

## ARTÍCULO TÉCNICO

# Plantaciones con especies nativas en el centro-sur de Chile: experiencias, desafíos y oportunidades

Pablo J. Donoso\* y Daniel P. Soto

*Instituto de Silvicultura, Universidad Austral de Chile, casilla 567, Valdivia, Chile*

\* E-mail: pdonoso@uach.cl

## Resumen

Presentamos un resumen de más de 30 años investigación a largo plazo en plantaciones con especies nativas en centro-sur de Chile iniciadas bajo distintos esquemas de establecimiento y sometidas a diferentes condiciones ambientales y de manejo cultural (poda y raleo). Sobre la base de dicha información- la más completa hasta el momento- se puede concluir que en general, en sitios más mésicos (Depresión Intermedia y en ambas precordilleras hasta los 300 m s.n.m.), coihue se desarrolla muy bien en diferentes ambientes, siendo diferente a raulí, que requiere de condiciones específicas de luz-agua-nutrientes-interacciones con otras especies arbóreas y arbustivas. Dentro de estas experiencias, se pueden recopilar muy pocas plantaciones sometidas a una oportuna y adecuada silvicultura intermedia que demuestren el verdadero potencial de crecimiento y calidad de los productos maderables a extraer. A la fecha se tiene registro que el control de la vegetación competitiva y la fertilización inicial en el establecimiento de plantaciones de raulí y coihue permiten aventurar modelos silvícolas teóricos muy auspiciosos. En dichas experiencias, las especies alcanzan crecimientos realmente "notables", que en promedio tienden a 2 cm en diámetro y 1,5 m en altura en sus primeros 5 años de desarrollo, pudiendo ser comparables con *Pinus radiata* en un índice de sitio 28 años (IS altura a una edad clave de 20 años). Este modelo silvicultural teórico para plantaciones a campo abierto, podría bajar las ya conocidas rotaciones de 40-50 años a 25-35 años, dependiendo de la calidad de sitio. Por otro lado, en ambientes más restrictivos para el establecimiento y crecimiento arbóreo (heladas, sequías, suelos pobres, acumulación de nieve, hervivoría, etc), como ocurre sobre los 500 m de altitud en la Cordillera de Los Andes, los sistemas silviculturales cambian drásticamente, mermando la productividad para coihue a campo abierto y mejorándola para raulí, que por su condición de especie caduca, tolera de mejor forma las inclemencias ambientales. Por ello, a estas altitudes los bosques degradados que presenten condiciones homogéneas para el establecimiento de plantaciones bajo su cobertura, representan una gran oportunidad para recuperar las millones de hectáreas degradadas del centro sur de Chile. Finalmente se discute las implicaciones de la ley 28.283 en la bonificación de plantaciones intensivas con especies nativas, las cuales están muy subvaloradas en términos monetarios pensados en un cultivo eficiente y económicamente competitivo.

## Introducción

En la presente publicación se resumen y revisan numerosos ensayos a largo plazo establecidos con plantaciones nativas, investigados por más de 30 años en región centro-sur de Chile. Sin duda, son muchas las especies que participan en nuestro bosque nativo, pero las que concitan mayor interés son aquellas del género *Nothofagus* como coihue (*Nothofagus dombe- yi*), roble (*N. obliqua*) y raulí (*N. nervosa*), principalmente por sus tasas de crecimiento y el valor de su madera. En menor medida algunas especies como ulmo (*Eucryphia cordifolia*), avellano (*Gevuina avellana*), están orientadas como especies multipropósito (producciones mixta de frutos, folleje, miel y madera), así como también lo son Lingue, Laurel (*Laurelia sempervirens*), Tapa (*Laureliopsis philippiana*) y Olivillo (*Aextoxicum punctatum*) como especies completarias en plan-

taciones bajo dosel y/o faenas de restauración.

Coihue, Roble y Raulí poseen un alto potencial productivo entre las especies nativas y particularmente en esta última se han concentrado un mayor número de investigaciones, las que incluyen manejo de renovales, ensayos de viverización y hasta establecimiento de plantaciones en condiciones puras y mixtas (Donoso et al. 2006, Donoso et al. 1999). La información relacionada a plantaciones nativas, específicamente de Raulí, datan desde finales de los años 50, con experiencias aisladas y a pequeña escala, ubicadas tanto en la Cordillera de los Andes como en la Cordillera de la Costa de la X Región, iniciadas en su mayoría con rudimentarias técnicas de establecimiento, utilizando plantas extraídas del bosque, con selección inadecuada y en ocasiones repicadas de bosque a vivero (Contreras et al. 1996).

