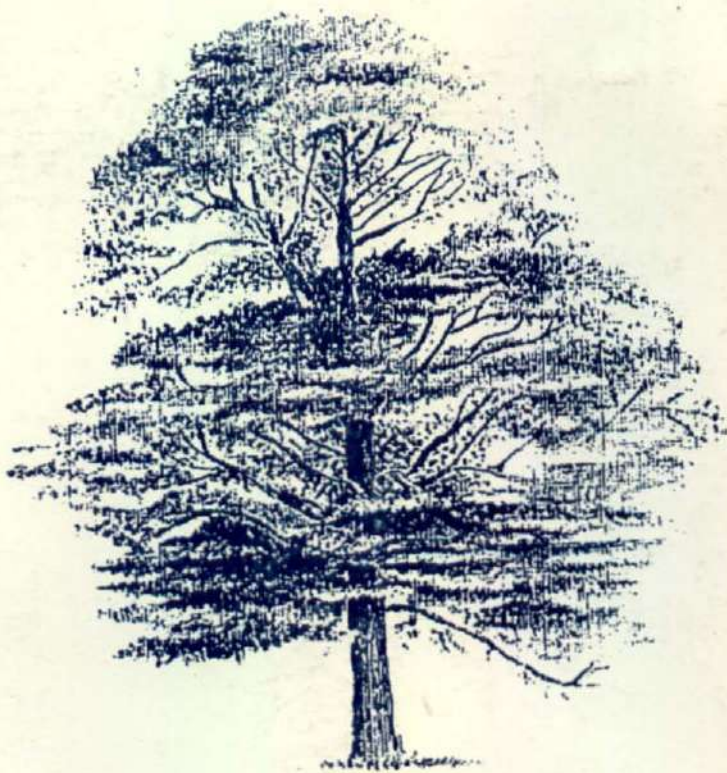


Volumen 11 Nos. 1 y 2  
Diciembre de 1997

ISSN 0716-5994

# Ciencia e Investigación Forestal



**INFOR**  
*Instituto Forestal*



ISSN 0716 - 5994

**VOLUMEN 11 N<sup>os</sup> 1 y 2**

**CIENCIA  
E  
INVESTIGACIÓN  
FORESTAL**

**DICIEMBRE 1997**

Propiedad Intelectual  
Registro N° 109.788

**INSTITUTO FORESTAL CHILE**



**CIENCIA E INVESTIGACIÓN FORESTAL, es una revista  
técnico-científica del Instituto Forestal,  
que se publica en junio y diciembre de cada año.  
ISSN 0716 - 5994**

- Director** : Gonzalo Paredes Veloso
- Editor** : Alfredo López Vega
- Consejo Editor** : Susana Benedetti Ruiz Ignacio Cerda Vargas  
Sandra Perret Durán Alonso Quezada Fonseca
- Editores Asociados** : José Antonio Prado Manuel Ortiz  
Antonio Vita Vicente Pérez  
Claudio Donoso Roland Peters  
Bertram Husch Juan Schlatter  
Roberto Melo Derek Webb  
Harald Schmidt Roy Wotherspoon  
María Paz Molina
- Dirección Postal** : Instituto Forestal  
Huérfanos 554, Casilla 3085, Santiago / CHILE.  
Teléfono: (56-2) 693 0700 Fax: (56-2) 638 1286  
Email: alopez@infor.cl  
Sitio Web: www.infor.cl

---

El valor de la suscripción anual, que consta de dos números, vigente a partir del segundo semestre de 1997, es de \$19.100, de \$9.500 para estudiantes y de US \$75 para el extranjero, incluido el costo de envío. Cada número tiene un valor de \$10.000, \$5.000 para estudiantes y US \$38, incluido costo de envío, para el extranjero.

La revista no se responsabiliza por los conceptos, afirmaciones u opiniones vertidas por los autores de las contribuciones publicadas.

Se autoriza la reproducción parcial de la información contenida en la publicación, sin previa consulta, siempre que se cite como fuente a Ciencia e Investigación Forestal (INFOR - Chile).





# MEJORA GENÉTICA DE ESPECIES DE NOTHOFAGUS DE INTERÉS ECONÓMICO. PRINCIPIOS BÁSICOS. Roberto Ipinza C., Dr. Ingeniero de Montes. Universidad Austral, Instituto de Silvicultura, Casilla 567, Valdivia. Chile.

## RESUMEN

*El presente artículo pretende dar un marco conceptual para abordar la mejora genética de especies nativas en Chile. Se plantea que dado el desconocimiento de la estructura genética de las poblaciones nativas es necesario abordar el mejoramiento genético bajo un ciclo de selección recurrente, pero que estructure fuertemente la población base de forma de optimizar la probabilidad de capturar alelos útiles.*

**Palabras claves:** estrategia, ciclo de mejora, roble, raulí

## ABSTRACT

*The present article pretends to give a conceptual frame to face the genetic improvement of native species in Chile. Due to the lack of knowledge in the genetic structure of the native species it is proposed to face the genetic improvement necessarily under a recurrent selection cycle, but it needs a base population strongly structured in order to optimize the probability to capture useful alleles.*

**Keywords:** Strategies, improvement cycle, roble, rauli

## INTRODUCCIÓN

Muchos forestales, ecólogos y mejoradores piensan que la manipulación genética es un fenómeno nuevo en la silvicultura y en realidad es “tan viejo como el hilo negro”, en sus aspectos más básicos se ha utilizado desde la época de los romanos. En realidad el silvicultor siempre ha sido un genetista, él ha colectado semilla de árboles semilleros y luego ha sembrado la semilla y las plantas las ha colocado en lugares específicos. A través del raleo ha favorecido a ciertos árboles en detrimento de otros. El silvicultor continuamente ejerce un control genético sobre los árboles, decidiendo donde colectar la semilla, donde plantar los árboles, y qué árboles. La idea de selección está íntimamente ligada a las prácticas básicas de manejo forestal. El mejorador genético ha acelerado el proceso haciéndolo más eficiente y efectivo.

