



APUNTE

Micropropagación de raulí: Una alternativa viable y apropiada para la producción comercial.

Roberto Ipinza Carmona^{1*}; Ana Sabja Giacaman²; Braulio Gutiérrez Caro³ & María Molina Brand³.

¹ Instituto Forestal, Sede Los Ríos, Valdivia. Roberto.ipinza@infor.cl

² PLANGEN, Valdivia.

³ Instituto Forestal, Sede Biobío, Concepción.

*Autor para correspondencia

DOI: <https://doi.org/10.52904/0718-4646.2021.610>

Recibido: 06.8.2024; Aceptado 29.8.2024.

RESUMEN

Este artículo aborda la importancia del raulí (*Nothofagus alpina*) como especie maderable de alta calidad en Chile y la necesidad de implementar métodos sostenibles para su producción. Se destaca el valor económico de la madera de raulí y su creciente demanda, lo que ha generado preocupación por la conservación de esta especie nativa. Se menciona la *vejería* (variación interanual en la producción de semillas) como un desafío para la regeneración natural y la producción de plantas en vivero. El artículo propone la micropropagación como una alternativa viable para la producción comercial de raulí. Se describe el proceso de micropropagación, que incluye la selección de material genético de alta calidad, el cultivo *in vitro* de explantes y la aclimatación de plántulas.

Se concluye que la micropropagación es una técnica madura y lista para ser implementada a escala comercial, ofreciendo una oportunidad para mejorar la productividad y calidad de las plantaciones de raulí. Se enfatiza la necesidad de continuar investigando para optimizar los costos y la eficiencia de la micropropagación.

Palabras clave: *Nothofagus alpina*, clonación, micropropagación.

SUMMARY

This article discusses both, the importance of raulí (*Nothofagus alpina*) as a high-quality timber species in Chile, and the need to implement sustainable methods for its production. It highlights the economic value of raulí wood and its growing demand, which has raised concerns about the conservation of this native species. It mentions the *vejería* (inter-annual variation in seed production) as a challenge for natural regeneration and nursery production. The article proposes micropropagation as a viable alternative for the commercial production of raulí. The micropropagation process is described, which includes the selection of high-quality genetic material, *in vitro* cultivation of explants and acclimatization of seedlings.

It is concluded that micropropagation is a mature technique ready to be implemented on a commercial scale, offering an opportunity to improve the productivity and quality of raulí plantations. The need for further research to optimize the costs and efficiency of micropropagation is emphasized.

Key words: *Nothofagus alpina*, cloning, micropropagation.

INTRODUCCIÓN

El raulí (*Nothofagus alpina* Poepp. et Endl. Oerst.) es actualmente una de las especies arbóreas nativas de Chile más reconocidas por su madera de alta calidad, sanidad y valor económico. Su demanda en el mercado nacional e internacional ha incrementado su precio, especialmente para las dimensiones mayores que son exportadas. Según Pardo (2024), el precio de la madera aserrada de raulí puesta en aserradero oscila entre 388.000 y 1.653.600 pesos por metro cúbico, dependiendo de la calidad y región de origen. La

madera dimensionada y cepillada alcanza precios aún mayores, llegando hasta \$1.854.576 por metro cúbico en la Región Metropolitana.

La demanda por raulí para establecer plantaciones comerciales se debe también a su mayor resistencia sanitaria, lo que hoy es más relevante que nunca, debido a la presión de selección que impone el cambio climático. El raulí es más resistente que el roble al barrenador de la corteza (*Holopterus chilensis*).

El alto valor del raulí también se debe a sus características físicas y estéticas, como su estabilidad, resistencia, durabilidad y belleza, que lo hacen ideal para la fabricación de muebles, pisos y revestimientos de alta gama (**Figura 1**).



(Fuente: Jacob-Dazarola, 2024)

Figura 1. Aplicaciones y usos sugeridos para la madera de raulí por sus atributos técnicos

Sin embargo, la creciente demanda por madera de raulí, y la explotación desmedida de sus bosques, han generado preocupación por la conservación del acervo genético de esta especie nativa de los bosques templados de Chile y Argentina. Es fundamental implementar prácticas de manejo forestal sostenible y establecer plantaciones a gran escala en sitios apropiados, para asegurar la disponibilidad de esta valiosa madera en el futuro. Existen varias razones por las cuales la cosecha sustentable de bosques naturales de raulí aún no ha sido posible, pero también existen alternativas tecnológicas para establecer plantaciones competitivas desde donde obtener esta madera. En tal contexto, el presente artículo pretende mostrar y promover a la propagación vegetativa, y en especial la micropropagación de raulí, como una alternativa operacional de adecuada madurez tecnológica, para establecer plantaciones comerciales de raulí.