Con el transcurso de los años, mayores experiencias en relación al establecimiento en plantaciones, han permitido conocer su desarrollo y comportamiento en condiciones puras, mixtas (Hernández 1996, Barría 1996) y en diferentes exposiciones a la luz (Flores et al. 2006). Estos estudios recalcan que el desarrollo alcanzado podría mejorar con la utilización de adecuadas técnicas al establecimiento, obteniendo con esto respuestas en crecimiento aún mayores (Donoso et al. 1993b, 1999, Donoso et al. 2006a y b, 2007, 2009, Flores et al. 2006, Ríos 2008). El nuevo conocimiento en torno a la productividad que pueden alcanzar las especies nativas con alta tecnología silvícola ha sido notable, siendo en algunos casos similares a los reportados para plantaciones de *Pinus radiata* en sus primeros años de crecimiento (ver Donoso et al. 2009 para coihue, Ríos 2008, Soto y Ríos 2009 para Raulí). Sobre esta base, se incorporan el control de las malezas y fertilización inicial al establecimiento en algunas especies del género *Nothofagus* (Donoso et al. 2007, 2009, Ríos 2008, Soto y Ríos 2009).

Por otro lado, plantaciones con otras especies nativas como Ulmo, Avellano, Lingue y Laurel han sido escasamente estudiadas, pero existen algunas experiencias que destacan su potencial productivo y carácter complementario en diferentes condiciones de protección a la luz directa bajo bosques y plantaciones (Vita 1977, Donoso et al. 2009, Uteu y Donoso 2009). Además estas especies son muy importantes para diseños con plantaciones mixtas que complementan y dan un mejor uso del potencial productivo del sitio forestal (Kelty 2006, Uteu y Donoso 2009). En dichas condiciones, una plantación con un dosel dominante de una especie intolerante y semitolerante a la sombra como son los *Nothofagus*, sería complementada por la presencia de una especie tolerante a la sombra, maximizando la producción forestal (Kelty et al. 1993, Kelty 2006).

Los buenos resultados obtenidos en los últimos años con plantaciones con especies nativas- principalmente del género de *Nothofagus*- han incitado a establecer desafiantes ensayos científicos en bosques degradados (bosques maduros y adultos) en la Cordillera de los Andes de la Región de Los Ríos, sometidos a una fuerte presión de uso, que en la actualidad ha generado una preocupante degradación de bosques naturales sumando millones de hectáreas en el centro-sur de Chile (Donoso et al. 2009a). La recuperación productiva y ecológica de estos bosques representa un gran desafío para los silvicultores (en lo técnico), ejecutivos de empresas (re-valorar su patrimonio) y tomadores de decisiones políticas (nuevas políticas para el sector forestal), puesto que aún el potencial productivo de estas especies no se ha perdido, siendo esto una nueva oportunidad para recuperar sus múltiples bienes y servicios.

### Razones del por qué plantar con especies nativas

Para un pequeño propietario, la elección de una u otra especie nativa estará en función de los objetivos que éste desee dar a su unidad de producción. Por otro lado, las empresas forestales comúnmente utilizan diferentes indicadores económicos para maximizar la rentabilidad del uso del suelo, como son el

valor actual neto (VAN), el valor potencial del suelo (VPS), y la renta del suelo (RS), los cuales entregan la mejor opción de negocio de acuerdo a su rentabilidad. Ambas razones propuestas pueden ser ampliamente discutidas, sin embargo, a continuación se presentan las razones económicas, ecológicas y sociales del por qué plantar con especies nativas:

1. Las plantaciones con especies latifoliadas han aumentado su demanda internacional (fibra y madera).
2. Existe una creciente necesidad por diversificar el sector forestal ya que de las más de 2,2 millones de hectáreas plantadas en Chile son en mayoría especies exóticas (*Pinus radiata* y *Eucaliptus spp*), y están sujetas a incertidumbre por oscilaciones de mercado, potenciales plagas y la baja aceptación ciudadana.
3. Existencia de más de un millón de hectáreas forestables en el centro-sur de Chile.
4. Más de 2 millones de hectáreas de bosque nativos degradados, entre la Región de Arauco y Los Lagos.
5. Generan múltiples bienes y servicios.
6. Son más amigables con el medioambiente.
7. Poseen mejor aceptación social por ser parte del paisaje natural.
8. Algunas especies nativas presentan excelentes tasas de sobrevivencia y crecimiento utilizando alta tecnología silvícola al establecimiento.
9. Son la mejor alternativa para la restauración de ecosistemas.
10. Sirven para tareas de silvicultura urbana, paisajismo y uso múltiple para la sociedad.