La mejora o el mejoramiento genético es un arte que se ha formalizado sólo este último decenio. Hoy se reconoce como parte integrante de la silvicultura y, de acuerdo a la intensidad con que se aplique, le confiere a esta última un dinamismo de inusitadas consecuencias económicas. Esta connotación hace que juegue un doble papel dentro del ciclo económico, por un lado la silvicultura al servicio de los aspectos industriales y de mercado, y por otro la creciente necesidad de conservación, fundamentalmente, para masificar las denominadas “ganancias genéticas”.

Los proyectos de mejora genética muestran interesantes niveles de rentabilidad. En Chile, a modo de ejemplo: el proyecto de la Cooperativa de Mejoramiento Genético sobre propagación clonal exhibe una tasa interna de retorno (TIR) que fluctúa de 24 a 39%, de acuerdo a escenarios pesimista y optimista, respectivamente. De la misma forma, el proyecto FONDEF del Instituto Forestal sobre “Mejora genética de los eucaliptos en Chile”, exhibe una TIR que alcanza al 40%. Por último, existe consenso a nivel mundial entre muchos especialistas, que basta un incremento del 4% por concepto de ganancias genéticas para cubrir los costos de un programa de mejoramiento genético.

El proyecto de mejoramiento genético de especies de *Nothofagus* de interés económico tiene una duración de tres años, tiempo totalmente insuficiente para llevar a cabo un programa de mejora, incluso en especies de rápido crecimiento. No obstante, dicho proyecto permitirá establecer las bases del programa de mejoramiento de dos especies: *Nothofagus alpina* y *N. obliqua*, dando énfasis a los aspectos de corto plazo que incluye básicamente áreas productoras de semillas, huertos semilleros, ensayos de progenies, ensayos de procedencias y una estrategia de mejora que se presentará en un documento que incluye un detallado cronograma de acción. Este proyecto es patrocinado por FONDEF y cuenta con la participación de la UNIVERSIDAD AUSTRAL, el INSTITUTO FORESTAL, la CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL y las principales EMPRESAS FORESTALES.

Aunque la estrategia futura aún no está formalmente escrita se quiere esbozar los elementos estructurales sobre los cuales ésta se desarrollará; que aseguren que al seguir el programa se obtendrán ganancias en volumen en el corto, mediano y largo plazo. La intensidad y diseño de un programa de mejoramiento genético dependerá, básicamente, de la existencia de variabilidad genética, de la biología reproductiva, metas que trace la organización, intensidad del manejo forestal y del valor comercial de la madera de las especies de *Nothofagus*.

El programa de mejora protege el potencial evolutivo de las especies, ya que el mejorador requiere ganancias hoy y mañana. Éstas se logran a través de un ciclo de selección recurrente y una estructuración de la población base, población seleccionada, población de producción, población de mejoramiento y pruebas genéticas, tal como es indicado por White (1987). De esta forma el mejorador se convierte en el mayor interesado en la conservación genética, la cual realiza a través de una mejora genética selectiva sobre una población al menos, y preferiblemente sobre muchas. Ese programa incluye también la conservación de múltiples poblaciones, independiente que la ordenación no sea viable mediante la intervención directa.

El objetivo comercial del mejoramiento genético es producir un genotipo, o conjunto de ellos, que genere un rendimiento económico bastante más elevado y seguro que el inicial.

## MEJORA GENÉTICA

El procedimiento práctico se inicia con la selección de un número de árboles denominados *plus* que varían de 20 a 300 individuos a partir de poblaciones que suelen estar compuestas por varios miles de individuos. La mejora en cuanto a rendimiento volumétrico depende de muchos loci génicos diferentes o posiciones lineales o puntos ordenados ocupados por genes en un cromosoma. Para cada locus pueden existir múltiples variantes alélicas de un gen dado. La mejora cuantitativa del rendimiento maderero de una especie es consecuencia de una acumulación de alelos que favorecen esa característica; dichos alelos pueden ocupar muchos loci diferentes. En árboles forestales, para los que es difícil definir los efectos de un gen determinado, puede ser en general necesario tratar la herencia como fenómeno cuantitativo. En todo caso es un hecho irrefutable que una selección cuidadosa da como resultado un mejoramiento heredado en la generación siguiente. Debido a esto mucha de la investigación en materia de mejoramiento genético de árboles, se ha centrado en obtener estimaciones precisas e insesgadas de la calidad genética de los progenitores potenciales. En la primera generación se seleccionan frecuentemente varias poblaciones de origen, y las mejores se someten a una selección inicial.



## ¿Cómo Opera el Mejoramiento Genético?

En la Figura 1 se ilustra el modelo básico de un ciclo completo de selección recurrente (SR).

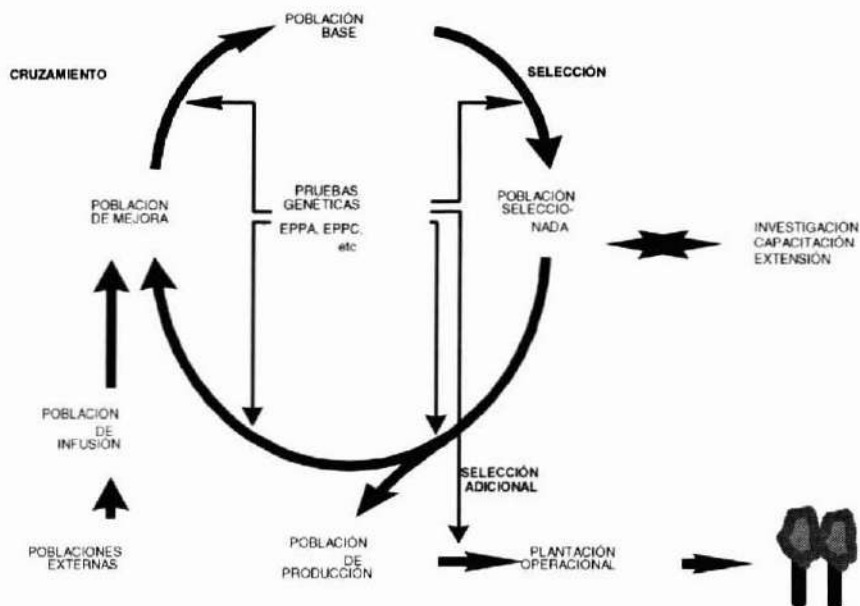


Figura 1. CICLO DE MEJORA GENÉTICA

Para un rasgo de interés económico tal como es la rectitud, la mejora genética se alcanza cuando se aumenta la frecuencia de alelos favorables en la porción seleccionada de la población. Lo que implica que si se seleccionaron árboles de gran rectitud y esa característica tiene un cierto nivel de control genético, como realmente la tiene, se habrán concentrado árboles de mayor volumen aserrable en la población seleccionada, cuyo promedio será mayor al promedio de la población donde se realizó la selección. La efectividad depende de la intensidad de selección y del control genético que se tenga de este rasgo. Ambos son directamente proporcionales, es decir, a mayor intensidad de selección y mayor control genético, mayor es la efectividad de la selección.