AÑERISMO O VECERÍA

El añerismo o vecería es un fenómeno biológico caracterizado por la fluctuación interanual en la producción de semillas (Donoso *et al.*, 2004). En este patrón, los años de alta producción de semillas (años semilleros) se alternan con años de baja o nula producción, fenómeno que es común en muchas especies de árboles forestales, incluido el raulí. La vecería es causada por una compleja interacción de factores genéticos, fisiológicos y ambientales, y tiene importantes implicaciones ecológicas, especialmente en la regeneración natural del bosque y en la economía. El añerismo puede afectar la disponibilidad de semillas para la reforestación y la producción de plantas en viveros. En años de baja producción, la escasez de semillas puede aumentar los costos y dificultar los programas de restauración ecológica basados en genética (procedencias y número de árboles apropiados, no emparentados). Los estudios realizados en Argentina

sobre la producción de semillas de raulí indican una tendencia cíclica, con una producción abundante cada dos años. Sin embargo, esta tendencia general puede variar entre poblaciones y años específicos. Algunas poblaciones muestran una producción relativamente constante, mientras que otras pueden tener intervalos más largos entre años de alta producción de semillas. Este fenómeno obliga a almacenar semillas durante los años de baja producción, lo que implica disponer de centros de almacenamiento de semillas para cubrir los períodos en los que la producción no es suficiente para satisfacer la demanda.

OPORTUNIDAD: HACIA LA SILVICULTURA CLONAL

A pesar de existir un programa de mejoramiento genético por vía semilla (sexual) (Ipinza *et al.*, 2000), este enfoque no permite transferir a plantaciones operacionales todas las ganancias en volumen aprovechable. La propagación vegetativa permite transferir toda la varianza genética a los descendientes, duplicando la ganancia genética asociada a los esquemas sexuales.

La oportunidad radica en que existe material genético seleccionado con énfasis en la rectitud de fuste, atributo que es fundamental para el rendimiento y aprovechamiento industrial de las trozas (**Figura 2**); que se dispone de las herramientas biotecnológicas adecuadas para multiplicar este material genético (micropropagación y *fingerprinting*); y que además existe la demanda por parte de las empresas para aprovechar dicho material.



Figura 2. Selección de árboles plus con alta intensidad de selección.

MICROPROPAGACIÓN DE RAULÍ

El prototipo general de clonación de raulí se encuentra descrito en Gutiérrez *et al.* (2005). Este modelo fue obtenido durante el desarrollo del proyecto FDI 00C7FT-12 “Silvicultura Clonal en Raulí para Incrementar la Productividad de Sitios Forestales en la IX y X Regiones del país”, ejecutado por el Centro de Experimentación Forestal CEFOR, la Universidad Austral de Chile (UACH) y el Instituto Forestal (INFOR), con la participación de la Corporación Nacional Forestal (CONAF) y el Instituto de Investigaciones

Agropecuarias (INIA), contando con el financiamiento del Fondo de Desarrollo e Innovación FDI de CORFO. Posteriormente, el procedimiento de micropropagación fue depurado para propósitos comerciales por Sabja *et al.* (2008).

La micropropagación directa (organogénesis) o propagación clonal es una de las aplicaciones más utilizadas del cultivo *in vitro*, donde a partir de un fragmento (explante) de una planta madre se obtiene una descendencia uniforme con plantas genéticamente idénticas (rametos). Esta técnica se aplica para acelerar la propagación en aquellas plantas que tienen problemas de propagación a partir de semillas o por otros métodos de propagación. Para raulí, el proceso de propagación *in vitro* utiliza explantes originados desde árboles adultos altamente seleccionados, obtenido por INFOR entre los años 1997-1999.

Dicho material ha sido licenciado a PLANGEN, en cuyos laboratorios e invernaderos se realiza el proceso de micropropagación, en ambientes con temperaturas y fotoperiodo controlados, utilizando medios nutritivos y hormonas específicas para las distintas etapas del proceso. De esta forma se estimula la producción de brotes axilares y posteriormente raíces, obteniéndose plantas que superen el control de calidad. Es importante señalar que también se evaluará sistemáticamente el costo y efectividad de la macro y micropropagación, para luego recomendar una de ellas o una combinación.

Las etapas de este proceso de micropropagación se esquematizan en la **Figura 3** y se describen a continuación.