Por estas razones, en la presente publicación se da a conocer el potencial productivo que pueden alcanzar algunas especies forestales nativas representativas del centro-sur de Chile.

### Experiencias con silvicultura extensiva

Plantaciones con especies nativas han sido desarrolladas a pequeña escala en diferentes mosaicos desde los años 50 del siglo pasado. En dichas plantaciones la silvicultura aplicada era casi nula, donde no se hizo mucho más que plantar en general plantas repicadas de bosque (mala calidad de planta), no hubo manejo integrado de vegetación, ni podas ni raleos. Las primeras especies nativas plantadas fueron raulí y coihue y de manera muy rústica (Donoso et al. 1999). Principalmente a partir de los años 80 se empezaron a establecer plantaciones utilizando plantas a raíz desnuda, de dos años y algunos de los resultados más destacados en relación a estos ensayos indican que:

1. coihue crece muy bien en diferentes condiciones de calidad de sitio, reportándose crecimientos promedios en torno un metro de altura y un centímetro en diámetro.
2. raulí es fuertemente dependiente de la calidad de sitio, muy sensible a condiciones locales de fertilidad de suelo, como compactación, disponibilidad de agua, competencia con malezas. En suelos fértiles crece muy

bien pudiéndose comparar con coihue.

3. roble es muy similar a raulí en sus requerimientos de sitio, aparentemente necesita el control de la competencia de malezas arbustivas, y además sus resultados son muy dependientes de la calidad de la planta utilizada.

4. ulmo crece bien en diferentes condiciones de sitio, pero necesita de protección lateral al establecimiento, y posteriormente condiciones de semisombra para desarrollarse. Es una especie interesante desde el punto de vista multipropósito (ornamental, melífera, flores, follaje y madera y biocombustibles).

5. avellano también es una especie multipropósito que se comporta muy bien plantada en condiciones de campo abierto. Es valiosa en producción de frutos, y en condiciones de semisombra para cultivo mixto (frutos y madera). Además sus hojas son las de mejores atributos para ser exportadas con fines ornamentales.

6. especies semitolerantes como olivillo, tepa y lingue se han desarrollado muy bien bajo la cobertura de plantaciones jóvenes de coihue y en menor medida bajo la cobertura de raulí.

7. dado el potencial de crecimiento y calidad, las especies más plantadas en el centro sur de Chile son el raulí y el coihue. En menor medida lo siguen el ulmo, roble y en zonas de recuperación de bosques con laurel, olivillo y lingue (mayores detalles sobre crecimientos de plantaciones extensivas se pueden ver Donoso et al .1999).

### Experiencias con alta tecnología silvícola

En últimos 15-20 años se han plantado *Nothofagus* con una mayor tecnología silvícola, en primer lugar se perfeccionó la primera parte del eslabón productivo que es la calidad de planta a utilizar; esta fue generada en vivero con altos estándares de producción. Posteriormente a partir del año 2000, se registraron algunas experiencias con establecimiento intensivo de plantaciones (manejo físico del suelo, fertilización y control de maleza), en dichas situaciones se han registrado crecimientos notables tanto en coihue como en raulí (cuadro 1), los cuales bordean en promedio 2 cm anuales en diámetro y 1,5 m en altura. Estos resultados hacen especular promisorias proyecciones, que en algunos casos podían ser similares a los simulados en *Pinus radiata* en un índice de sitio 28 (altura alcanzada a una edad clave de 20 años) (ver Ríos 2008, Soto y Ríos 2009). Sin embargo, tratamientos silviculturales intermedios (podas y raleos) no fueron aplicados oportunamente en dichas plantaciones, los cuales son muy importantes ya que el objetivo de este tipo de plantaciones es la producción de madera de alta calidad como se muestra en la figura (1).

Por otro lado, en plantaciones de mayor edad (15-50 años) donde no se han realizado intervenciones silvícolas intermedias se puede mencionar que; raulí presenta un buena poda natural, a excepción de coihue, que presenta recurrentes bifurcaciones y mala forma del fuste, con inserción de ramas muertas que perjudicaría la futura calidad de madera a obtener. Por ello basándonos en dichas experiencias, recomendamos realizar podas tempranas (coihue: corrección

de bifurcaciones y poda basal) no más allá de la mitad de la altura total cuando los fustes no tengan más de 8 cm de diámetro a la altura del pecho. Esta labor cultural se debería realizar sobre la mitad de los árboles de la plantación (800 árboles por hectárea) o bien sobre los árboles cosecha (300 a 400 individuos por hectárea).