Los árboles seleccionados se cruzan para inducir a la recombinación genética. La descendencia de dos árboles superiores no necesariamente será superior debido a la aleatoriedad de la recombinación genética durante la reproducción sexual. Durante este proceso, se origina una importante variación, lo que sumado a las diferencias de micrositios en que pueden habitar los árboles se produce una sustancial variabilidad fenotípica entre la descendencia. No obstante la teoría genética sugiere que si dos progenitores tienen un alto valor genético, es muy probable que se logre transmitir a la progenie dichas características y en especial si estas características son heredables.

Para la siguiente generación se tendrá que volver a seleccionar fenotipos superiores y, si nuevamente la selección es efectiva, entonces la selección de segunda generación contendrá una aún mejor frecuencia de alelos que la primera generación. La diferencia entre ambas generaciones se expresa en términos de ganancias genéticas, las que medirán el éxito del mejoramiento genético. Entonces, de acuerdo a esto, en la primera generación se tendrá mayores ganancias genéticas, las que se incrementarán en la segunda generación, con respecto a la primera.

Los programas de mejoramiento genético pueden exhibir muchas diferencias entre sí, producto de distintas estrategias, lo que conlleva a distintas actividades, énfasis, ritmos, etc. Pero todos ellos presentan una estructura en común denominada "Ciclo de Mejoramiento", tal como se observa en la Figura 1 (White, 1987).

El "Ciclo de Mejoramiento", es una simplificación de un programa de mejoramiento genético. Las actividades que conducen a los programas aplicados forman distintas poblaciones tipo. Éstas pueden tener la misma localización para cumplir dos papeles conceptualmente distintos.

### ¿Cuál es la Estructura del "Ciclo de Mejoramiento"?

En la Figura 1, se muestran los componentes y actividades, principalmente, del "ciclo de mejoramiento". Un ciclo de mejoramiento se completa en una generación de mejoramiento. Las poblaciones tipo en el ciclo de mejoramiento son las siguientes:

- Población base
- Población seleccionada
- Población de mejora

Estas poblaciones se forman en cada generación desde las poblaciones tipos precedentes. Por ejemplo, la población "seleccionada" es formada desde la población "base", a través de la actividad de selección. Las poblaciones periféricas al "ciclo de mejora", tales como la población de producción y de infusión no necesariamente tienen que ser creadas en cada generación. En agricultura, en ocasiones para alcanzar una población de producción, transcurren varios ciclos de mejora (generaciones).

Por otro lado, la separación de la población de producción del cuerpo principal del ciclo de mejoramiento obedece a razones conceptuales. El ciclo de mejoramiento (población: base, seleccionada y de mejora), tienen como función verificar las ganancias genéticas y mantener la diversidad genética para las actuales y futuras generaciones de mejora.

Las pruebas genéticas, aunque costosas, son una parte importante del ciclo de mejoramiento ya que proveen de información necesaria para una efectiva toma de decisiones.

### Población Base

Por definición, corresponde a un grupo de individuos a la cual se le aplica mejoramiento genético, es la población fundacional. A partir de todos los individuos disponibles para la selección se desarrollará una población mejorada.

La unidad o área geográfica para la cual se desarrolla una variedad mejorada, se denomina unidad de mejora. Cada unidad de mejora tiene un programa de mejora distinto, con su propia población: base, seleccionada, de mejora y de producción. A este respecto, existen dos decisiones críticas; primero definir la población base y los límites de la unidad de mejora.

Una población base de primera generación se encuentra conformada por varios millones de individuos y con una inmensa variabilidad genética. Una población base de generación avanzada consiste de árboles mejorados genéticamente y que crecen en los ensayos genéticos, además, a estos árboles se les conocerá el pedigrí, es decir, su origen geográfico, historia, progenitores y ancestros.

### Población Seleccionada

El ciclo de mejora comienza en cada generación con la selección desde la población base de árboles superiores. En un programa de primera generación, la selección es normalmente masal, es decir, realizada a partir de poblaciones no mejoradas (plantaciones de una raza local, renovales y bosques naturales). En programas de generación avanzada, los árboles superiores se seleccionan de acuerdo: al desempeño individual y de sus progenitores y parientes.

Si la selección se realiza en forma rigurosa, se espera obtener importantes ganancias genéticas. La descendencia de los árboles seleccionados, será genéticamente superior a la progenie de los árboles de la población base.

Los criterios de selección son fundamentales y, por esta razón, el proyecto **UACH/INFOR/CONAF/EMPRESAS-FORESTALES/FONDEF** ha establecido una rigurosa metodología de selección, que asegura la superioridad de los árboles



seleccionados. En estos momentos la intensidad de selección es de aproximadamente 1 árbol cada 10 hectáreas visitadas.

La edad de selección es otro factor que cambia, de acuerdo a la generación y al objetivo de mejora. Se considera que la selección debe realizarse, al menos, cuando los individuos pasen el 50% de la edad de la rotación. En generaciones posteriores, cuando se conoce el pedigrí de los árboles, la edad de selección puede disminuir.

La población seleccionada es un subconjunto de la población base, conceptualmente, es una porción de la población base que es elegida para llevar a cabo el "ciclo de mejoramiento". Los individuos seleccionados se transportan, usualmente, a través de injertos y se almacenan en bancos clonales. En este lugar se realiza un manejo intensivo de la floración para propósito de mejoramiento.

