
SUPERVIVENCIA Y CRECIMIENTO INICIAL DE PLANTAS MICROPROPAGADAS DE RAULÍ (*Nothofagus alpina* (Poepp et Endl) Oerst) ESTABLECIDAS EN ENSAYOS CLONALES

Braulio Gutiérrez C.¹

RESUMEN

Se evaluó el desempeño en terreno a los tres años de edad de plantas micropropagadas de raulí, en tres ensayos clonales establecidos en Chile, en sitios representativos de la distribución natural de la especie, en las provincias de Malleco, Cautín y Valdivia, entre los 800 y 1.000 msnm.

Se observó un comportamiento superior de los clones micropropagados en relación a los testigos provenientes de semilla comercial, situación esperable debido al origen selecto de los clones, los cuales corresponden a réplicas vegetativas de árboles *plus* rigurosamente seleccionados en función de sus características de volumen y forma. Aún así, se observa también una gran variación entre clones y entre las procedencias de los mismos, así como evidencias de interacción genotipo ambiente.

Palabras clave: *Nothofagus alpina*, silvicultura clonal.

SUMMARY

The field performance at three years old of micropropagated plants of Raulí, established in three clonal tests in representative sites of the natural distribution of the species in Chile (Malleco, Cautín and Valdivia provinces, between 800 and 1,000 masl) was analyzed.

A superior behavior of the micropropagated clones in relation to the control plants originated from commercial seed was observed, expectable situation due to selected origin of the clones, which are vegetative copies of rigorously selected *plus* trees based on their characteristics of volume and forms. A great variation between clones and between their provenances was also observed, as well as evidences of genotype environment interaction.

Keywords: *Nothofagus alpina*, clonal forestry.

¹Ingeniero Forestal. Instituto Forestal Sede Bio Bio. Chile. E-mail: bgutierr@infor.cl

INTRODUCCIÓN

Raulí (*Nothofagus alpina* (Poepp et Endl.) Oerst) es una especie forestal nativa de los bosques de Chile y Argentina, que en el país ha sido definida como una especie prioritaria para contribuir a la diversificación de las plantaciones forestales nacionales y que como recurso ha sido fuertemente degradado debido a la cosecha indiscriminada de que ha sido objeto como consecuencia de la alta calidad y valor de su madera.

El tradicional e histórico “floreo” (extracción selectiva) sufrido por los bosques en que se presenta raulí ha reducido considerablemente la proporción de individuos de alta calidad maderera. Consecuentemente, INFOR inició en 1996 un programa de mejoramiento genético orientado a recuperar y mejorar el potencial productivo de esta especie. Entre otras actividades, durante este programa inicial se identificaron árboles plus, los que fueron rigurosamente seleccionados en función de su superioridad en volumen y forma. Posteriormente, a partir del año 2001, un nuevo proyecto de investigación permitió desarrollar procedimientos para la multiplicación clonal de los árboles selectos, mediante técnicas de cultivo *in vitro*. El material multiplicado en esta iniciativa, rigurosamente identificado por clon y lugar de procedencia, fue establecido en ensayos clonales en terreno con la finalidad de evaluar el desempeño de los clones y diferenciar el material genético idóneo para distintas zonas de plantación dentro del área de distribución natural de raulí

La descripción de los ensayos mencionados y los resultados de su evaluación de crecimiento y supervivencia a los tres años de edad se describen en el presente documento. La información entregada en este análisis será de gran valor para orientar decisiones respecto a la conveniencia de usar clones selectos, qué material es más adecuado para cada área geográfica y qué comportamiento inicial podrá esperarse de sus plantaciones operacionales. Los clones considerados constituyen un material genético de alto valor, especialmente apropiado para establecer plantaciones o contribuir al enriquecimiento de bosques degradados, aspecto que cobra especial relevancia en la actualidad, en el marco de la nueva ley de recuperación del bosque nativo.

OBJETIVOS

Evaluar el desempeño inicial de tres ensayos clonales de raulí para identificar los clones de mejor desempeño en distintas áreas geográficas representativas de la distribución natural de la especie.