Respecto al manejo de la densidad en plantaciones de coihue y raulí, se puede afirmar que han respondido bien en relación al aumento del crecimiento individual por liberación de competencia, como así también el aumento de la diversidad de especies arbustivas en el piso forestal, obteniendo así una mayor sustentabilidad del manejo, sin embargo, a futuro se deberán desarrollar mayores investigaciones en torno a estos temas, ya que se desconoce aún las implicancias del manejo



Figura 1. Muestra manejo intensivo de plantaciones con raulí (a) y coihue (b) a los 7 años de edad. En coihue se realizó un primer raleo a desecho a los 4 años, y un segundo a los 7 años junto con una poda baja. En cambio en raulí se realizó un primer raleo y poda a los 7 años de edad. Nótese la producción de metros ruma en coihue (b) a temprana edad, y la calidad de los fustes de raulí (a). (Crédito de fotos: Daniel Soto; a y b predio Catanlí empresa BOPAR S.A.).

Cuadro 1. Características generales y crecimiento medios anuales en algunas plantaciones con alta tecnología silvícola a campo abierto y bajo cobertura

Especie	Ecosistema	Sector	Edad	Densidad inicial	sobrevivencia (%)	DAP (cm)	Altura (m)	cita
Coihue	CC	Corral	7	1666	86	1,95	1,52	Soto y Ríos 2009
Raulí	DI	Panguipulli	5	1666	84	1,81	1,4	Ríos 2008
Roble	DI	Panguipulli	7	1666	90,6	1,34	0,88	datos sin publicar
Coihue**	CA	Panguipulli	2	-	98	-	0,6	Rodríguez-Bertos 2009
Raulí**	CA	Panguipulli	2	-	94	-	0,5	Rodríguez-Bertos 2009
Ulmo*	CA	Licán	4	-	-	0,71	0,88	Uteau y Donoso 2009
Laurel*	DI	Valdivia	13	-	-	0,61	0,63	Uteau y Donoso 2009

\* Plantación irregular bajo cobertura y \*\* claros de dosel como medida de restauración de bosques degradados. CC: cordillera de La Costa, DI: depresión intermedia y CA: cordillera de Los Andes.



Figura 2. Efecto del manejo en una plantación de coihue de 15 años de edad, sometida a dos raleos vs. su situación testigo (sin manejo). Nótese 1° la gran ocupación del sitio (a, c), mirándose a esta especie como una potencial productora de bioenergía y almacenadora de CO<sub>2</sub>, 2° la apertura de copas para su posterior aprovechamiento de los árboles selección (incremento de biomasa individual), y 3° se observa la mayor abundancia especies en el suelo forestal, aumentado así la riqueza de especies y la sustentabilidad del manejo forestal.

(Fotografías: Daniel Soto, Predio Chucaipulli).

a distintas intensidades de raleo y de manejo integrado de la vegetación en el piso forestal, pensado en la optimización del uso del suelo. Se muestra una experiencia de raleo en la figura 2.

### Plantaciones mixtas

Las plantaciones mixtas representan un desafío para los silvicultores y propietarios debido a la escasa experiencia que se tiene en relación a este tema. En el ámbito internacional han sido estudiadas y se concluye que cuando son adecuadas las mezclas se produce un adición en la productividad forestal (ver Piotto 2008), siendo el principio básico de su aplicación el buen conocimiento autoecológico de las especies y el adecuado manejo de la estructura vertical de las plantaciones o bosques (Kelty 2006). A pesar de que no se tienen estudios empíricos al respecto, se ha podido observar que en ciertas plantaciones nativas se produce complementariedad y una adición productiva. En la figuras 3 y 4 se muestran unos ejemplos de dicha observación en Chile, en la primera se observa como las especies cumplen el objetivo del propietario. 1) limpiando el fuste de ramas indeseadas en los robles y 2) mejorando la forma de avellano, a través de la elongación del fuste y producción de ramas delgadas por la condición de semisombra. En la figura 4 se muestra la coexistencia de roble-raulí y ulmo en una plantación mixta en donde ulmo ocupa un dosel intermedio mejorando su calidad fustal debido



Figura 3. Plantación mixta de roble con avellano en cerca de Panguipulli. Nótese como el hábito y lugar de avellano limpia el fuste de los robles, dejando copas redondas y balanceadas en su parte superior, además de fustes de calidad con ramas delgadas para ambas especies. Ahora, pensemos en los servicios que estas plantaciones nos proveen; 1) mejor calidad de madera de roble y avellano, 2) uso eficiente de los recursos (mejor aprovechamiento de sitio), 3) producción de frutos y follaje por parte de avellano. (Crédito foto: Daniel Soto, empresa Inversiones Quitralco Ltda.)

a la inserción de ramas delgadas por la semisombra. En este tipo de estructura, las actividades culturales como raleo son más complejas y requieren de un muy apropiado y oportuno diagnóstico.