### Población de Producción

Para una generación dada, la población está compuesta por algunos o toda la población seleccionada. La función de la población de producción es producir descendencia genéticamente mejorada para plantaciones operacionales.

Los huertos semilleros clonales y las áreas de multiplicación clonal y familiar a través de setos constituyen los tipos más usados de poblaciones de producción, aunque existen otras alternativas para obtener material para plantaciones operativas.

- Semilla de polinización abierta colectada de individuos de la población base.
- Semilla de huertos semilleros de semillas o plántulas establecidas con la descendencia de la población seleccionada.
- Plántulas originadas de cultivo de tejido.
- Estaquillas de individuos de la población seleccionada.

La población de producción se puede depurar (raleo genético) con la información de las pruebas de progeñe, evitando que descendencia de individuos genéticamente inferiores llegue a plantaciones operacionales. Esto se alcanza a través de dos vías:

- Depuración de los huertos semilleros
- Creación de huertos semilleros de generación 1,5

### Población de Mejora

Para una generación determinada, algunos o todos los individuos de la población seleccionada se incluyen en la población de mejora. El objetivo de la población de mejora es crear la población base de la siguiente generación. Esto se alcanza al inducir la recombinación de genes entre genotipos superiores, la progeñe resultante se establece en



pruebas genéticas. Una vez que la nueva población base se ha creado, comienza un ciclo completo de mejora, nuevamente.

Es importante destacar el papel que cumplen las pruebas genéticas para ordenar (ranking) los individuos seleccionados e incluirlos en la población de mejora. En programas de generación avanzadas, los cruzamientos se inician después de la selección desde la población base y no hay tiempo suficiente para acopiar información acerca de la población seleccionada. En este caso, todos los individuos de la población seleccionada son incluidos en la población de mejoramiento y, por lo tanto, la población seleccionada y la de mejora son idénticas.

### Infusiones desde Poblaciones Externas

Los programas de mejoramiento, normalmente y en forma periódica, incluyen árboles desde fuentes externas a la población de mejoramiento. Las fuentes más comunes son las siguientes:

- Selección continua.
- Individuos probados (élite) de poblaciones de mejora de otras áreas fisiográficas.
- Cruces para mejorar la rapidez de crecimiento en genotipos resistentes a heladas.
- Híbridos interespecíficos (resistentes a plagas).

Este tipo de conclusiones pueden ampliarnos la base genética y permitir así una intensa selección en generaciones futuras para un nivel determinado de endogamia (cruzamiento entre individuos emparentados).

### Pruebas Genéticas

En términos generales, una prueba genética es una plantación diseñada a partir de la descendencia de una de las poblaciones tipos (población base, población seleccionada y población de mejora) del ciclo de mejoramiento. Dependiendo del papel en el ciclo de mejora, puede denominarse ensayo de progenie, población base, ensayo de producción o investigación experimental y, de acuerdo a su localización, éstas pueden ubicarse en el terreno, vivero, invernadero o cámara de enfriamiento.

Los objetivos de las pruebas genéticas, de acuerdo a su función en el ciclo de mejora, son las siguientes:

- A. Ensayo de progenie, es definido como una prueba para estimar el valor de un genotipo, de acuerdo al desempeño de su progenie. Las pruebas de progenie sirven en diferentes etapas del ciclo de mejoramiento (Figura 1). Un programa de mejoramiento cumple varias funciones, entre ellas:

- a) Eliminar individuos de bajo valor genético. Los ensayos genéticos permiten excluir árboles de bajo valor genético en la población de producción. Esto permite mejorar la calidad genética de los propágulos producidos en la población de producción.
  - b) Conocer el valor relativo de los miembros de la población de producción para elegir la mejor semilla para sitios específicos.
  - c) Subir el nivel de los integrantes de la población de mejora. Al excluir los individuos seleccionados de bajo nivel en la población de mejora, se está evitando que estos genes participen en las subsecuentes poblaciones bases.
  - d) Mejora la eficiencia del diseño de cruzamientos.
  - e) Mejora la eficiencia de la selección de futuras poblaciones bases.
- B. Evaluación de la descendencia de cruzamientos. Después de completar el cruzamiento entre los miembros de la población de mejora, la progenie se planta en terreno para evaluar qué árboles específicos parecen ser superiores. Estas pruebas genéticas constituyen la población base, para iniciar un nuevo ciclo de selección y mejoramiento.
- C. Definir la arquitectura genética. Para realizar esta tarea, es necesario definir la cantidad relativa o absoluta de la variación genética, debido a: origen geográfico de la semilla, aptitud combinatoria general y específica, interacción genotipo - ambiente y relaciones entre juvenil - adulto.
- D. Evaluar la inclusión de individuos de poblaciones externas.
- E. Evaluación de las ganancias obtenidas.

## GENERACIONES AVANZADAS

En las generaciones avanzadas la población utilizada para la reproducción prácticamente se estabiliza. Aunque las primeras selecciones sean numerosas, es ingenuo suponer que la población efectiva (número de individuos no emparentados) seguirá siendo grande. Por lo general, es previsible que el mejoramiento comercial reducirá drásticamente el tamaño de la población efectiva. Incluso si se trata de mantener una población base amplia, un mejorador o genetista forestal que trabaje con fines comerciales puede decidir que los beneficios inmediatos (utilizando, por ejemplo, los cinco mejores progenitores en lugar de 10 a 20) compensan los riesgos a largo plazo que entraña la reducción de la varianza genética. Esto es cierto tanto en el caso de los programas de selección recurrente simple y en los programas de selección recurrente de híbridos o recurrente recíproca.

La reducción del tamaño de las poblaciones, unida a la depresión endogámica, es decir la pérdida de crecimiento por endogamia, causa una pérdida de la variabilidad genética, y por consiguiente de la capacidad para responder a cambios en los objetivos de la selección, que a su vez dependen de cambios en los objetivos económicos o empresariales, o de cambios necesarios para una adaptabilidad ecológica. La reducción del tamaño de la población efectiva también reduce la capacidad de las poblaciones para responder acumulativamente a las reiteradas presiones de selección. El problema parece menos grave que cuando se aplica una nueva selección a un rasgo totalmente independiente. La pérdida de variación genética impide también la selección en función de genes que determinen rasgos cualitativos si la población seleccionada utilizada para la reproducción los ha perdido, e impide la posibilidad de una selección en busca de nuevas funciones de respuesta al medio ambiente o de resistencia al mismo si se ha perdido dicha variabilidad.