MATERIAL Y MÉTODO

Se evalúan tres ensayos clonales de raulí identificados con el nombre del predio donde fueron establecidos, Reserva Forestal Malleco, Molulco y Remeco (Cuadro N° 1).

Cuadro N° 1
ENSAYOS CONSIDERADOS EN LA EVALUACIÓN

Ensayo	Provincia Región	Comuna	Altitud (msnm)	Propietario	Establecimiento
RF Malleco	Malleco La Araucanía	Collipulli	980	CONAF	Oct. 2005
Molulco	Cautín La Araucanía	Melipeuco	800	MAGASA	Ago. 2005
Remeco	Valdivia Los Ríos	Panguipulli	870	Forestal Neltume Carranco	Oct. 2005

En la selección de terrenos para los ensayos clonales de raulí, se utilizó un sistema de clasificación de sitios desarrollado para Chile por Schlatter *et al.* (1994; 1995). Como base se usó la distribución natural de *Nothofagus alpina*. Se usó el material cartográfico base de la distribución natural de los tipos forestales Roble-Raulí-Coigüe y Coigüe-Raulí-Tepa, a escala 1:250.000, para las provincias de Malleco, Cautín y Valdivia. Además, se utilizó la información del sistema de clasificación de Schlatter y Gerding (1995), también a escala 1:250.000. Luego, para poder definir las zonas y distritos de crecimiento a los cuales están suscritas las áreas elegidas como representativas de *Nothofagus alpina*, se traslaparon ambas coberturas. El trabajo de selección y caracterización de los sitios fue efectuado por el mismo autor principal de los trabajos mencionados. Las áreas con raulí de la Cordillera de la Costa no fueron consideradas en la selección de sitios, debido a que las poblaciones principales se encuentran en la Cordillera de los Andes y a que los sitios de la Cordillera de la Costa son de menor interés productivo para la especie.

La descripción de los sitios de cada ensayo es la siguiente (Schlatter y Steuer, 2005):

Ensayo RF Malleco: Ladera alta a media, en loma con exposición Sur, a 980 msnm., con 40 a 50 % de pendiente, convexa pero con contorno recto (levemente convexo). El suelo pertenece a la serie Santa Bárbara, es de cenizas volcánicas modernas, con presencia de pumicita. El drenaje es rápido y las raíces se extienden por sobre los 100 cm. El sitio presenta un estrato arbóreo dominante de raulí, originado por rebrote, y coigüe, y codominante de tepa y avellanillo. El bosque es bastante abierto y fue afectado por sucesivos incendios, además de una intensa explotación maderera. Presenta una precipitación entre 2.500 y 3.000 mm anuales.

Ensayo Molulco: Ladera media, de exposición Sur, colindante a un escarpe rocoso, dentro de una colina, con elevación de 800 msnm. La ladera es recta a cóncava y su contorno cóncavo a recto. El suelo pertenece a la serie Huerere, es de cenizas volcánicas, las que cubren un suelo enterrado, presenta una capa de pumicita delgada dentro del perfil. Las raíces se extienden por sobre los 100 cm, pero la principal masa se presenta hasta los 90 cm, el drenaje interno es rápido. El sitio está cubierto de un renoval abierto, con un estrato dominante de roble y raulí, y como acompañantes

tepa y lleuque. El área ha sido intervenida para pastoreo de ganado. Presenta una precipitación aproximada de 3.000 mm anuales.

Ensayo Remeco: Ladera baja en sector de colinas, con exposición Oeste y elevación de 870 msnm. La pendiente es de 35 %, recta a cóncava con contorno levemente convexo. El suelo está en la transición entre las series Liquiñe y Ralún, es de cenizas volcánicas estratificadas, con presencia de pumicita. Las raíces se extienden por sobre los 150 cm, su drenaje interno es rápido a moderado. Se encuentra alejado del efecto inmediato del volcán Choshuenco, lo que explica el predominio de cenizas y arenas pumicíticas y la ausencia de escorias volcánicas. El estrato arbóreo remanente lo conforman coigüe y raulí, como dominantes, y tepa y mañío, como codominantes, en un bosque muy floreado e invadido por coligüe. La precipitación media anual es superior a los 4.000 mm.

