó mayor porcentaje de duraminización, el que variaría según la velocidad de crecimiento y la edad.

Análisis de crecimiento en altura

➤ Análisis de crecimiento en altura en la VI Región

Se ajustó el siguiente modelo para la estimación de la altura total media en función de la edad y del DAP del árbol.

$$\text{Altura media (m)} = a + b * \text{DAP s/corteza (cm)}^c * \text{edad (años)}^d$$

Los coeficientes obtenidos en el ajuste son:

- $a = -2,3105$
- $b = 4,1634$
- $c = 0,4615$
- $d = 0,0159$

Obteniendo un coeficiente de correlación $R^2=0,9813$.

➤ Análisis de crecimiento en altura en la VII Región

Para la estimación de la altura total media en función de la edad y del DAP del árbol se utilizó modelo

$$\text{Altura media (m)} = a * \text{DAP s/corteza (cm)}^b * \text{edad (años)}^c$$

El ajuste entregó los siguientes coeficientes, con un R^2 de 0,9793

- $a = 2,5199$
- $b = 0,6240$
- $c = 0,1205$

Análisis de crecimiento en volumen

Se ensayaron varios modelos de función de volumen de árbol individual, resultando el modelo a continuación como el más adecuado en ambas regiones para los datos analizados.

$$\text{Volumen ssc (m}^3\text{)} = a * \text{Edad (años)} + b * \text{DAP sc (cm)}^2 * H \text{ (m)}$$

Este modelo recrea muy bien la cubicación de un cilindro, ponderado por un factor y modificado por un coeficiente de posición con la edad.

En el Cuadro 9 se presenta el ajuste de la función de crecimiento en Volumen para la VI y VII Región

CUADRO 9
Coeficientes y estadígrafos para ajuste de volumen en VI y VII Región

Región	a	b	R ²	Error estándar
VI	0,00026	0,20340	0,988	0,00264
VII	0,00006146	0,91151441	0,991	0,00156

En ambas regiones la función representa muy bien la nube de datos obtenida.

Conclusiones del crecimiento de acacio

De acuerdo a lo anteriormente mencionado se puede concluir que los modelos de crecimiento obtenidos para Acacio son representativos de las situaciones analizadas. A juzgar por los estadígrafos calculados éstos son de buena calidad.

El crecimiento en DAP de la VI Región es mayor al de la VII Región, para una misma edad y condiciones analizadas, sin embargo, el crecimiento en altura en la VI Región es menor que el de la VII, para una misma edad. Lo anterior concuerda con la forma de crecimiento de los árboles, ya que en la VI Región tienen un crecimiento libre de competencia (hileras o cortinas cortaviento, principalmente), o esta es mucho menor que en la VII Región, donde existe competencia de copas en todo el contorno de cada árbol, lo que obliga al individuo a crecer más rápido en altura y alcanzar rápidamente el dosel superior.

Es probable que el porcentaje de duramen sea mayor en la VI Región, es decir en árboles en condiciones para crecimiento lento, como son las hileras, donde la competencia es baja, o no existe.

Por otra parte, y como consecuencia de lo anterior, el volumen de los árboles de la VII Región es levemente inferior que en la VI Región.

Respecto del espesor de corteza, en la VI Región es del orden de 0,54 cm, y en la VII Región es de 0,42 cm. El análisis de esta variable no mostró correlación con la edad, y con el DAP mostró una correlación muy baja. El mayor espesor de corteza de la VI Región puede deberse a la menor velocidad de crecimiento respecto de la VII Región.

- **Propiedades físicas y mecánicas de la madera**

Los resultados de análisis de propiedades físicas y mecánicas de la madera de acacio se presentan en el Cuadro 10.

CUADRO 10
Propiedades físicas y mecánicas de la madera de Acacio

Variable/Especie	Acacio		Pino radiata	
	Estado seco (C.H.=12%)	Clasificación	Estado seco (C.H.=12%)	Clasificación
Propiedades Físicas				
Dens. aparente (g/cm ³)	0,759	Semi pesada	0,488	Liviana
Dureza normal a la fibra (kg)	690,14	Semidura	207	Blanda
Propiedades Mecánicas				
Flexión estática:				
Mód. rotura flexión (kg/cm ²)	1.066,21	Mediana	715	Pequeña
Compresión paralela:				
Tensión Máx. Compresión (kg/cm ²)	591,1	Semipesada Calidad superior	370	-

CONCLUSIONES

De lo investigado a la fecha, se puede concluir que existe un interesante potencial para Acacio o *Robinia pseudoacacia* en la zona central de Chile, producto del interesante crecimiento observado, de las bondades de su madera y del interés por parte de diferentes actores:

- propietarios de bosquetes
- viñas y productores del agro
- empresas posteras
- futuros forestadores

Se debe continuar la investigación de manera de lograr la transferencia de toda la cadena productiva a los distintos sectores, mejorando el recurso actual y generando uno aún mejor.

La valorización del conocimiento tradicional representa un elemento clave para propuestas de acciones tendientes al mejoramiento de una situación dada. En la medida que la incorporación de “nuevas formas de hacer”, tengan base en costumbres ya conocidas la posibilidad de éxito será mayor. Así, el rescate y análisis de las prácticas de manejo y usos tradicionales de la especie constituyen elementos básicos para el diseño de propuestas técnicas que optimicen el aprovechamiento del recurso, permitiendo la generación del negocio de la *Robinia*.

PLANTACIONES CON *Melia azedarach* EN EL SECANO COSTERO DE LA SÉPTIMA Y OCTAVA REGIÓN

Marisol Muñoz V.¹ ; Guillermo Schmeda H.²; Luis Astudillo S.³

RESUMEN

En 1998 se plantaron cuatro parcelas experimentales con *Melia azedarach* en el secano costero de la Séptima y Octava Región. Se seleccionaron cuatro predios pertenecientes a pequeños propietarios que se sitúan en las comunas de Curepto, Chovellén y Trehuaco.

Después de 10 meses de establecida la plantación se evaluó el efecto de tres espaciamientos (1x1 m, 2x2 m y 3x3 m) y dos tipos de producción de plantas (raíz desnuda y contenedor) sobre el prendimiento. Estos resultados preliminares arrojan valores promedios por predio entre un 58% y 81% de sobrevivencia. En las cuatro parcelas se observa que el prendimiento es significativamente superior cuando las plantas son producidas en macetas. Para el factor espaciamiento sólo en un predio se encontraron diferencias significativas siendo mejor el espaciamiento 1 x 1 m.

Proyecto SEC-96-I-01, financiado por la Fundación para la Innovación Agraria (FIA).

¹ Ingeniero Forestal, Mg. Cs. For. Facultad de Ciencias Forestales, U. de Talca. Casilla 721-Talca. mmunoz@pehuenche.otalca.cl

² Bioquímico, Dr. Cs. Químicas. Laboratorio de Química de Productos Naturales, U. de Talca. Casilla 721-Talca. schmeda@pehuenche.otalca.cl

³ Prof. Química, Dr. Cs. Químicas. Laboratorio de Química de Productos Naturales, U. de Talca. Casilla 721-Talca. lastudi@pehuenche.otalca.cl

INTRODUCCIÓN

La especie *Melia azedarach* es originaria de Asia, y en nuestro país se encuentra habitualmente como especie ornamental en plazas y jardines en las ciudades de la zona central. Tiene crecimiento rápido, follaje caduco, flores de color lila, sus frutos de color amarillo ocre permanecen en el árbol durante el período invernal haciéndolo muy atractivo.