Existen varias formas de resolver el problema que plantea la reducción del tamaño de la población útil para la reproducción. Las más comunes son: mantener una selección continua de árboles plus, y la otra es mantener una jerarquía de poblaciones relativamente amplias y menos seleccionadas, y mantener una subdivisión en sublíneas. A partir de esas poblaciones, los genetistas pueden obtener variedades comerciales. Pero esos procesos a menudo resultan difíciles, costosos y requieren tiempo, para los árboles forestales tal vez se necesite sólo un nivel básico de poblaciones seleccionadas. Sin embargo, dadas las características de las intervenciones genéticas aplicadas a los árboles, esas poblaciones básicas resultarán inútiles, a menos que hayan sido sustancialmente mejoradas y, en tal caso, la selección genética se aplicaría mejor a poblaciones múltiples para mantener una diversidad útil.

El mejoramiento aplicado a poblaciones múltiples para mantener la diversidad genética puede ser también útil para conservar ciertos rasgos, pues la adaptabilidad de cada árbol no es infinita y hay una serie de variables económicas o ambientales. Cuando el mejoramiento de poblaciones de base se hace con fines de aprovechamiento comercial inmediato, teóricamente es más eficaz en relación con los costos mejorar el rendimiento o el valor de distintas poblaciones adaptadas a medios diferentes.

Aplicando procedimientos sencillos de mejoramiento a cada una, se puede obtener una gama adaptable de poblaciones de base con la misma facilidad que una única población básica, jerárquica y amplia, y las características resultantes se incorporan más fácilmente a las variedades avanzadas. Dicha gama de poblaciones también puede formar parte de un programa de conservación genética, pues se puede mantener y a menudo acrecentar la diversidad intraespecífica.

En cualquier momento, pero siempre y cuando sea económicamente factible, se pueden aplicar técnicas de biotecnología, como por ejemplo, la macro y micropropagación, y la transferencia de genes. Estas técnicas escapan al objetivo de este documento, no obstante es importante tenerlas presente como un complemento fascinante de los métodos tradicionales de mejoramiento genético.



## ORDENACIÓN GENÉTICA DE ESPECIES DE INTERÉS ECONÓMICO

Por lo general existen razones lógicas y económicas fundadas para que las especies de roble y raulí atraigan un interés inmediato y se hagan grandes esfuerzos para mejorar las que ya están bien adaptadas desde el punto de vista económico y ecológico. No obstante, como la demanda de productos y el medio ambiente físico y biótico de los bosques cambian, es lógico prever que la lista de especies de importancia comercial se modificará. Esta necesidad se hace más ineludible a medida que se exploran nuevos mercados y la diversidad productiva surge como un elemento de estabilidad y seguridad económica.

Con algunas especies se han hecho numerosos ensayos y sin duda se seguirán haciendo. El objetivo de la mayoría de los ensayos realizados en el pasado ha sido buscar especies de rápido crecimiento que satisfagan mejor las necesidades actuales. Sin embargo, poco se ha realizado con las especies nativas por lo que se requiere pruebas genéticas que muestren dos objetivos principales:

- a) Detectar la distribución de la variación genética y tomar muestras de la misma;
- b) Analizar y distinguir diferencias útiles entre genes, individuos o poblaciones.

A continuación se examinan estos dos objetivos.

### Variación Genética

El primer objetivo es conocer la distribución actual de la variación genética producida por la combinación de las fuerzas naturales y las actividades humanas. Es preciso responder a preguntas fundamentales sobre la estructura de la especie, las razones de que distintos genes y combinaciones de genes puedan ser normales en algunas zonas y raros en otras, y en qué grado están relacionados esos modelos con la estrategia de supervivencia de la especie. Hay probablemente un pequeño número de especies que tienen una variabilidad genética relativamente escasa, en la cual las muestras de árboles adyacentes o de dos extremos de la distribución de la población son similares. Sin embargo, la mayor parte de las especies arbóreas parecen tener una gran variabilidad genética, y una elevada proporción de la misma se encuentra en rodales, al menos en relación con la mayoría de las demás especies vegetales. Pero también parecen existir adaptaciones heredables y muy sutiles a las distintas condiciones del medio. Por consiguiente, la falta de una gran variabilidad genética entre rodales no indica necesariamente una falta de genes que confieran adaptaciones especiales.

Uno de los problemas que se plantea al estudiar los grados y modelos existentes de las distribuciones alélicas es que, cuando se toman muestras de poblaciones únicamente se puede abarcar un período de tiempo muy limitado.

Mientras que los cambios en los patrones genéticos forestales que influyen en la adaptabilidad pueden requerir muchos años y varias generaciones para equilibrarse, los

estudios de las variaciones de los genes, por lo general se han limitado a una o dos décadas; y a menudo a muestras tomadas en uno o dos años. Con un muestreo limitado es fácil perder de vista tipos de cambios generacionales más lentos en la estructura de los rodales. El ser humano puede ejercer una gran influencia sobre la estructura de los árboles forestales, directamente mediante la selección e indirectamente como resultado de cambios en la diseminación de polen y semillas, y en la densidad de las plántulas. Es más, si las especies de árboles se encuentran en un estado de transición, lo mismo ocurre con las especies a ellas asociadas, así como sus plagas y patógenos. Es especialmente importante reconocer que los estados de desequilibrio pueden haber sido causados por la influencia humana sobre la estructura genética de las especies en interacción. En consecuencia, es necesario actuar con cautela al pretender deducir de las condiciones actuales cualquier conclusión en el sentido de que las estructuras actuales de las poblaciones se encuentran en un estado de equilibrio óptimo.