Los tres ensayos poseen el mismo diseño experimental. Corresponden a plantaciones establecidas con réplicas micropropagadas de árboles plus (clones), distribuidas en cuatro bloques al azar, dentro de los cuales cada clon se representa por una parcela lineal de seis plantas (rametos). Cada ensayo comprende del orden de 20 clones representado por 6 rametos en cada uno de sus cuatro bloques. Como testigos se consideran 4 lotes de plantas de raulí originadas de semillas. La descripción del material genético considerado en cada ensayo se detalla en el Cuadro N° 2 (Gutiérrez *et al.*, 2005).

Cada clon considerado en los ensayos corresponde a un árbol único, identificado mediante un código que le fue asignado al momento de su selección y que se ha mantenido hasta la fecha, permitiendo conocer con precisión el origen de cada una de las plantas producidas y representadas en los ensayos clonales.

La medición, correspondiente al tercer año de establecidos los ensayos, se digitó para construir una base de datos en que se registró la identificación y procedencia de cada clon junto con información de su crecimiento en altura, supervivencia y estado de las plantas. La base de datos de cada ensayo se evaluó en forma individual y también las tres en forma conjunta. Se efectuó análisis de varianza y prueba de comparaciones múltiples de medias (Scott y Knott, $\alpha = 0,05$) para las variables altura y supervivencia, utilizando el programa estadístico InfoStat, agrupando la información tanto por clon como por origen (procedencia).

Cuadro N° 2
MATERIAL GENÉTICO CONSIDERADO EN LOS TRES ENSAYOS CLONALES DE RAULÍ

Código Clon	Origen	Identificación De terreno	Ensayos		
			RF Malleco	Molulco	Remeco
3	Melipeuco	Melipeuco 3	X		X
7	Melipeuco	Melipeuco 8	X	X	X
12	Jauja	Jauja 7	X	X	X
23	Voipir	Voipir 2	X	X	X
33	Neltume	Neltume 14	X	X	X
37	Victoria	San Gregorio 1	X	X	X
38	Victoria	San Gregorio 2	X	X	X
40	Victoria	San Gregorio 5	X	X	X
43	Victoria	San Gregorio 11	X	X	X
44	Lastarria	Lastarria 1	X	X	X
53	Melipeuco	Melipeuco 15	X	X	X
58	Melipeuco	Melipeuco 20	X	X	X
66	Arquihue	Arquihue 4	X	X	X
88	Curacautín	Sta. Emilia 34	X	X	X
98	Curacautín	Manzanar 46		X	
120	HSC Huillilemu	Huillilemu clon 23	X	X	X
121	HSC Huillilemu	Huillilemu clon 24	X	X	X
131	HSC Huillilemu	Huillilemu clon 37	X	X	X
132	HSC Huillilemu	Huillilemu clon 38	X	X	X
138	HSC Huillilemu	Huillilemu clon 53	X	X	X
141	HSC Huillilemu	Huillilemu clon 40	X	X	X
T1	Plantas de semilla CEFOR		X	X	X
T2	Plantas de semilla INFOR		X	X	
T3	Plantas de semilla INFOR con <i>Morchella</i> sp.			X	
T4	Plantas de semilla de vivero comercial		X	X	X

Para efecto de determinar las medias de supervivencia se consideró a todas las plantas vivas, independiente de su estado, mientras que para determinar las medias de altura las bases de datos fueron depuradas usando la información de estado, para eliminar del promedio a las plantas dañadas (ápice seco, quebradas, ramoneadas, rebrotes, etc.).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Cuadro N° 3 resume los resultados de altura y supervivencia por ensayo, desprendiéndose como primera observación el estadísticamente significativo menor crecimiento en altura experimentado por el ensayo de la Reserva Forestal Malleco, el que a su vez obtiene el mayor valor de supervivencia y de plantas dañadas.