Según Hoffmann (1995) la madera de esta especie es de buena calidad y fácil de trabajar, se usa en terciados, chapas, puertas y ventanas, leña y artesanía. Puede alcanzar hasta 10-15 m de altura. Bastante rústica en sus requerimientos de suelo y clima, aunque prefiere terrenos fértiles y bien drenados, temperaturas no muy bajas y mucha humedad.

En Argentina se cultiva la *M. azedarach* var. *gigantea* con objetivos forestales en la Provincia de Misiones, en algunas situaciones se han medido incrementos volumétricos de 29 m³/ha/año en plantaciones de 4-5 años dentro de un yerbatal (Cozzo, 1995).

Aparte de todas las características señaladas, de sus frutos es posible extraer compuestos que se usan como biopesticidas. En el Laboratorio de Química de Productos Naturales de la Universidad de Talca se ha determinado, en condiciones de laboratorio, el efecto de extractos de frutos y hojas de *Melia* sobre el bruco (*Acanthoscelides obtectus*) en poroto hallado alemán, los resultados indican que es posible controlar la infestación.

Estas características, unidas a su adaptabilidad a diferentes ambientes, la hacen muy interesante para ensayarla en situaciones del secano costero. De ser posible su incorporación a estas zonas sería una útil fuente para los pequeños propietarios, ya que tendría un impacto positivo en el ahorro de insumos de producción al utilizar sus frutos como biopesticidas y también podría servir como especie dendroenergética.

Se seleccionaron cuatro sectores en el secano costero de las regiones séptima y octava y se plantaron con esta especie en la temporada invernal de 1998, en este documento se presentan los resultados preliminares de prendimiento y crecimiento, obtenidos después de 10 meses de establecida la plantación.

OBJETIVOS

• Objetivo General

Determinar las características de adaptación de la especie *Melia azedarach* al secano costero de la Séptima y Octava Región.

• Objetivo Específico

Cuantificar la sobrevivencia y desarrollo de la especie después de una temporada estival.

METODOLOGÍA

• Antecedentes de los predios

Si bien esta especie es muy adaptable a diferentes condiciones su mayor restricción es que no tolera heladas. La búsqueda de los lugares adecuados para establecer los ensayos se realizó en las comunas de Curepto y Pelluhue, en la Séptima Región; y en Coelemu, Trehuaco y Portezuelo en la Octava Región. Se hizo una preselección de lugares a través del Atlas Agroclimático de Chile (Santibañez y Uribe, 1993) y posteriormente se realizó la verificación de esta información con instituciones del agro vinculadas a estos sectores, como INDAP, INIA, CONAF, tanto a nivel regional como en las distintas comunas. Posteriormente, se visitó cada predio seleccionado para verificar el cumplimiento de algunas condiciones como accesibilidad, protección contra viento, sin riesgo de heladas, pendientes suaves. Finalmente se seleccionaron los siguientes predios:

Los Cipreses. Ubicado en la provincia de Cauquenes, Comuna de Pelluhue, localidad El Molino, Séptima Región. El sector presenta clima de tipo mediterráneo semiárido, con temperaturas que varían, en promedio, entre una máxima de 18,6 °C en enero y una mínima de 7 °C en julio. Con un promedio de 0 heladas por año. Registra anualmente 866 días-grado y 433 horas de frío. La precipitación media anual es de 837 mm, un déficit hídrico de 780 mm y un período seco de 7 meses. La influencia oceánica es importante, con una baja amplitud térmica e inviernos benignos. Clima fresco costero con alta humedad relativa (Santibañez y Uribe, 1993).

El sector de Chovellén se encuentra dentro de los suelos derivados de rocas graníticas, son susceptibles a la erosión hídrica, requieren de intensas prácticas de conservación y presentan baja fertilidad (Pinochet, 1983). La topografía del predio es plana y el uso anterior era trigo, leguminosas de grano, eventualmente arvejas y habas.

Parcela El Maytén. Pertenecce a la provincia de Talca, Comuna de Curepto, localidad Calpún, Séptima Región. El clima es de tipo mediterráneo semiárido, cuyas temperaturas varían, en promedio entre una máxima en enero de 24 °C y una mínima de julio de 6,3 °C. El período libre de heladas es de 339 días, con un promedio de 1 helada por año. Registra 1.329 días-grado y 576 horas de frío. El régimen hídrico observa una precipitación media anual de 708 mm, un déficit hídrico de 766 mm y un período seco de 7 meses. Recibe la influencia marina que modera las temperaturas estivales e invernales (Santibañez y Uribe, 1993).

Los suelos corresponden a las terrazas del Mataquito, de origen metamórfico (Pinochet, 1983). La topografía del ensayo es plana y un sector con lomaje suave, el uso anterior corresponde a chacarería, con cultivo de leguminosas, maíz, trigo.

Predio Buen Retiro: Se encuentra en la provincia de Ñuble, Comuna de Trehuaco, localidad Puahum, Octava Región.

Clima mediterráneo subhúmedo, con temperaturas, que en promedio, varían entre una máxima de enero de 19° C y una mínima de julio de 7° C. Tiene un período libre de heladas de 365 días, con un promedio de 0 heladas por año. Registra anualmente 873 días-grado y 451 horas de frío. Precipitación media anual de 1075 mm y un déficit hídrico de 653 mm, un período seco de 5 meses. La marcada influencia marina genera una baja amplitud térmica, determinando veranos frescos e inviernos benignos (Santibañez y Uribe, 1993).

Los suelos corresponden a la serie Cobquecura, que se ubica en el límite S.O. de la comuna de Trehuaco. Son suelos de buen drenaje interno, textura moderadamente fina (franco arcillo arenoso) (Henríquez *et al.* 1994). La topografía es plana y anteriormente se cultivaba papa, trigo, habas.

Predio Patagual: También se ubica en la Provincia de Ñuble, Comuna de Trehuaco, localidad Patagual, Octava Región.

El clima del lugar es del tipo mediterráneo subhúmedo. Las temperaturas varían, en promedio, entre una máxima de enero de 27,6 °C y una mínima de julio de 5,3 °C. El período libre de heladas es de 274 días, con un promedio de 4 heladas por año. Registra anualmente 1.567 días-grado y 827 horas de frío. La precipitación media anual es de 1.029 mm, con un déficit hídrico de 685 mm y un período seco de 6 meses (Santibañez y Uribe, 1993).

Los suelos corresponden a la serie Cauquenes. Suelos inmaduros, buen drenaje y texturas franco-arcillosa (Henríquez *et al.* 1994). El sector del ensayo se ubica en un valle estrecho y abrigado de los vientos, tiene topografía plana y un pequeño porcentaje con lomaje suave, anteriormente se cultivaba chacra, maíz, hortalizas.

• **Tratamientos y diseño experimental**

En cada uno de los predios se ensayaron 6 tratamientos originados por la combinación de los siguientes factores:

- Factor A: espaciamiento (1 x 1 m; 2 x 2 m y 3 x 3 m).
- Factor B: tipos de producción de plantas (raíz desnuda y en maceta).

Cada parcela se compone de 49 plantas (7 hileras y 7 filas) y la unidad de control la conforman las 25 plantas centrales (Barros y Barros, 1983). En cada predio se establecieron 4 repeticiones por tratamiento y las parcelas fueron distribuidas al azar dentro de la superficie cedida por cada propietario.

• **Plantación y cuidados culturales**

Las plantas fueron producidas a raíz desnuda y en maceta (bolsas de polietileno negro, de 10 x 15 cm). Los frutos fueron colectados desde árboles ubicados en los jardines del Campus Lircay en diciembre de 1997, macerados para quitar la cubierta carnosa y sembrados durante el mismo mes. Al momento de plantar se seleccionaron las plantas de acuerdo a su tamaño, de esta forma se colocaron en la unidad de control plantas con una altura promedio de 30 cm y las que superaban este tamaño se dejaron para las hileras de aislación.