En cuanto a las especies tropicales, cuyas modalidades de reproducción son más complicadas y restringidas y cuyos rodales tienen estructuras más complejas, la complejidad estructural, ecológica y genética pueden ser importantes para la adaptabilidad y la continua evolución de esas especies. Las poblaciones forestales pueden haber evolucionado en los trópicos con subdivisiones sutiles y estables. Los bosques de los climas templados, aunque no sean estables, pueden haberse adaptado a una amplia gama de variaciones en el tamaño y la distribución de la población. En los trópicos, sin embargo, las especies arbóreas parecen haberse estructurado normalmente en forma de pequeñas poblaciones múltiples, protegiendo así, tal vez, a las especies contra epidemias de patógenos.

Un problema para utilizar esas especies es la ignorancia casi total de su estructura genética. Como se desconoce la evolución paralela de sus competidores, plagas y agentes patógenos, es necesario conservar una diversidad mayor de la que tal vez se necesite en último término, hasta que se puedan eliminar sin peligro las variaciones innecesarias. Por consiguiente, el primer objetivo de los ensayos de procedencias propuesto por el proyecto es estudiar las estructuras naturales de las poblaciones.

### **Poblaciones Útiles.**

El segundo objetivo de los ensayos de procedencias es determinar cuáles son las poblaciones útiles. Esto no se contrapone necesariamente al primer objetivo conocer la distribución de la variación genética sino que está orientado a la toma de decisiones de orden práctico acerca de los beneficios iniciales del mejoramiento y la conservación genética inmediata. Suponiendo que se conozcan los rasgos o genes deseables, el problema inmediato está en calcular la probabilidad que con una nueva muestra vaya a obtenerse una ganancia adicional suficiente para justificar el intento de buscar esas poblaciones mejores. Hay que asegurarse no sólo que existan tales poblaciones, sino también que los ensayos estén concebidos para localizar y tomar muestras de poblaciones mejores, de manera oportuna. Si hay pocos indicios de que existan grandes diferencias



entre las poblaciones, apenas se obtendrán beneficios de las muestras de nuevas poblaciones. Análogamente, incluso si existen diferencias, pero están distribuidas al azar con respecto a cualquier característica medible del medio ambiente, habrá pocas probabilidades razonables de obtener un beneficio adicional haciendo un estudio de poblaciones. Además, cualquier ganancia que pueda esperarse de una nueva selección de poblaciones puede no ser equiparable a la que se obtendría con un mejoramiento normal en poblaciones previamente establecidas. Sin embargo, mientras no se conozca la distribución de alelos para todos los rasgos de valor potencial no se podrán calcular los costos que representan las oportunidades perdidas de incorporar rasgos específicos o cierto grado de rendimiento de los rasgos.

Por consiguiente, la búsqueda de poblaciones útiles como fuentes de genes para producir subconjuntos de rasgos deseados está orientada hacia la obtención de variación genética. La preparación y el análisis de esas pruebas no requiere de ninguna teoría estadística nueva. Los adelantos realizados en la elaboración y análisis de tales pruebas han hecho que esos objetivos puedan alcanzarse en plantaciones de tamaño medio. Sin embargo, por lo que concierne a las plagas y agentes patógenos, que pueden evolucionar con relativa rapidez, las estimaciones de los tipos de resistencia y sus efectos han de hacerse teniendo en cuenta su población y la dinámica evolutiva. En este caso las pruebas y los procedimientos de estimación difieren de los que se aplican a las respuestas a variables del medio físico. En los ensayos se trata de detectar las variaciones genéticas de las distintas formas de resistencia o los fenómenos de reacción. Luego se requiere un análisis dinámico para predecir los efectos que tendría la introducción de tipos de resistencia en un ecosistema forestal.

Se necesitan procedimientos de ensayos similares para conservar y mejorar especies de variedades agrícolas a las que actualmente no se da un uso comercial. Con frecuencia es poco lo que se sabe acerca de la distribución presente o natural de rasgos o alelos, de la localización de poblaciones potencialmente útiles o de manifestaciones de rasgos de especial utilidad. Por consiguiente, los estudios de las variedades silvestres de las plantas cultivadas tienen por objeto conocer la evolución de los cultivos y encontrar fuentes de genes para introducirlos en variedades comerciales. Los estudios ecogeográficos de las variedades no comerciales están orientados sobre todo a encontrar genes que puedan resultar útiles en las variedades establecidas y en las nuevas poblaciones de reproducción. Por lo que respecta a muchas de estas especies cultivadas, con ciclos de reproducción cortos y un largo historial de mejoramiento genético, la atención se ha centrado en su conservación.

Los genetistas confían en que, una vez asegurada la conservación de las fuentes de germoplasma en peligro, podrá dedicarse más tiempo a las etapas de prueba y mejoramiento en la actividad genética. Por lo general se requieren ensayos para evaluar la capacidad inherente; las actividades que se necesitan son las descritas más arriba en relación con los ensayos de procedencias. Las actividades de desarrollo o mejoramiento son las mencionadas a propósito de la creación de poblaciones jerárquicas o múltiples.

El material necesario para los ensayos y el mejoramiento ha de proceder de alguna muestra tomada *ex situ* o *in situ* del acervo genético disponible. Dichas muestras deben ser de un tamaño mínimo suficiente para que se tenga una posibilidad razonable de rescatar los genes útiles. Sin embargo, con ese tamaño mínimo hasta en los mejores trabajos de muestreo se pueden perder numerosos alelos si se hallan presentes únicamente en pequeñas cantidades en el momento y lugar de toma de la muestra. Por eso es tan importante que se determinen los modelos y las estructuras de la variación. Para que se pueda apreciar la diversidad estructural que puede existir en las poblaciones, se necesitan muestras de zonas, rodales e individuos diferentes. Aunque son difíciles de realizar, tales programas son factibles.