Figura 4. Plantación mixta Raulí-Roble-Ulmo de 28 años, se puede apreciar el mejor uso de los estratos verticales; uno dominado por Roble, dominado y codominado por Raulí y en el intermedio por Ulmo. La precaución de este tipo de plantaciones radica que las actividades silviculturales deberán ser oportunamente realizadas, para evitar posibles inversiones de crecimiento de cualquier especie. (Crédito foto: Daniel Soto, empresa Inversiones Quitralco Ltda.)

### Plantaciones en bosques degradados

Los bosques degradados constituyen una inmensa y desafiante oportunidad tanto para los investigadores forestales como para las empresas y propietarios, ya que en gran parte de los bosques nativos adultos y maduros se han sido intervenidos con escasa silvicultura, por no decir nula. Tal situación ha llevado a que mayoría de estos tipos de bosques estén degradados, siendo el principal testimonio de las malas prácticas, la invasión de especies no deseadas, como es el bambú (*Chusquea spp.*).

Adicionalmente, se puede mencionar que este tipo de bosques se encuentran en altitudes sobre los 500 m s.n.m., donde las condiciones climáticas son más rigurosas, y un posible establecimiento de plantaciones a campo abierto sería prácticamente impracticable y poco productivo (ver Donoso et al. 2007, Soto et al. 2009). Por ello, sistemas silviculturales “teóricos” a campo abierto pareciera no poderse aplicar en dichas altitudes. Bajo esa importante premisa, el control de maleza, por ejemplo, no pareciera ser útil, ya que la vegetación considerada “maleza” actuaría como acompañante, facilitando



Figura 5. Muestra algunos ejemplos de plantaciones bajo cobertura de bosques. a) Plantación en huecos de coihue (nótese la extraordinaria calidad y vigorosidad) en un bosque adulto degradado, b) plantación ulmo en bosque maduro degradado (nótese el efecto del control de maleza y crecimiento elongado), y c) plantación de raulí en un bosque adulto degradado en la cordillera de Los Andes (nótese que el suelo presenta escarificado, como método de eliminación de la invasión de *Chusquea spp* después de la intervención silvícola. Además estos disturbios en suelo provocarían una masiva regeneración de especies arbóreas deseadas, simulando su dinámica natural). (Crédito de fotos: Daniel Soto; a y b predio Catanlí empresa BOPAR S.A., y c predio Pilmaiquén empresa Neltume Carranco S.A.).