Entre mayo y junio los sectores fueron habilitados para la plantación mediante roce, cuando fue necesario y preparación de suelos con arado, hasta una profundidad de 20-30 cm.

Los predios fueron plantados entre el 18 de junio y 9 de julio de 1998. En septiembre del mismo año se hizo un replante y se fertilizó cada planta con una mezcla de urea, superfosfato triple y cloruro de potasio, de acuerdo a las indicaciones del asesor que analizó los resultados de las muestras de suelo en cada predio. Cada planta fue protegida con una lámina metálica (corrómet) para prevenir un probable daño de lagomorfos.

Inmediatamente después del replante se realizó la evaluación inicial. Cabe señalar que en ese momento se encontraban varias plantas dañadas (heladas, babosas y caracoles) y por lo tanto se podaron para eliminar parte del tallo que presentaba problemas y se aplicó un cebo granular.

En octubre se realizó un desmalezado manual, limpiando una superficie de 0,7-1,0 m de diámetro alrededor de cada planta.

Debido a las extremas condiciones de sequía ocurridas en 1998 se decidió aplicar riego. Los predios El Maytén, Los Cipreses y Patagual se regaron por primera vez entre el 7-13 de diciembre. Una segunda aplicación de efectuó entre el 18-24 de enero de 1999. Cada planta fue regada en forma manual con ayuda de baldes, aplicando 5 litros/planta en cada oportunidad, excepto en el predio Patagual donde el operario aplicó 10 litros por planta en las dos ocasiones.

El predio Buen Retiro, ubicado en Bocas de Itata, se dejó sin riego. Se tomó esta decisión principalmente por restricciones presupuestarias y porque en una inspección visual se constató que este ensayo tenía menor sobrevivencia en relación a los otros predios.

• **Variables evaluadas**

Se realizó una medición inicial de diámetro de cuello y altura aérea al momento de la plantación y luego, en abril de 1999, junto con la sobrevivencia nuevamente se midió altura y diámetro de cuello, de esta forma fue posible trabajar con los incrementos.

Las variables fueron sometidas a una análisis de varianza con un nivel de significancia de 95%, los valores porcentuales de sobrevivencia fueron transformados previamente usando

la fórmula de Bliss (Montgomery, 1991). Cuando se detectaron diferencias significativas entre tratamientos se aplicó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey ($p < 0,05$).

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Al comparar los cuatro ensayos en términos de sobrevivencia (Cuadro 1 y Figura 1) se puede señalar que, aunque la sobrevivencia general fue mayor en el ensayo El Maytén (81,2%) no fue significativamente distinto a los valores obtenidos en Patagual (77,3%) y Los Cipreses (70,3%).

CUADRO 1

Valores promedio de sobrevivencia (%) por tratamiento y predio, y resultados del test de Tukey

Predios	Tratamientos						Valor promedio de Sobrevivencia (%) y test de Tukey
	D 1x1m	M 1x1m	D 2x2m	M 2x2m	D 3x3m	M 3x3m	
Patagual	74	92	74	88	55	81	77,3 a*
El Maytén	84	75	75	95	66	92	81,2 a
Los cipreses	80	88	50	89	34	81	70,3 ab
Buen retiro	44	69	53	55	49	75	57,5 b

D= raíz desnuda, M= maceta

* letras iguales señalan grupos homogéneos de acuerdo al test de Tukey

Obtener un promedio general de sobrevivencia superior al 50% en todos los ensayos es un muy buen resultado, más aún si se toma en cuenta que el año en que se establecieron las plantaciones el país sufrió una gran sequía. Como referencia se tiene que en el secano de la séptima y octava regiones el déficit de precipitaciones fue de un 70% y 60% respectivamente ¹.

Es destacable la sobrevivencia del predio Buen Retiro (57,5 %) si se considera que es un suelo arenoso y que además no fue regado.

Las causas de la mortalidad en algunos casos se debieron a las bajas temperaturas y también al daño provocado por caracoles y babosas. Por lo tanto en futuras experiencias será necesario contar con plantas más lignificadas, tal vez de dos o tres temporadas.

¹ González Colville, P. 1999. Prof. de Agroclimatología. Facultad de Ciencias Agrarias, U. de Talca. Comunicación Personal.

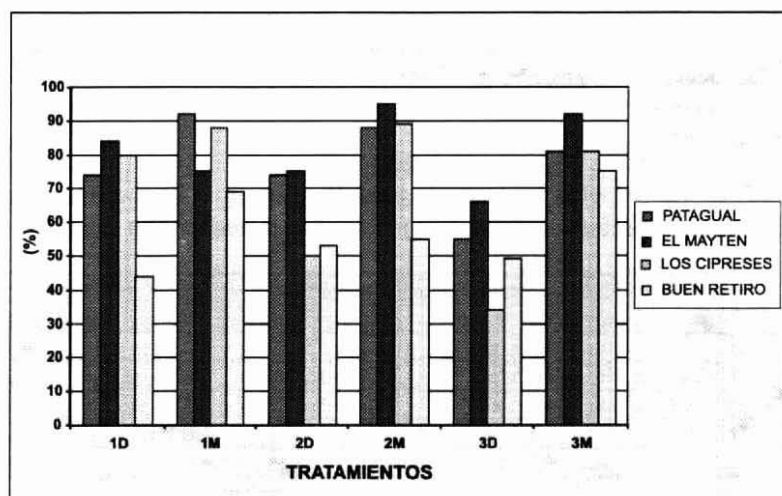


FIGURA 1: Promedio de sobrevivencia (%) por tratamiento y predio

Al hacer el análisis dentro de cada predio se tienen los resultados del Cuadro 2, donde se aprecia que, en general, no hay efecto del espaciamiento sobre la sobrevivencia, con excepción del ensayo en Cipreses donde se obtiene un valor significativamente mayor (84 %) con el espaciamiento 1 x 1 m. No hay una explicación para este resultado, podría deberse a un sesgo producto de la distribución espacial de estas parcelas, ya que quedaron agrupadas en un solo sector.

Por el contrario, el efecto del tipo de planta fue significativo en todos los ensayos, siempre se obtuvieron los mejores resultados con las plantas producidas en macetas, lo que indicaría que con este tipo de producción las plantas soportan mejor el *stress* de plantación. Este es un factor importante que será necesario considerar en futuros ensayos.

CUADRO 2

Efecto del espaciamiento y tipo de planta en la sobrevivencia (%) de las plantas

Predio		Patagual	El Maytén	Cipreses	Buen Retiro
Espaciamiento	1 x 1 m	83 a*	80 a	84 a	57 a
	2 x 2 m	81 a	85 a	70 b	54 a
	3 x 3 m	68 a	79 a	58 b	62 a
Tipo planta	Maceta	87 a	87 a	86 a	66 a
	Raíz desnuda	68 b	75 b	55 b	49 b

* letras iguales señalan grupos homogéneos de acuerdo al test de Tukey

En el Cuadro 3 se presentan los resultados de los incrementos en altura obtenidos en cada situación. De acuerdo al análisis estadístico realizado dentro de cada predio, no se encontraron efectos significativos de los factores, ni de la interacción de ellos, sobre el incremento en altura.