Cuadro N° 3
RESULTADOS GENERALES DE ALTURA Y SUPERVIVENCIA POR ENSAYO

Ensayo	Altura (cm)	Supervivencia (%)	Plantas dañadas (%)
Remeco	102,36	70,5	7,0
Molulco	101,41	75,7	4,9
RF Malleco	59,51	83,7	10,3
PROMEDIO	86,77	76,6	7.4

Al evaluar los ensayos en forma individual se observa que en todos ellos existen diferencias estadísticamente significativas entre los valores de altura alcanzados por cada clon (Cuadro N° 4) y origen de los mismos (Cuadro N° 5).

Cuadro N° 4
DESEMPEÑO A NIVEL DE CLONES EN CADA UNO DE LOS ENSAYOS EVALUADOS

RF Malleco				Molulco				Remeco			
Clon	Altura (cm)	(*)	Sup (%)	Clon	Altura (cm)	(*)	Sup (%)	Clon	Altura (cm)	(*)	Sup (%)
7	91,76	A	91,7	T4	137,50	A	8,3	7	118,53	A	83,3
12	75,72	B	79,2	98	136,79	A	100,0	40	118,40	A	91,7
44	72,11	B	100,0	37	134,35	A	79,2	58	117,68	A	70,8
38	70,56	B	83,3	38	120,09	B	83,3	132	116,77	A	95,8
T4	68,79	B	54,2	23	119,53	B	87,5	23	114,36	A	66,7
37	67,06	B	100,0	58	114,90	B	87,5	12	112,58	A	29,2
131	64,22	B	95,8	43	114,46	B	87,5	33	109,37	A	62,5
3	64,14	B	75,0	66	113,70	B	79,2	53	105,75	A	50,0
121	60,57	C	95,8	138	111,32	B	95,8	3	104,02	A	50,0
58	58,89	C	79,2	132	111,02	B	79,2	43	103,44	A	79,2
53	58,11	C	61,1	121	110,81	B	83,3	141	101,68	A	83,3
23	57,66	C	95,8	7	109,89	B	91,7	38	100,49	A	62,5
T1	56,77	C	45,8	33	107,49	B	83,3	131	99,93	A	83,3
88	55,16	C	91,7	131	104,01	B	75,0	37	99,77	A	83,3
141	52,98	C	91,7	12	96,46	C	45,8	138	99,77	A	95,8
T2	52,15	C	70,8	88	94,66	C	66,7	88	99,59	A	20,8
40	51,98	C	100,0	141	92,20	C	83,3	44	94,88	B	58,3
120	51,13	C	100,0	T1	91,67	C	79,2	120	94,42	B	91,7
132	51,13	C	95,8	53	88,14	C	66,7	66	91,77	B	95,8
43	49,98	C	91,7	40	85,55	C	79,2	121	91,64	B	83,3
66	49,05	C	79,2	120	75,89	D	79,2	T4	80,67	B	29,2
138	43,70	C	91,7	44	72,10	D	58,3	T1	77,96	B	75,0
33	41,63	C	83,3	T3	57,97	D	79,2				
				T2	52,78	D	70,8				
Promedio	59,51		83,7		101,41		75,7		102,36		70,5

(*): Letras distintas en la misma columna indican diferencias estadísticamente significativas ($\alpha = 0,05$)

Cuadro N° 5
DESEMPEÑO A NIVEL DE PROCEDENCIAS EN CADA UNO DE LOS ENSAYOS
EVALUADOS

Procedencias	RF Malleco			Molulco			Remeco		
	Altura (cm)	(*)	Sup (%)	Altura (cm)	(*)	Sup (%)	Altura (cm)	(*)	Sup (%)
Arquihue	49,05	B	79,2	113,7	A	79,2	91,77	B	95,8
Curacautín	55,16	B	91,7	112,72	A	81,0	99,59	A	20,8
HSC Huillilemu	53,96	B	95,1	100,87	B	82,6	100,7	A	88,9
Jauja	75,72	A	79,2	96,46	B	45,8	112,58	A	29,2
Lastarria	72,11	A	100,0	72,1	C	58,3	94,88	A	58,3
Melipeuco	68,9	A	77,8	104,31	B	81,9	111,5	A	63,5
Neltume	41,63	B	83,3	107,49	B	83,3	109,37	A	62,5
Victoria	59,9	B	93,8	113,61	A	82,3	105,53	A	79,2
Voipir	57,66	B	95,8	119,53	A	87,5	114,36	A	66,7
Testigos	59,88	B	54,2	72,86	C	59,4	79,12	B	63,5
Promedio	59,51		83,7	101,41		75,7	102,36		70,5