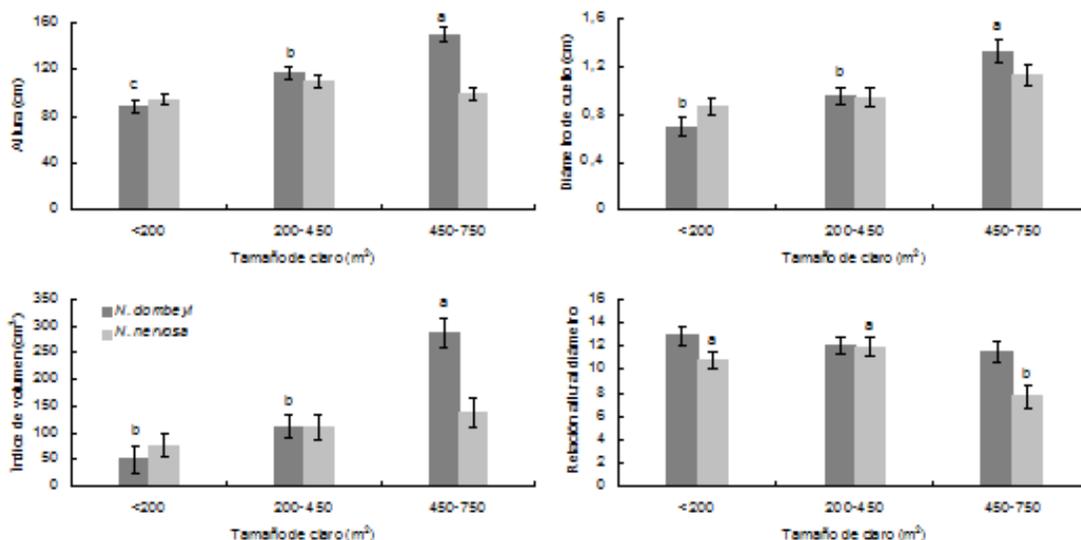


Figura 6. Efecto sobre la productividad en plantaciones bajo cobertura en bosques maduros alterados en la Cordillera de Los Andes. Letras diferentes muestran diferencias estadísticas significativas. Índice de volumen presentada como el volumen de un cono, y la relación altura/ diámetro representa la estabilidad de plantas (fuente Soto et al. Datos sin publicar).

la sobrevivencia y crecimiento (Donoso et al. 2007). Sobre lo anterior, el establecimiento de plantaciones bajo la cobertura de un bosque degradado pareciera ser una oportunidad. Sin embargo, dichas plantaciones necesitan un fuerte control del bambú y una homogenización de la estructura del bosque residual (figura 5).

Una experiencia de restauración a los 500 m s.n.m. de un bosque degradado se muestra en la figura (6), en dicha oportunidad se reportaron buenos crecimientos y casi un 100 % de sobrevivencia. A nivel de especie se puede afirmar que coihue necesita de claros y/o huecos mayores (area libre de copas), y que raulí después de dos años desde el establecimiento es indiferente al tamaño de estos. Esta experiencia es contrastada con aquellas establecidas a campo abierto a la misma altitud, donde casi el 100% de plantación murió por heladas de invierno-primavera y sequías de verano (Soto et al. 2009). Otra experiencia también muestra que plantaciones con

protección superior o lateral tienen un mejor desarrollo que plantaciones a campo abierto en altitudes > 600 m (Álvarez y Lara 2008).

### Conclusiones, implicaciones y necesidades

La aplicación de un sistema silvicultural intensivo al establecimiento en coihue y raulí muestra una notable productividad y proyecciones de crecimiento. En la figura 7 se muestra un modelo teórico de producción forestal, donde una apropiada silvicultura bajaría la edad de cosecha de plantaciones nativas, y haciéndola más competitiva con respecto a los demás monocultivos establecidos con especies exóticas en el Centro-Sur de Chile. Sin embargo, probar nuevas investigaciones como ensayos de raleo, poda y fertilización a edades jóvenes e intermedias (cierre de copas), será muy útil para precisar el cómo y dónde se pueden y deben aplicar las determinadas actividades silviculturales a prescribir.

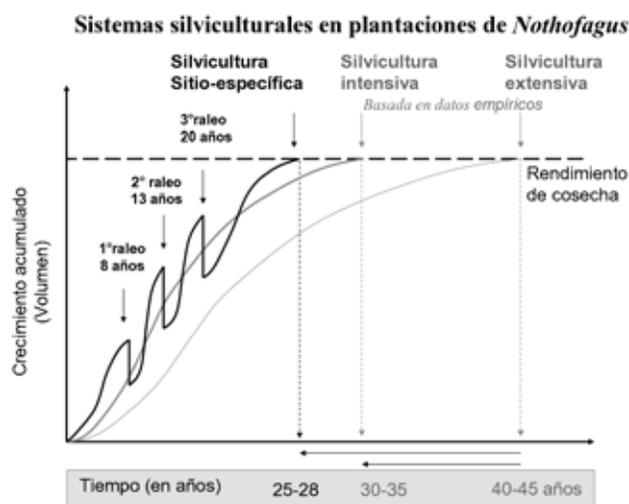


Figura 7. Modelos teóricos de los sistemas silvicultural que posiblemente podrían ser aplicados a plantaciones de *Nothofagus* en buenos sitios de crecimiento. Simulando tratamiento intensivos de plantaciones de *Pinus radiata* aplicado en Chile (fuente Donoso et al. 2009c).

Desde el punto de vista económico dichas simulaciones de crecimiento y productividad potencial permiten tener buenos indicadores económicos (cuadro 2). Sin embargo, la plantación mixta permite una mejor evaluación, comparables con el *P. radiata* con manejo intensivo.

Las plantaciones mixtas además de mejorar los indicadores económicos, mejoran la producción potencial del sitio, ya que hacen un uso más eficiente de los recursos (luz, agua, nutrientes). Sin embargo, investigaciones en torno a diseños, mezclas de especies y manejo cultural deberán ser desarrolladas, ya que es un tópico escasamente desarrollado en Chile.