CUADRO 3

Efecto del espaciamiento y tipo de planta en el incremento en altura (cm)

Predio		Patagual	El Maytén	Cipreses	Buen Retiro
Espaciamiento	1 x 1 m	10,8 a*	3,1 a	2,1 a	2,8 a
	2 x 2 m	14,5 a	3,1 a	2,3 a	3,0 a
	3 x 3 m	9,5 a	2,7 a	0,8 a	3,8 a
Tipo planta	Maceta	13,4 a	3,1 a	1,6 a	3,3 a
	Raíz desnuda	9,8 a	2,8 a	1,9 a	4,6 a

* letras iguales señalan grupos homogéneos de acuerdo al test de Tukey

En la Figura 2, al comparar los predios es fácil observar que en el Patagual se obtienen incrementos significativamente superiores al resto de los ensayos, es probable que esto sea el resultado del mayor riego aplicado, aunque llama la atención que el incremento obtenido en el ensayo Buen Retiro, donde no se regó, no se presentan diferencias significativas con los otros dos predios regados.

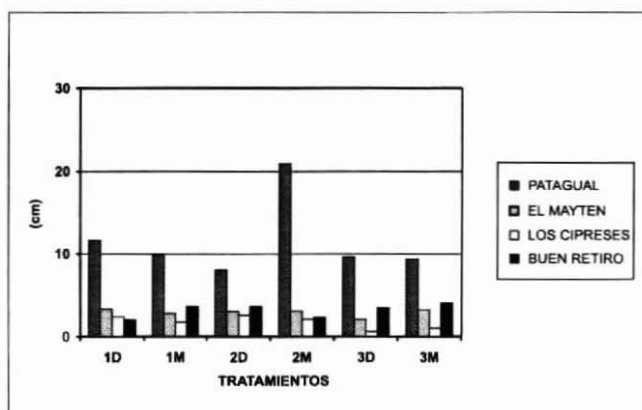


FIGURA 2: Promedios de incrementos en altura (cm) por tratamiento y predio.

Con respecto al incremento en el diámetro de cuello, en Patagual y Cipreses no se observan efectos de los factores, ni de la interacción (Cuadro 4). Sin embargo, en el ensayo El Maytén con el espaciamiento 2 x 2 m se obtienen mayores incrementos diametrales. En la

plantación ubicada en Buen Retiro se encontró que la planta en maceta provocó diferencias significativas en el incremento en diámetro de cuello.

CUADRO 4

Efecto del espaciamiento y tipo de producción de planta en el incremento en diámetro de cuello (cm)

	Predio	Patagual	El Maytén	Cipreses	Buen Retiro
Espaciamiento	1 x 1 m	0,24 a	0,08 b	0,09 a	0,15 a
	2 x 2 m	0,27 a	0,20 a	0,08 a	0,19 a
	3x 3 m	0,28 a	0,11 b	0,11 a	0,15 a
Tipo planta	Maceta	0,32 a	0,15 a	0,10 a	0,19 a
	Raíz desnuda	0,21 a	0,11 a	0,08 a	0,14 b

* letras iguales señalan grupos homogéneos de acuerdo al test de Tukey

Al comparar los predios entre sí mediante el análisis estadístico, éste indicó que el incremento diametral obtenido en el ensayo Patagual fue significativamente mayor que el resto (Figura 3).

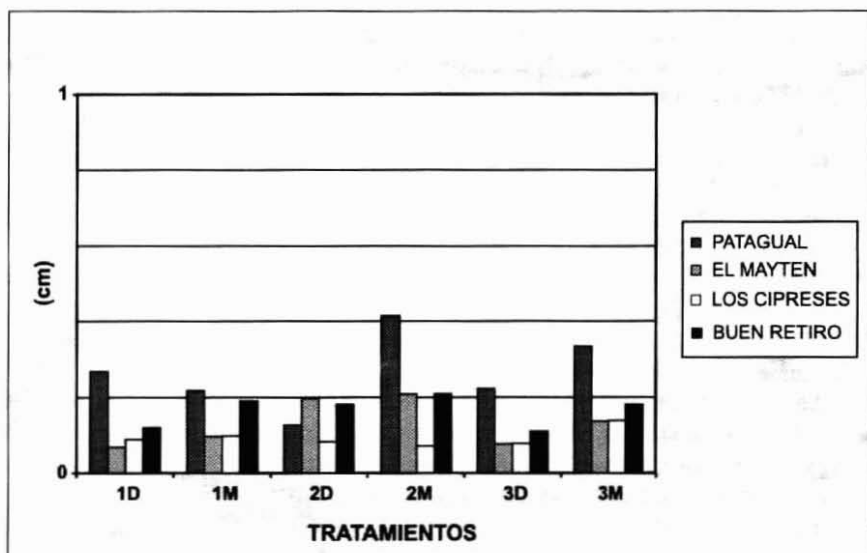


FIGURA 3: Promedio de incremento en diámetro de cuello (cm) por tratamiento y predio

COMENTARIOS

En esta primera experiencia con *Melia azederach*, se puede ver la potencialidad de la especie dentro del secano costero de las regiones estudiadas, fundamentalmente por los resultados de sobrevivencia que se lograron, considerando la sequía ocurrida en 1998. Sin embargo, es claro que se debe continuar investigando y mejorando estos resultados.

Es posible que los valores de crecimiento se puedan mejorar, por ejemplo al establecer una planta más lignificada, tal vez de 2 ó 3 temporadas, para evitar el daño producido por caracoles y también porque una planta de mayor edad podría ser más resistente a ciertas condiciones ambientales, como heladas y vientos.

Por otro lado, también sería de interés incorporar esta especie en los cultivos agrícolas implementado un sistema agroforestal, de esta forma los árboles se ven beneficiados con los cuidados del suelo, principalmente riegos, lo que favorecería su crecimiento.

BIBLIOGRAFÍA

- BARROS, S Y BARROS D. 1983. *Ensayos de introducción de especies forestales*. Proyecto CONAF/PNUD/FAO-CHI/76/003 de Investigación y Desarrollo Forestal. Documento de Trabajo N° 49. Santiago, Chile. 183 p.
- COZZO, D. 1995. *Silvicultura de plantaciones maderables*. Tomo II. Buenos Aires, Argentina. 905 p.
- HENRÍQUEZ M., OLIVARES P. Y MUÑOZ, J. 1994. *Características físicas y químicas de los suelos de la comuna de Trehuaco*. Revista Universum, año 9, Universidad de Talca, Chile. pp. 167-180
- HOFFMANN, A. 1995. *El árbol urbano en Chile*. Segunda Edición, Fundación Claudio Gay. Santiago, Chile. 255 p.
- MONTGOMERY, D. C. 1991. *Diseño y análisis de experimentos*. Delgado, J. (Trad.). Grupo Editorial Iberoamericano. México. 589 p.
- PINOCHET, F. 1983. *Los suelos de la Región del Maule* en Serie Desarrollo y Medioambiente, N° 1. Universidad de Talca, Talca. pp. 33-70.
- SANTÍBAÑEZ, F. Y URIBE, J.M. 1993. *Atlas Agroclimático de Chile. Sexta, Séptima, Octava y Novena Regiones*. Laboratorio de Agroclimatología, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad de Chile. Ministerio de Agricultura, Fondo de Investigación Agropecuaria. CORFO. Santiago, Chile. 73 p.

MADERA DE NOGAL. ¿UNA OPCIÓN PRODUCTIVA PARA CHILE?

Verónica Loewe M.¹; Marta González O.²; Gabriel Pineda B.³

RESUMEN

El crecimiento del sector forestal en las últimas décadas se ha basado en el cultivo de dos especies (pino radiata y eucaliptos, principalmente *E. globulus*) y en el segmento de empresas forestales grandes y medianas. Pequeños y medianos propietarios, y una gran zona geográfica de Chile han quedado al margen del desarrollo sectorial.