Independientemente del valor comercial de una especie y las asociadas a ella, se sabe que las variaciones genéticas y ecológicas probablemente no se encuentran en un estado evolutivo estático. Algunas pueden tener un acervo genético empobrecido, y otras tal vez contengan todo tipo de variaciones genéticas en poblaciones únicas de gran tamaño, pero hay que considerar que la mayoría de ellas se encuentra en un estado transitorio de su evolución. Hayan o no sido estables en un pasado reciente, las actividades humanas probablemente han cambiado al menos muchos de sus estados de equilibrio. La meta de los responsables de la ordenación de los recursos genéticos no es mantener un estado de equilibrio estático, sino conservar un sistema dinámico, aunque se comprende poco esa dinámica.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Namkoong, G., Kang, H. y Brouard, J. 1988. Tree Breeding: Principles and Strategies. Springer-Verlag. 180p.
- Namkoong, G. (1986). La genética y los bosques del futuro. Unasylva 152. Vol. 38: 1-17.
- White, T. 1987. A conceptual framework for tree improvement programs. New Forest 4 : 325 - 342.



# ASPECTOS TEÓRICOS EN LA SELECCIÓN DE ÁRBOLES SUPERIORES.

Roberto Ipinza, Dr. Ingeniero de Montes.  
Universidad Austral, Instituto de Silvicultura, Casilla 567, Valdivia, Chile.

## RESUMEN

*En este documento se entregan las bases para la calificación de individuos genéticamente superiores. Se toman en cuenta diferentes criterios o métodos para determinar qué individuos son superiores a otros en una población en base a una cantidad de características deseables (por ejemplo: forma, volumen, densidad, etc.). Estos individuos superiores, denominados plus, se constituirán en los progenitores de las futuras plantaciones operacionales.*

*Se analizan también las ganancias genéticas que se obtienen por utilizar árboles plus. También se señalan aspectos relacionados a la recopilación y manejo de la información de estos árboles, de manera de enfrentar mejor futuras etapas del mejoramiento forestal.*

**Palabras claves:** Selección, árboles plus, roble, raulí

## ABSTRACT

*The basis for the scoring of genetic superior individuals is given in this paper. Different criteria and methods to determinate the individuals that are superior than others in a base population from a number of desirable characteristics (i.e., form, volume, density, etc) are considered. This superior individuals that are called plus will constitute the progenitors of the future operative plantations.*

*The genetic improvements that can be obtained when plus trees are used it is also analyzed. Furthermore, the aspects related to the collection and management of the information from this trees are highlighted in order to face the future steps of the forestry improvement programs in a better way.*

**Keywords:** Selection, plus trees, roble, rauli

## INTRODUCCIÓN

El objetivo principal de un programa de mejoramiento genético forestal, es cambiar la frecuencia de los alelos deseados que afectan características importantes de los árboles, en forma tal que las plantas mejoradas tengan un rendimiento superior al del material no mejorado. La forma de lograr esto es a través del proceso de **selección**, el cual puede definirse como la *elección de individuos con cualidades deseadas para servir de progenitores en la siguiente generación*. **Para que la selección sea efectiva, debe existir variación genética en la población, el carácter deseado debe ser heredable y tener un valor económico de interés.**

En los programas de mejoramiento genético forestal, la selección de las mejores especies y procedencias es seguida normalmente por la selección de árboles plus para formar la población de mejoramiento. Para muchas características de importancia económica, gran parte de las diferencias que existen entre árboles son de origen genético y representan una fuente de variación muy importante que puede ser aprovechada por los mejoradores forestales. La selección de árboles plus determina en gran medida la magnitud de la ganancia genética que se obtendrá tanto en la primera como en las siguientes generaciones, por lo que se debe poner especial cuidado en su ejecución. Idealmente se busca aumentar la intensidad de selección para obtener una mayor ganancia genética y, al mismo tiempo, se trata de mantener una base genética amplia que posibilite la obtención de ganancias a través de muchos ciclos sucesivos de mejoramiento. Una base genética amplia permite también mantener opciones abiertas ante una eventual ampliación del área de plantación a ambientes diferentes o para enfrentar posibles cambios en los requerimientos del mercado.

## DEFINICIÓN

La selección de árboles plus es el proceso mediante el cual a partir de una población base dada se escogen los mejores árboles, según los rasgos objeto de mejoramiento, para formar o dar origen a la población de mejoramiento y/o de producción.

## OBJETIVO DE LA SELECCIÓN DE ÁRBOLES PLUS

El objetivo principal inmediato de la selección de árboles plus es suministrar material para:

- Establecer pruebas genéticas (progenies, procedencias, pruebas clonales, etcétera).
- Establecer huertos semilleros de plántulas o de semillas
- Establecer huertos semilleros clonales
- Colectar semilla o material vegetativo para establecer plantaciones comerciales

## ECUACIÓN DEL MEJORADOR

Debido a que la selección de árboles plus se realiza en función de su fenotipo, la ganancia genética ( $\Delta G$ ) que se obtiene de la misma depende de la heredabilidad ( $h^2$  o  $H^2$ ) y del diferencial de selección ( $S$ ) (Falconer, 1986), esto es:

$$\Delta G = H^2 * S$$

A partir de esta fórmula se desprende que las únicas formas de aumentar la ganancia genética debida a la selección de árboles plus son aumentando la heredabilidad y/o aumentando el diferencial de selección.

### Aumento de la heredabilidad

La variación fenotípica entre árboles en un rodal ( $\sigma^2 P$ ) es consecuencia de las diferencias entre sus genotipos ( $\sigma^2 G$ ), de la variabilidad del medio ambiente ( $\sigma^2 E$ ) y de las diferencias de edad ( $\sigma^2 T$ ). Expresando esto matemáticamente asumiendo un modelo aditivo lineal, se obtiene la siguiente expresión:

$$\sigma^2 P = \sigma^2 G + \sigma^2 E + \sigma^2 T$$

Para simplificar el modelo en esta fórmula no se ha considerado las interacciones entre el genotipo, el ambiente y la edad. La selección de un árbol plus siempre implica algún nivel de comparación entre individuos de la población base. El éxito de la selección está directamente relacionado con la efectividad de la comparación para identificar árboles genotípicamente superiores a través de sus diferencias fenotípicas. La fórmula indica que **la efectividad de la comparación, y por ende de la selección, aumenta conforme disminuyen las diferencias ambientales y de edad entre los individuos que se están comparando**. De esta forma, el efecto del genotipo adquiere mayor importancia relativa en la expresión del fenotipo.