(*): Letras distintas en la misma columna indican diferencias estadísticamente significativas ($\alpha = 0,05$)

Del cuadro 5 se desprende que el desempeño de los clones es superior al de los testigos de semillas, los cuales alcanzan las menores alturas en los ensayos de Molulco y Remeco y alturas intermedias en el ensayo de la Reserva Forestal Malleco. Como situación excepcional se observa que el testigo T4 presenta la mayor altura promedio en el ensayo de Molulco, pero se trata de unas pocas plantas individuales de gran tamaño inicial al momento de establecer el ensayo, las cuales en su conjunto exhiben una supervivencia tan baja (8,4%) que no las hace aconsejables como material de plantación.

El hecho de que los clones de mejor desempeño en cada ensayo sean distintos, sugiere la existencia de interacción genotipo-ambiente. Esta condición puede visualizarse al comparar el ordenamiento o ranking de los clones comunes en los tres ensayos (Figura N° 1), si el ordenamiento fuese similar las líneas tendrían tendencia a ser similares también, lo que indicaría que no existe interacción genotipo-ambiente y que los clones con mejor desempeño en un sitio determinado, también estarían entre los mejores en los sitios restantes. No obstante la situación observada es muy heterogénea, por lo mismo, para cada sitio se debe privilegiar un conjunto de clones específicos.

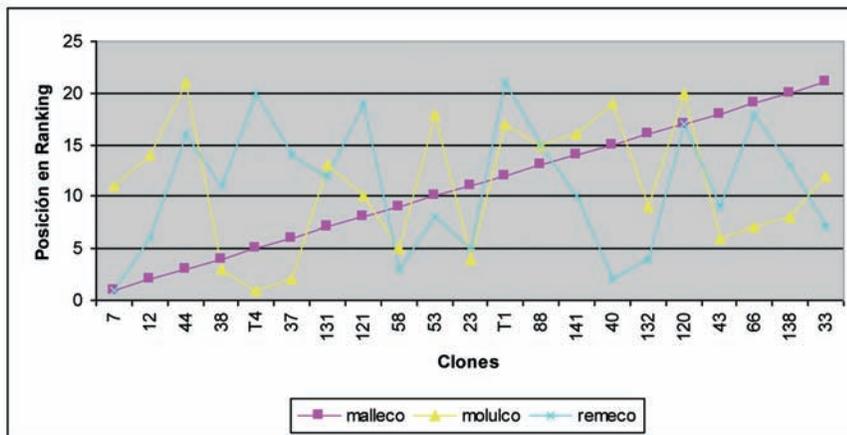


Figura N° 1

COMPARACIÓN DE LOS RANKINGS CLONALES EN LOS TRES ENSAYOS EVALUADOS

Tal situación también se corrobora en la matriz de correlación de alturas por clon entre pares de ensayos (Cuadro N° 6). En la medida que la correlación es positiva y alta no existe interacción genotipo ambiente y los mismos clones son los mejores en todos los sitios. Sin embargo, en la situación observada las correlaciones son bajas, sugiriendo precisamente lo contrario y confirmando la necesidad de usar clones distintos en cada área geográfica representada por los ensayos.