En consideración a ello el Gobierno ha tomado conciencia sobre la necesidad de diversificar la actividad forestal, tanto en cantidad de especies como en las técnicas a aplicar.

El presente documento da cuenta de los resultados obtenidos para nogal común (*Juglans regia*), una de las especies más promisorias tanto técnica como financieramente, estudiadas durante los últimos 8 años por el proyecto *Silvicultura de especies no tradicionales, una mayor diversidad productiva*, financiado por CORFO y el Ministerio de Agricultura.

El trabajo presenta algunos antecedentes generales de interés para luego centrarse en los resultados obtenidos a la fecha, respecto tanto a áreas potenciales para su cultivo (regiones Metropolitana a Décima), crecimientos (resultados a la fecha de plantaciones puras y mixta), como a las evaluaciones económicas realizadas bajo diferentes escenarios y supuestos.

Para finalizar se esbozan los principales desafíos para el fomento y difusión del cultivo del nogal común en Chile, y las conclusiones respectivas.

¹ Ingeniero Forestal; Especialización en Silvicultura de Especies Nobles (U. Bologna, Italia); Máster en Administración Pública (U. Harvard). Instituto Forestal, Subgerencia de Tecnologías Silvícolas. vloewe@infor.cl

² Ingeniero Forestal, Instituto Forestal, Subgerencia de Tecnologías Silvícolas. mgonzale@infor.cl

³ Ingeniero Forestal, Instituto Forestal, Subgerencia de Tecnologías Silvícolas. gpineda@infor.cl

INTRODUCCIÓN

Chile ha experimentado en las últimas décadas un fuerte crecimiento del sector forestal basado principalmente en el incremento de la superficie destinada a plantaciones, hecho que se explica en parte por los incentivos estatales a la forestación vigente desde el año 1974. Sin embargo, el desarrollo forestal del país se ha concentrado principalmente en dos especies y en el segmento de empresas forestales, grandes y medianas, marginándose a los pequeños y medianos propietarios.

En consideración a lo anterior, el Gobierno ha tomado conciencia de la necesidad de diversificar el sector forestal productivo, tanto en cantidad de especies, como en las técnicas a aplicar, considerando que éste puede realizar un aporte importante al proceso de transformación del sector agrícola chileno.

Así desde 1992, INFOR ha desarrollado proyectos conducentes a ofrecer opciones productivas al sector forestal, mediante el estudio de especies de alto valor, promisorias para el país. La ejecución de estos proyectos se ha logrado mediante el financiamiento de diversos fondos públicos como; FIA, FONSIPI, FONDEF, FDI, FNDR, junto a aportes de privados, los que ven en la diversificación forestal una alternativa de desarrollo.

Los proyectos mencionados por INFOR han estudiado más de 30 especies exóticas y nativas. De entre ellas, cabe destacar como especie promisoría al nogal común (*Juglans regia*), tanto desde el punto de vista de adaptación y crecimiento en Chile, como de su participación o posibilidad de participación en los mercados internos y externos, y al elevado valor de sus productos.

El nogal es conocido tradicionalmente en Chile por sus frutos, pero su madera es una de las más valorizadas en los mercados internacionales, lo que representa una oportunidad y un desafío para el sector. Antecedentes técnicos servirán de base para la toma de decisiones al respecto. Es el compromiso y la motivación de quienes trabajamos en el tema.

ANTECEDENTES GENERALES

El nogal es un árbol vigoroso, de 20 – 25 m de altura, pudiendo llegar a los 30 m y diámetro de hasta de 1 m, de tronco alto, recto, que se abre en una frondosa copa amplia y armoniosa. El tronco posee una corteza lisa, de color gris plateado cuando joven; de madera compacta y con un hermoso vetado. Posee un aparato radicular robusto, cuya raíz principal se extiende en profundidad, y sus raíces secundarias se extienden horizontalmente; puede ocupar un área 3 a 9 veces el de la copa. Es una especie bastante longeva (Barone *et al.*, 1997).

En Chile, las plantaciones de nogal se distribuyen desde la IV hasta la IX Región, sin embargo la mayor producción frutal se concentra en la zona central del país,

específicamente en las regiones V, Metropolitana y VI con un 91 % de la producción nacional (FIA, 1999).

El nogal es exigente respecto a las condiciones para poder desarrollarse. En cuanto a las precipitaciones, éstas deben ser del orden de unos 700 a 800 mm anuales, las cuales en el período estival no deben ser menores a los 100 – 150 mm, para potenciar el desarrollo vegetativo y frutal (Minotta, 1990 cit. por Loewe *et al.*, 1997a).

Es exigente en temperatura durante su período vegetativo, requiriendo al menos seis meses en que la temperatura media alcance los 10°C (Luna, 1990 cit. por Loewe *et al.*, 1997a); temperaturas demasiado elevadas (> a 40°C) provocan quemaduras, deshidratación del fruto y defoliación parcial (Pellegrino y Bassi, cit. por Loewe *et al.*, 1997a). En cuanto a las temperaturas mínimas de invierno, el nogal puede soportar hasta -20°C sin presentar daños, siempre que el descenso sea gradual. Sin embargo, las heladas tardías en primavera generan daños en las plantas jóvenes, principalmente en brotes nuevos de flores y hojas (Popov, 1983 cit. por Loewe *et al.*, 1997a).

En cuanto a los parámetros edáficos, el nogal se puede definir como uno de los frutales más exigentes. Requiere suelos de buena estructura, ricos en sales minerales, provistos de calcio y bien aireados, de una profundidad mínima de 0,8 a 1 m. Suelos con horizontes compactados (y que no han sido eliminados por medios mecánicos) o con presencia de arcilla pueden provocar inundación en el período lluvioso, causando pudrición radicular debido a la entrada de los hongos *Armillaria mellea* y/o *Phytophthora spp.* En relación a la textura, lo óptimo son los suelos francos, es decir, aquellos donde el porcentaje de arcilla no sea superior a un 35 % debido principalmente a problemas de drenaje y limitantes en la aireación del suelo. Necesita suelos de pH neutro (6,5 a 7,0); suelos ácidos generan anomalías en el fruto y por su parte suelos alcalinos se asocian a fenómenos cloróticos. No es conveniente plantar nogal donde antes existió una plantación de nogal u otra especie perenne o alfalfa, debido principalmente a efectos alelopáticos entre las especies (Bosco *et al.*, 1997; Loewe *et al.*, 1997a).

El nogal presenta múltiples usos, no sólo por sus frutos, sino por el valor comercial de su madera, muy cotizada a nivel mundial. Es así como la producción frutícola es compatible con la producción maderera, pudiendo existir cultivos de propósito independiente o de finalidad mixta. Estas características convierten a esta especie en una atractiva opción de cultivo en las áreas, donde las condiciones para su desarrollo son óptimas en el país (Loewe *et al.*, 1998).

La madera de nogal posee excelentes características de trabajo, ya que se somete bien a distintos procesos industriales y responde satisfactoriamente al uso de herramientas manuales. Es empleado en trabajos de tornería, pues produce superficies muy limpias. Sus cualidades para la moldura y el tallado son buenas, responde bien a los perforados, ensamblajes y pegamentos. Todas las características de trabajabilidad del nogal y el indiscutible valor estético, lo convierten en la mejor madera para la fabricación y

confección de muebles de alta calidad, chapas, paneles de diversas características, culatas y partes de armas, instrumentos musicales y artesanía fina.

Los precios internacionales que alcanza son bastante interesantes. En Italia el nogal común se comercializa en trozas superiores a 40 cm de diámetro y en tabloncillos de distintos formatos, entre 0,7-3,0 metros de largo por 12-45 cm de ancho. Los precios de la madera elaborada oscilan entre los 830-2.200 US\$/m³, dependiendo de las calidades. En el caso de las trozas, los precios varían entre 330-850 US\$/m³, para madera en pie de medianas dimensiones.