Las plantaciones bajo protección o en claros de dosel parecieran presentarse como una gran oportunidad en todos los ecosistemas forestales del centro-sur de Chile. Así también, en altitudes > 500 m s.n.m. en la Cordillera de Los Andes, suman una mayor importancia, ya que es justo aquí donde se ubican en mayor cantidad; por ello es necesario profundizar en estudios tales como; el efecto de la productividad bajo condiciones climáticas severas, las condiciones microclimáticas de piso forestal, interacciones con la vegetación, y intensidad lumínica en el desarrollo de plantaciones, lo cual va a ser unos de los principales resultados para rehabilitar las millones de hectareas degradadas en Chile.

Respecto a la bonificación forestal, podemos afirmar que la tabla de costo para plantaciones nativas de la Ley 28.283 de Fomento y Recuperación del Bosque Nativo, es insuficiente para pagar los costos de una plantación con alta tecnología silvícola a campo abierto. En algunas experiencias presentaron costos que tienden a los \$700.000 por hectárea, lo que estaría en un 30 % por debajo de lo que la Ley bonifica. Una situación similar presentan las plantaciones de recuperación de bosques degradados y/o huecos de dosel, en dichas plantaciones hemos registrado costos totales que tienden a los \$ 800.000 por hectárea, lo que también esta muy subvalorado

(50% por debajo). Pensamos que estos valores deberán ser corregidos en corto plazo, para que los propietarios de bosque puedan iniciar faenas de plantaciones altamente competitivas a campo abierto y de recuperación de bosque nativos degradados.

Finalmente, diagnosticamos que visitas a terreno a ensayos con personas interesadas en plantaciones nativas (desde políticos, empresas hasta gente en común) son y serán necesarias, ya que hemos podido detectar un desconocimiento general respecto a la productividad de las plantaciones nativas, y de la silvicultura básica y oportuna que se les debe aplicar, y en consecuencia sobre los potenciales productos que se podrían generar. Esto indica que la transferencia y cursos de capacitación deberán ser implementados rápidamente.

### Agradecimientos

Al profesor Emérito Claudio Donoso Z. de la Universidad Austral por la visión, instalación y seguimiento de ensayos desde sus inicios, a través del financiamiento de CONAF (1981-2004). PJD y DPS agradecen el financiamiento de los proyectos FONDEF CONICYT D04I1271 (2006-2009) y D07I1034 (2009-2015) y empresas forestales. A Andrea Ríos por la corrección y revisión crítica del manuscrito.

### Referencias

Álvarez C, Lara A. 2008. Crecimiento de una plantación joven en fajas con especies nativas en la Cordillera de Los Andes de la provincia de Valdivia. *Bosque* 29(3): 181-191.

Barría P. 1996. *Comparación de la estructura y crecimiento de una plantación de roble-raulí con una de roble-raulí-ulmo en la provincia de Valdivia*. Tesis de Ingeniero Forestal. Universidad Austral, Valdivia, Chile.

Contreras A, Otero L, Barrales L, Ojeda I. 1996. Estudio de crecimiento de una plantación de raulí ubicada en el sector de Panguipulli y expectativas de crecimiento. *Bosque* 17(1): 3-7.

Cubbage F, MacDonagh P, Sawinski Junior J, Rubilar R, et al. 2007. Timber Investment Returns for Selected Plantations and Native Forests in South America and the Southern United States. *New Forests* 33: 237-255.

Donoso PJ, Monfil T, Otero L, Barrales L. 1993. Estudio de crecimiento de plantaciones y renovales de especies nativas en el área andina de la provincia de Valdivia y Cautín. *Ciencia e Investigación Forestal* 7(2): 24-42.

Donoso PJ, González ME, Escobar B, Basso I, Otero L. 1999. *Viverización y plantaciones de Raulí, Roble y Coihue*. In *Silvicultura de los Bosques Nativos de Chile*. ED. C. Donoso y A. Lara. Universitaria, pp. Santiago, Chile. pp. 177-244.

Donoso PJ, Donoso C, Azpiculeta M. 2006a. Especies arbóreas de los bosques templados de Chile y Argentina. *Especies arbóreas de los bosques templados de Chile y Argentina*. Autoecología. Capítulo *Nothofagus nervosa*. Marisa Cúneo Ediciones, 448-461.