Cuadro N° 6

MATRIZ DE CORRELACIÓN DE ALTURAS ENTRE PARES DE ENSAYOS

	RF Malleco	Molulco	Remeco
RF Malleco	1	0,11	0,08
Molulco	-	1	-0,02
Remeco	-	-	1

La existencia de interacción genotipo-ambiente alerta respecto a la inconveniencia de tomar decisiones en base al análisis conjunto o simultáneo de los tres ensayos. Este enfoque, si bien orienta respecto al desempeño relativo medio de los clones evaluados, no permite discriminar cuales son los mejores en cada situación y resulta de interés solo cuando tal interacción no se manifiesta. Por lo mismo el análisis conjunto de los ensayos no se presenta en este documento

En consecuencia, considerando que los sitios ensayados representan tres niveles latitudinales de la distribución natural de raulí en la Cordillera de los Andes, sobre los 800 msnm, el análisis efectuado permite sugerir que en las áreas geográficas comprendidas de norte a sur por las provincias de Malleco, Cautín y Valdivia, los clones más apropiados son los indicados en el Cuadro N° 7.

Cuadro N° 7
CLONES Y PROCEDENCIAS DE MEJOR DESEMPEÑO
PARA PLANTAR RAULÍ EN DISTINTAS ÁREAS GEOGRÁFICA DE SU DISTRIBUCIÓN
NATURAL

Área geográfica	Clones
Malleco	7, 12, 44, 38
Cautín	98, 37, 38, 23
Valdivia	7, 40, 58, 132

La sugerencia anterior debe ser considerada como preliminar por cuanto el estado de desarrollo de las plantas aún es demasiado incipiente como para hacer recomendaciones definitivas. Lo mismo puede afirmarse respecto a las procedencias de mejor desempeño, resultando una medida prudente privilegiar el uso de material genético seleccionado en procedencias locales para establecer las plantaciones en cada sitio. Efectivamente, las procedencias locales, Jauja en el ensayo de la RF Malleco, y Neltume en el ensayo Remeco, se encuentran entre las de mejor desempeño en sus respectivos ensayos. Sólo en la plantación de Molulco, la procedencia local (Melipeuco) conforma un grupo cuyo comportamiento es inferior al de las mejores procedencias de ese ensayo.

CONCLUSIONES

Plantas micropropagadas provenientes de árboles *plus* de raulí evidencian un mejor comportamiento inicial en terreno que otras generadas a partir de semilla comercial, sugiriéndose que esta diferencia obedece al origen genético del material clonal, más que a la forma de producción de las plantas.

Existen evidencias de interacción genotipo ambiente que aconsejan no usar los mismos clones para distintas condiciones de plantación, privilegiándose en cada caso a los que exhiben el mejor desarrollo en cada zona evaluada.

En términos del origen geográfico de los clones evaluados, se sugiere la utilización de procedencias locales mientras no se cuente con información definitiva, obtenida de evaluaciones efectuadas a edades más avanzadas, que permita confirmar el mejor comportamiento de procedencias individuales en cada zona de plantación.

REFERENCIAS

Gutiérrez, B.; Bello, A. y Navarrete, M., 2005. Manual de ensayos clonales de raulí. Documento del proyecto FDI 00C7FT-12: "Silvicultura Clonal en Raulí para Aumentar la Productividad de Sitios Forestales en la IX y X Regiones del País". INFOR. 44p.

Schlatter, J.E.; Gerding, V. y Adriaola, J., 1994. Sistema de ordenamiento de la tierra. Herramienta para la planificación forestal aplicado a las regiones VII, VIII y IX. Serie Técnica, Fac. Cs. For., Univ. Austral de Chile, Valdivia, Chile. 114 p.

Schlatter, J.E.; Gerding, V. y Huber, H., 1995. Sistema de ordenamiento de la tierra. Herramienta para la planificación forestal aplicado a la X Región. Serie Técnica, Fac. Cs. For., Univ. Austral de Chile, Valdivia, Chile. 93 p.

Schlatter, J.E. y Gerding, V., 1995. Método de clasificación de sitios para la producción forestal, ejemplo en Chile. Bosque 16(2): 13 – 20.

Schlatter, J. y Steuer, H., 2005. Selección de sitios para el establecimiento de ensayos clonales de raulí. En: Gutiérrez, B.; Ortiz, O. y Molina, M. (editores). 2005. Clonación de raulí: Estado actual y perspectivas. INFOR-CEFOR-UACH. Concepción, Chile. Pp: 75-103.