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

A pesar de que en Chile no existe un mercado formal para los productos madereros del nogal, principalmente dado por el escaso o nulo abastecimiento de proveedores, en el exterior el mercado se encuentra bastante estructurado siendo EE.UU., China, Turquía, Italia, Francia, algunos de los principales países productores y exportadores tanto de trozas como de frutos. De acuerdo a diversos estudios de mercado, se puede apreciar que los productos de latifoliadas nobles presentan niveles de demanda importantes a nivel internacional la cual ha ido en aumento en los últimos años, por lo que Chile podría ser un potencial proveedor de maderas finas, en particular nogal.

RESULTADOS PRELIMINARES PARA EL CULTIVO FORESTAL O FRUTO FORESTAL EN CHILE

En el contexto del proyecto *Silvicultura de especies no tradicionales: una mayor diversidad productiva*, Fases I y II, esta última actualmente en ejecución, se han generado una serie de resultados sobre esta especie y otras. Los más relevantes referentes a nogal se señalan a continuación.

- **Áreas Potenciales**

Mediante el desarrollo y aplicación de una interesante metodología que utiliza Sistema de Información Geográfica, se estimaron las superficies totales potenciales por Región aptas para el cultivo del nogal común, las que se indican en el Cuadro 1.

CUADRO 1

Superficie potencial aproximada por región para Nogal común con riego (has)

Región	Superficie potencial total	Superficie potencial sobre plantaciones forestales	Superficie potencial sobre bosque nativo	Superficie potencial sobre asp*	Superficie potencial sobre otros usos
V	97.232	766	0	6	96.460
Metropolitana	177.339	0	0	0	177.339
VI	460.343	36.675	0	24	423.644
VII	1.159.091	200.129	98.817	740	859.405
VIII	1.088.721	257.229	85.712	0	745.781
IX	957.151	90.508	80.107	86	786.450
X	342.477	17.370	116.041	11.133	197.932
Total	4.282.354	602.677	380.677	11.989	3.287.011

Fuente: Loewe *et al.* (1997b). ASP*: Áreas Silvestres Protegidas del Estado

Dicha metodología considera factores tales como requerimientos ecológicos de la especie (edáficos y climáticos, principalmente), características de la zona de estudio, como antecedentes climáticos, de suelos, topográficos, los que son integrados y analizados con la asistencia de un *Sistema de Información Geográfica* y de *Bases de Datos Relacionales* (Loewe *et al.*, 1997b).

Las superficies han sido corregidas considerando la presencia de plantaciones forestales, bosque nativo y áreas silvestres protegidas, incorporándose al *Sistema de Información Geográfica*.

Sin embargo, se debe hacer la salvedad que estas zonas no incluyen restricciones como uso de la tierra, capacidad de uso del suelo e infraestructura, entre otras, lo que unido a la escala de trabajo sólo permite obtener superficies indicativas de la distribución potencial de la especie basándose en clima y suelo, por lo que los datos no se pueden traducir en superficie útil para plantación.

Un estudio que incluya las restricciones mencionadas y una escala mayor de análisis, proporcionaría información de mayor precisión.

Por otro lado, en virtud de las escalas de las fuentes de información tanto edáficas como climáticas, es muy probable la existencia de zonas que difieran en sus características a las generales presentadas por los estudios correspondientes. Debido a ello el usuario debe adoptar esta información sólo como una guía en la distribución potencial de la especie y adecuarla a su propia realidad local (Op. cit).

La zona de estudio para nogal común comprende desde la V a la X Región debido a que aún en el extremo sur se han detectado buenos crecimientos y se han encontrado algunas zonas favorables para el cultivo de la especie.

El estudio de nogal común se realizó sólo para condiciones de riego, por lo que no se evaluaron limitantes como precipitaciones anuales o mensuales; esto debido a la gran importancia de un abastecimiento hídrico regular durante la temporada de verano.

• Crecimientos

El crecimiento que la especie ha verificado en los ensayos instalados por el proyecto es variable, obteniéndose desde pobres a excelentes resultados. Los primeros tienen relación directa con la tardanza o falta de cuidados culturales (control de malezas, riegos, manejo de ganado), redundando en alta mortalidad y pérdida de algunas unidades experimentales.

No obstante, otros ensayos presentan resultados promisorios en lo que a desarrollo se refiere. Entre ellos destacan el de procedencias instalado en Parral, VII Región, en 1995, los de familias de polinización abierta establecidos en Parral y en Angol, IX Región, en 1996, y la plantación mixta de familias de nogal y olivo de bohemia (*Elaeagnus angustifolia*) instalada en Parral en 1997.

Para estos ensayos se consideró la colecta de semillas desde árboles con buena forma y con nueces de exportación, cuyo crecimiento en diámetro fuese superior a 2 cm/año en los ensayos de 1995, a 3 cm/año (hasta 4 cm en algunos casos) en los ensayos de 1996. La planta se produjo en maceta o raíz desnuda, pero siempre en una temporada de vivero (1:0).

La preparación del suelo consistió en la eliminación de desechos agrícolas y de tocones, aradura de discos en toda la superficie y hoyadura. Las malezas se controlaron manual o químicamente, se fertilizó en zanjas semicirculares alrededor de las plantas y se han efectuado las labores culturales pertinentes (podas de formación y desyemes), además de regar cuando los tensiómetros instalados a 30 cm de profundidad lo indiquen; esto es, cuando los niveles indicados bajan de los 70 y hasta que alcanza un valor de lectura de 0-15.

Los espaciamientos considerados son 3 x 3 m, 3 x 6 m y 4 x 4 m. Para controlar roedores y lagomorfos, en algunos casos el cerco perimetral fue reemplazado por protecciones individuales (corromet), y se instalaron tutores para corregir la forma de los árboles en zonas ventosas.

Además de las labores antes mencionadas, se han establecido cultivos con leguminosas (porotos), con maíz u otros cultivos hortícolas, entre las hileras de plantación. Esto además de generar ingresos monetarios ha sido beneficioso por el mejoramiento en la forma de los nogales (copas estrechas y simétricas, ramas laterales cortas y delgadas, mayor crecimiento en altura).

A continuación se indican a la temporada 1999, los resultados de los ensayos de mejor desarrollo.

El ensayo de procedencias de nogal bajo riego instalado en 1995 en Parral, presenta una sobrevivencia superior al 95%, altura media de 5,9 m, DAP de 7,7 cm, y diámetro de cuello (DAC) de 12,2 cm (Cuadro 2, Figura 1).