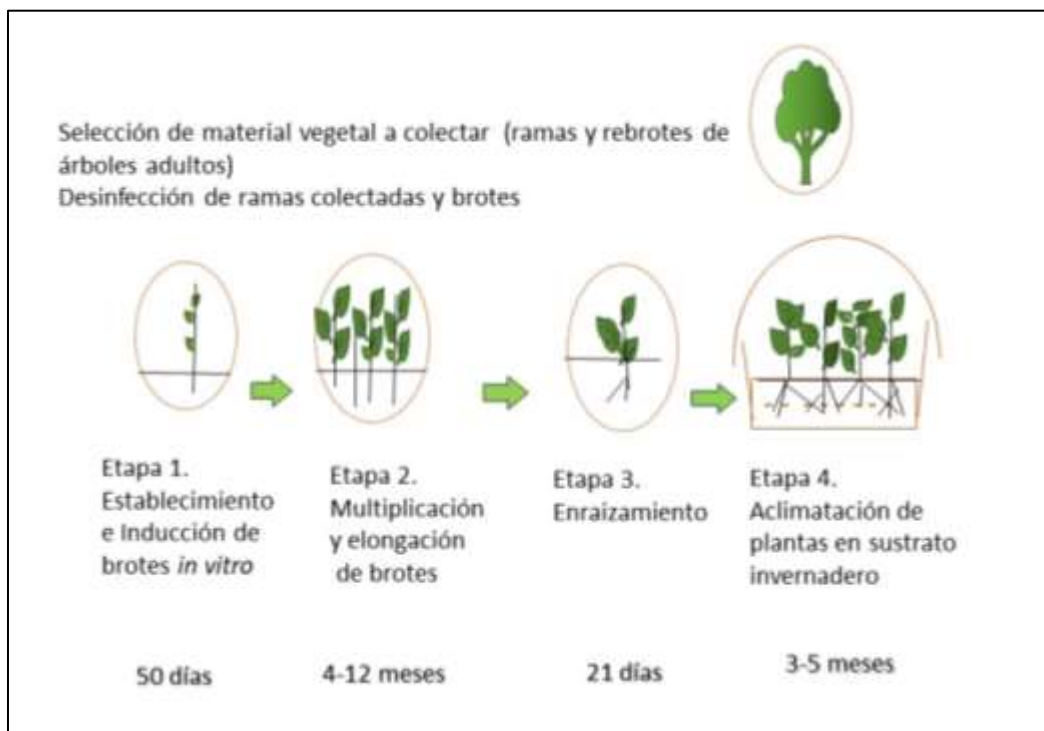


Figura 3. Etapas de la micropropagación de raulí.

- **Etapa 1:** Establecimiento del material vegetal (explantes) en condiciones *in vitro* para iniciar la producción de micro brotes considerando las condiciones genéticas y epigenéticas (juventud).
- **Etapa 2:** Inducción y elongación de brotes, es la fase en que se producen múltiples brotes para su posterior enraizamiento.
- **Etapa 3:** Enraizamiento, corresponde a la inducción de raíces adventicias en los brotes individuales del paso anterior, con la finalidad de obtener *vitroplantas* completas.

- **Etapa 4:** Aclimatación, es el proceso mediante el cual las plántulas obtenidas *in vitro*, en condiciones heterotróficas, se acondicionan gradualmente en invernadero de condiciones controladas, para que puedan continuar viviendo en condiciones autotróficas, *ex vitro*, y posteriormente soporten las condiciones de intemperie.

CONCLUSIONES

La micropropagación del raulí es una alternativa viable y prometedora para abordar los desafíos de la producción de madera de alta calidad y la conservación de esta especie nativa. La micropropagación es una técnica madura, apropiada para ser implementada a escala comercial. El uso de la micropropagación, junto con la selección genética adecuada, ofrece una oportunidad para mejorar la productividad y calidad de las plantaciones de raulí. Es necesario seguir investigando para optimizar los costos y la eficiencia tanto de la macropropagación como de la micropropagación, y así determinar la mejor combinación estratégica para la producción comercial de raulí.

REFERENCIAS

- Donoso, C., Premoli, A., Gallo, L. & Ipinza, R. (2004).** Variación intraespecífica en las especies arbóreas de los bosques templados de Chile y Argentina. Primera edición. Editorial Universitaria S.A. ISBN: 956-11-1702-9. 420 p.
- Gutiérrez, B., Ortiz, O. & Molina, M. (Eds). (2005).** Clonación del raulí: Estado actual y perspectivas. CEFOR-INFOR-UACH. ISBN 956-8274-56-1. Concepción, Chile. 174 p. <https://doi.org/10.52904/20.500.12220/17411>
- Ipinza, R. A., Gutiérrez, B. & Emhart, V. (2000).** Domesticación y mejora genética de raulí y roble. Universidad Austral de Chile - Instituto Forestal. Primera edición. Editora e Imprenta Maval Ltda. ISBN 956-288-691-3. 468 p. <https://doi.org/10.52904/20.500.12220/462>
- Jacob-Dazarola, R. (2024).** Caracterización experiencial de maderas nativas de Chile: Ficha raulí. En: <https://maderanativachile.cl/catalogo/rauli/>
- Pardo, E. (2024).** Precios Forestales. Instituto Forestal, Chile. Boletín N° 189. 34 p.
- Sabja, A., Ortiz, O. & Triviño, C. (2008).** Avances de clonación in vitro de árboles adultos de raulí (*Nothofagus alpina* Poepp. et Endl. Oerst.) para propagación comercial. *Agrociencia*, 42(5): 595-603.