Donoso PJ, Donoso C, Escobar B, Navarro C, Gallo L. 2006b. Especies arbóreas de los bosques templados de Chile y Argentina. *Autoecología*. Capítulo *Nothofagus dombeyi*. Marisa Cúneo Ediciones, 423-432.

Donoso PJ, Gerding V, Uteau D, Soto DP, Thiers O, Donoso C. 2007. Crecimiento de una plantación joven en fajas con especies nativas en la Cordillera de Los Andes de la provincia de Valdivia. *Bosque* 28(3): 249-255.

Donoso PJ, Soto DP, Gerding V. 2009a. Efectos de la poda de tallo y fertilización de liberación controlada en vivero sobre el comportamiento de plántulas de *Nothofagus nervosa* en terreno. *Bosque* 30(1): 48-53.

Cuadro 2. Rentabilidad comparada de plantaciones nativas (pura y mixta) y de *Pinus radiata* en Chile. La tasa de interés empleada fue del 10% para el negocio forestal (fuente Cubbage et al. 2007, Donoso et al 2009c).

Especies	Rotación (año)	R a l e o s (años)	Crecimiento m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> año	edad de cosecha	Rendimiento m <sup>3</sup> ha	VAN (\$/ha)	TIR %
<i>N. dombeyi</i>	30	8-13-20	18	30	540	(\$/ha)	13,6
<i>N. nervosa</i>	35	10-15-22	16	35	560	1581	10,9
<i>P. radiata</i>	25	5-10-15	22	22	480	792	16,9
<i>N. dombeyi</i> - <i>E. cordifolia</i>	40	8-13-19 8-13-19-27	19	27*-40 40	595	2729 2646	16,3

\* pre-cosecha con corta de protección de coihue.

Donoso PJ, Soto DP, Schlatter JE, Büchner CA. 2009b. Effects of early fertilization on the performance of planted *Nothofagus dombeyi* in coastal Range of south-central Chile. *Ciencia e investigación Agraria* 36(3): 459-469.

Donoso PJ, Navarro CO, Soto DP. 2009c. *A conceptual model for silvicultural systems in pure and mixed plantations of native species in Chile*. In World Forestry Congress, Buenos Aires, Argentina.

Flores M, Donoso PJ, Donoso C. 2006. Raulí: Opción Productiva para el sur de Chile. *Chile Forestal* 323: 38-41.

Hernández E.. 1996. *Análisis del crecimiento de una plantación de raulí (Nothofagus alpina (Poepp. Et Endl) Mirb.) en la precordillera andina de la provincia de Valdivia*. Tesis de Ingeniero Forestal, Universidad Austral, Valdivia, Chile.

Kelty MJ, Larson BC, Oliver CD. 1992. *The Ecology and Silviculture of Mixed- Species Forests*. Kluwer Academic Publ. Dordrecht, The Netherlands.

Kelty M. 2006. The role of species mixtures in plantation forestry. *Forest Ecology and Management* 233: 195-204.

Piotto D. 2008. A meta-analysis comparing tree growth in monocultures and mixed plantations. *Forest Ecology Management* 255: 781-786.

Ríos AI. 2008. *Desarrollo inicial de plantaciones de Raulí y Raulí-Roble bajo un régimen de establecimiento intensivo en la Depresión Intermedia de la Región de Los Ríos*. Tesis de Ingeniero Forestal. Universidad Austral, Valdivia, Chile.

Soto DP, Ríos AI. 2009. Seis años de respuesta de una plantación intensiva de Raulí y Coihue en la Precordillera de la Costa. *Revista Bosque Nativo* 44: 7-11.

Soto DP, Donoso PJ, Uteau D, Zuñiga-Feest A. 2009. Environmental factors affect the spatial arrangement of survival and damage in a outplanted *Nothofagus dombeyi* plantation seedlings in the Chilean Andes. *Interciencia* 34(2): 100-105.

Rodríguez-Bertos S. 2010. *Efectos de la apertura del dosel sobre el establecimiento de Coihue y Raulí plantados en claros de bosque alterados de los Andes de Valdivia*. Tesis de Ingeniero Técnico Forestal, Universidad Politécnica de Madrid, España.

Uteau D, Donoso PJ. 2009. Early individual growth of *Eucryphia cordifolia* and *Laurelia sempervirens* planted under different competition conditions in south-central Chile. *Ciencia e Investigación Agraria* 36(1): 85-96.

Vita A. 1977. *Crecimiento de algunas especies forestales en el Arboretum del Centro Experimental Frutillar*. X Región. Boletín Técnico 47. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile. Santiago.