CUADRO 2

Desarrollo de procedencias de Nogal común plantado a 3 x 6 m

Variable	Establecimiento	1ª Temporada	2ª Temporada	3ª Temporada	4ª Temporada
Año	1995	1996	1997	1998	1999
Mortalidad	0%	2%	2%	3%	3%
Altura (m)	0,31	1,36	3,05	4,43	5,85
D.A.C. (cm)	0,82	3,58	5,36	9,25	12,19
D.A.P. (cm)	-	1,43	2,62	5,47	7,73

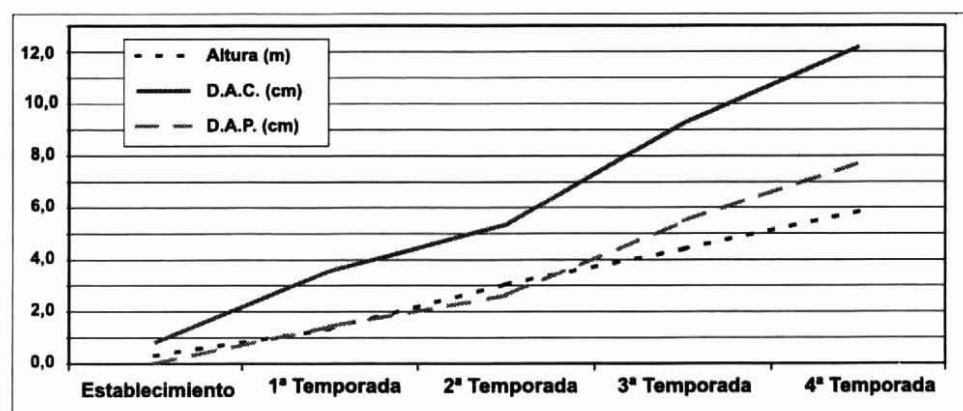


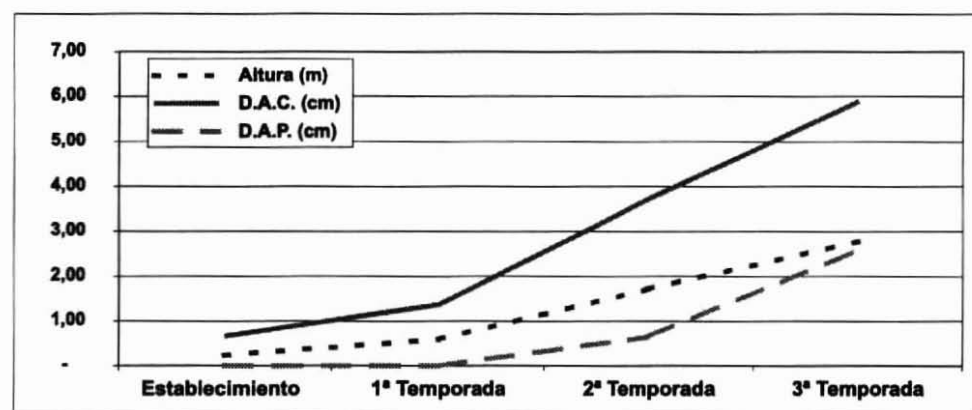
FIGURA 1: Desarrollo de procedencias de Nogal (3 x 6 m)

Con respecto a los ensayos de familias de polinización abierta establecidos durante 1996 en Angol y Parral, se puede indicar que ambos muestran un desarrollo homogéneo, con una sobrevivencia promedio cercana al 90%, en tanto que la altura media es de 2,8 m, DAC de 5,9 cm y DAP de 2,6 cm (Cuadro 3 y Figura 2).

CUADRO 3

Desarrollo de familias de Nogal común plantado a 3 x 3 m

Año	Establecimiento		1ª Temporada		2ª Temporada		3ª Temporada	
	1996		1997		1998		1999	
Variable	Parral	Angol	Parral	Angol	Parral	Angol	Parral	Angol
Altura (m)	0,25	0,22	0,58	0,58	1,64	1,79	2,88	2,68
D.A.C. (cm)	0,68	0,65	1,09	1,63	3,23	4,21	5,10	6,70
D.A.P. (cm)	-	-	-	-	1,30	-	2,37	2,83

**FIGURA 2:** Desarrollo de progenies de Nogal (3 x 3 m)

Por su parte, la plantación mixta establecida en Parral el año 1997, arroja los siguientes resultados a la segunda temporada de crecimiento: altura promedio de 2,6 m, DAC de 4,5 cm y DAP medio de 1,8 cm (Cuadro 4 y Figura 3).

CUADRO 4

Desarrollo de familias de Nogal y Olivo de bohemia plantado a 3 x 3 m

Variable	Establecimiento	1ª Temporada	2ª Temporada
	1997	1998	1999
Mortalidad (%)	12%	12%	14%
Altura (m)	0,23	0,64	2,58
D.A.C. (cm)	0,68	2,11	4,50
D.A.P. (cm)	-	-	1,85

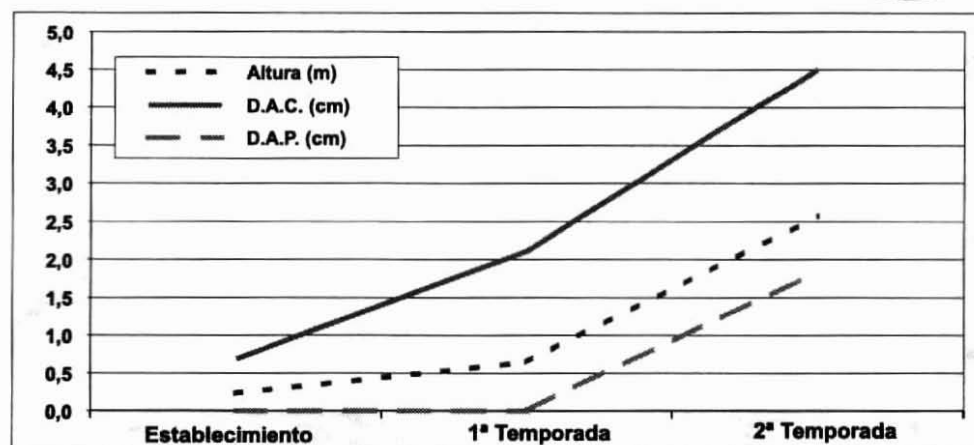


FIGURA 3: desarrollo de progenies de nogal mixto (3 x 3 m)

Como puede apreciarse los resultados son atractivos, en particular estos últimos ya que indican aumentos significativos respecto del desarrollo de la plantación pura a la misma edad (Figuras 4 y 5).

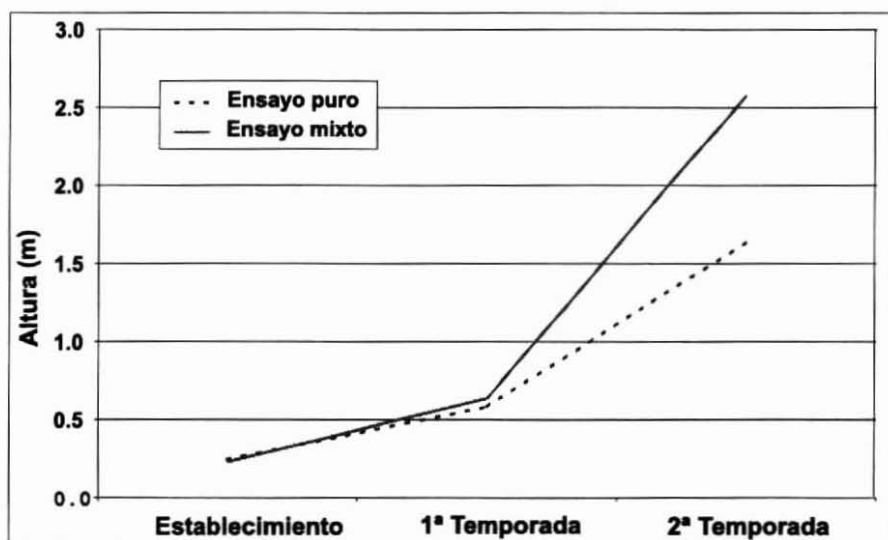


FIGURA 4: Desarrollo en altura en plantación pura v/s plantación mixta

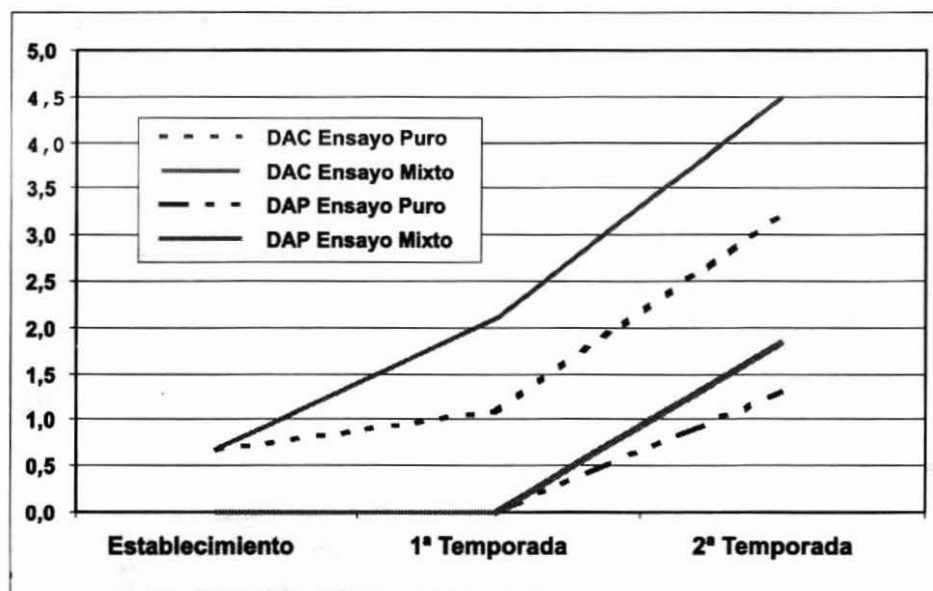


FIGURA 5: Comparación de crecimiento en diámetros para plantación pura y mixta

De estos últimos gráficos se concluye que la combinación de nogal con una especie acompañante, como fijadoras de nitrógeno u olivo de bohemia en particular, presenta ventajas dasométricas por el mayor crecimiento observado, y cualitativas ya que al igual que lo que sucede con cultivos intercalares altos como el maíz, estos ejemplares presentan ramas laterales basales cortas y delgadas, y copas menos desarrolladas, es decir, de mayor eficiencia fotosintética y más orientadas a la producción de madera de calidad.

• Evaluación económica

La metodología utilizada considera tres tecnologías productivas. En primer lugar se define una tecnología de alto nivel para producir madera de alta calidad, apropiada para sitios de buena a muy buena calidad. En segundo término se define una opción tecnológica menos intensiva que la anterior, adecuada para sitios de menor calidad. Finalmente se define una opción tecnológica como la primera, pero orientada a la producción de madera y frutos. Esquemas de manejo para las diferentes tecnologías consideradas se señalan en el Cuadro 5.

CUADRO 5
Esquemas de manejo para diferentes tecnologías productivas

Tecnología alta		Tecnología media		Tecnología fruto-forestal	
<i>Establecimiento:</i>		<i>Establecimiento:</i>		<i>Establecimiento:</i>	
0	Limpia química de malezas, aradura, surco de riego, plantación 1.100 árb/ha con gel e instalación de tutores	0	Limpia química de malezas, aradura, plantación 1.100 árb/ha con gel y establecimiento de mulch	0	Limpia química de malezas, aradura, surco de riego, plantación 625 árb/ha con gel e instalación de tutores
0 - 3	Fertilización y control de malezas	0 - 3	Fertilización	0-27	Fertilización y riego
4	Establecimiento de mulch			0 - 5	Control químico de malezas
0 - 5	Riego				
<i>Silvicultura:</i>		<i>Silvicultura:</i>		<i>Silvicultura:</i>	
1 - 3	Poda de formación	1 - 3	Poda de formación	1 - 3	Poda de formación
4 - 10	Levante de poda y desyemes	4 - 12	Levante de poda y desyeme	4 - 8	Levante de poda y desyemes
6	Raleo	8	Raleo	15	Raleo
12	Raleo	16	Raleo		
<i>Cosecha:</i>		<i>Cosecha:</i>		<i>Cosecha:</i>	
30	Alternativa 1: 40 cm DAP	40	Alternativa 1: 40 cm DAP	8 - 27	Cosecha y desinfección de frutos
40	Alternativa 2: 50 cm DAP	50	Alternativa 2: 50 cm DAP	27	Cosecha de madera a un DAP de 40 cm
Se produce un fuste podado hasta los 7,5 m de altura		Se produce un fuste podado hasta los 7,5 m de altura		Se produce un fuste podado de 4 m de altura. La cosecha de frutos comienza a la edad de 8 años	

Fuente: INFOR-FIA-FONSIP (1998)

La determinación de los costos por actividad silvícola se estructuró en base a entrevistas a contratistas, contrastando con información general de mercado a fin de asegurar que las cifras se movieran dentro de un rango aceptable.

Con el objeto de definir los precios de mercado de los productos forestales, ya sea para la industria del aserrío, del debobinado o del foliado, se optó por trabajar con dos escenarios, uno internacional y otro nacional. El internacional corresponde al valor que hoy alcanzan los productos de nogal en el mercado internacional; el nacional supone que los productos generados no superarán los actuales precios de las maderas nativas en el mercado interno (Cuadro 6).

CUADRO 6

Precios de los productos de nogal en el mercado nacional e internacional ¹

Producto	Escenario Internacional	Escenario Nacional
Trozas con diámetro menor > a 40 cm	159.752	50.600
Trozas con diámetro menor entre 30-40 cm	111.826	35.420
Trozas con diámetro menor entre 20-30 cm	41.787	23.100
Trozas pulpables	10.741	10.741
Leña	2.500	2.500

Fuente: INFOR-FIA-FONSIP (1998)

La evaluación privada del establecimiento y manejo del nogal en relación a las distintas opciones tecnológicas se señalan en el Cuadro 7.

CUADRO 7

Resultado de la evaluación económica en el escenario internacional a una tasa de descuento del 10 % y un DAP de 40 cm a la edad de cosecha

Opción tecnológica	Valor potencial del suelo (vps - \$/ha)	Valor actual neto (van - \$/ha)
Tecnología alta	208.000	248.000
Tecnología media	- 350.000	- 340.000
Tecnología fruto-forestal	1.404.000	956.000

Fuente: INFOR-FIA-FONSIP (1998)

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

• Características de la madera

La madera de nogal común es muy apreciada para aplicaciones finas, lo que se ve reflejado en sus precios, los que además de ser elevados se han mantenido en niveles muy atractivos por largos períodos (siglos).

¹ Estos precios son puestos a orilla de camino y se expresan en \$/m³

La madera es bastante dura, moderadamente durable, responde bien a los tratamientos de preservación pues presenta una albura permeable. Se trabaja bien en forma manual o mecánica, presentando una superficie suave y fácil de trabajar al torno. Es moderadamente fácil de trabajar, pulir, pegar y permite buenas terminaciones.

En el Cuadro 8 se resumen los principales resultados obtenidos en esta área para madera producida en Chile.

CUADRO 8
Propiedades físico – mecánicas para las especies analizadas

Propiedad	Nogal
Clase de Dureza según resistencia	409 – 817 k Semi-dura
Cota de Dureza según densidad	Normal, madera industrial
Clase de Clivaje según resistencia	62 – 124,5 k/cm Mediana
Cota de Laminabilidad según densidad	Poco laminable, madera industrial o para usos especiales
Clase de Flexión Estática según resistencia	784 – 1283 k/cm ² Mediana
Cota de calidad de Flexión Estática según densidad	Grande, madera buena para carpintería
Cota de calidad de Compresión paralela	Superior – pesada
Cota de tenacidad	Medianamente tenaz
Densidad (kg/m ³)	513 (verde) 590 (seco)

Fuente: INFOR-FIA-FONSIP (1998)