En un rodal, la importancia relativa del efecto de las diferencias genéticas sobre las diferencias fenotípicas entre los árboles es medida a través de la heredabilidad en sentido amplio ( $H^2$ ), cual es aprovechada si utiliza la propagación clonal. Cuando la propagación es sexual, normalmente se utiliza el efecto genético promedio del árbol sobre su descendencia, por lo que en el cálculo de la ganancia se usa la heredabilidad en sentido estricto ( $h^2$ ), ambas heredabilidades se definen a continuación:

$$H^2 = \frac{\sigma^2 G}{(\sigma^2 G + \sigma^2 E + \sigma^2 T)} \text{ heredabilidad en sentido amplio.}$$



$$h^2 = \frac{\sigma_A^2}{(\sigma_G^2 + \sigma_E^2 + \sigma_T^2)}$$

heredabilidad en sentido estricto, donde, el numerador  
corresponde a la varianza genética aditiva.

Observe que en el cálculo de ambas heredabilidades se incluye la varianza de edad ( $\sigma_T^2$ ), esto es debido a que frecuentemente en poblaciones naturales la edad de los árboles es desconocida y variable y, obviamente, ejerce un profundo efecto sobre la expresión fenotípica en muchas características. Normalmente,  $\sigma_T^2$  es eliminada del modelo al incluir la edad en la definición de la variable de respuesta. En algunos casos también se incluye la edad como covariable en el modelo aditivo.

Se concluye entonces que la efectividad de la comparación fenotípica para identificar diferencias genotípicas aumenta directamente con la heredabilidad.

Entonces, al examinar estas dos últimas fórmulas se concluye que existen dos formas de aumentar la heredabilidad: a) aumentar la variabilidad genética (por ejemplo, introduciendo nuevos materiales a la población base) y b) disminuir la varianza no genotípica ( $\sigma^2 E + \sigma^2 T$ ).

Normalmente, al momento de ejecutar la selección de árboles plus, la población base ya está definida y la única forma de aumentar la heredabilidad es disminuyendo la varianza no genotípica entre los árboles que se están comparando.

### **Reducción de la varianza ambiental ( $\sigma^2 E$ )**

Para reducir la varianza ambiental durante el proceso de selección es necesario que la comparación al momento de la selección se haga entre árboles que estén localizados en ambientes lo más similar posible. Esto se alcanza comparando árboles vecinos. En este sentido, la reducción del tamaño del área de la vecindad con cuyos árboles se compara el árbol candidato aumenta la efectividad de la comparación. No obstante, la vecindad debe contener suficientes árboles para hacer una comparación adecuada. La probabilidad de aumentar la variación ambiental crece con el aumento del área de la vecindad que se considere. Normalmente, cuando se selecciona en plantaciones o rodales naturales, puros coetáneos; el árbol candidato se compara con los árboles existentes en un radio de 10 a 20 metros, dependiendo de la densidad existente y de la configuración topográfica. La forma del área de la vecindad debe adecuarse en cada caso de manera que se excluya cualquier factor ambiental que distorsione la comparación. Por ejemplo, no se debe usar como árboles de comparación los árboles del borde del rodal, a menos que se esté considerando como candidato un árbol de borde. En el caso de lugares con pendiente, se debe procurar que los árboles de comparación se localicen bajo la pendiente en relación al candidato.

Dentro de bosques o plantaciones puras existen variaciones ambientales que afectan el fenotipo de los árboles. Es necesario, entonces, dividir la población base en subpoblaciones usando como criterio variaciones en factores importantes tales como pendiente, fertilidad, drenaje, manejo, etc, y seleccionar en cada subpoblación independientemente. De esta manera se evita el error de seleccionar sólo en sitios buenos debido a la existencia de mejores fenotipos en ellos. No existe razón alguna para pensar que en ambientes limitantes no existan genotipos superiores.

En bosques naturales multietáneos pie a pie, normalmente no es posible encontrar árboles de la misma especie lo suficientemente cerca del árbol candidato. En este tipo de poblaciones, la calidad fenotípica del árbol candidato se compara con la de los árboles en la región y, de esta manera, al aumentar las diferencias ambientales y de edad entre los árboles que se están comparando, la heredabilidad tiende a ser baja y por tanto se reduce significativamente la eficiencia de la selección (Ledig, 1975).

Por otra parte, si a través de regresiones se puede estimar el efecto de cualquier factor ambiental (competencia, fertilidad, pendiente, saturación hídrica del suelo, etc) dentro de rodal sobre el valor fenotípico de la variable de interés, entonces es posible calcular un valor fenotípico corregido sobre el cual efectuar la selección, reduciendo así la varianza ambiental y aumentando la heredabilidad. El aumento de la heredabilidad en este caso depende del porcentaje de varianza ambiental que explique la regresión. Sin embargo, este método normalmente no se utiliza debido a que las relaciones entre las características de interés de los árboles y factores ambientales específicos no son conocidas para casi todas las especies forestales. Por otra parte, efectuar estudios para determinar dichas relaciones puede resultar muy caro si el objetivo es únicamente la selección de árboles. Sin embargo, se menciona esta posibilidad porque sería muy útil aplicarla si la situación y los conocimientos lo permiten.

### **Reducción de la varianza de edad ( $\sigma^2 T$ ).**

El efecto de las diferencias en edad entre los árboles que se están comparando durante la selección es muy importante, especialmente para variables de crecimiento y reproductivas. Entre menos diferencias de edad existan más efectiva será la comparación entre árboles. Por esta razón, la selección en plantaciones y rodales coetáneos homogéneos es más efectiva que en rodales multietáneos o en poblaciones de árboles dispersos de edades diferentes y desconocidas.

Si la población base está formada por muchos rodales de edades distintas, éstos se pueden agrupar por clases de edad y seleccionar en cada uno independientemente. Si dentro de cualquier subpoblación los árboles tienen la misma edad, entonces  $\sigma^2 T = 0$ .

Idealmente, la selección se debe hacer en poblaciones de edad semejante a la de rotación. Sin embargo, esto no siempre es posible por lo que en la práctica se acepta seleccionar árboles con una edad de, por lo menos la mitad de la edad de rotación.

### Aumento del diferencial de selección.

El diferencial de selección (S) se puede definir como:

$$S = \bar{X}_p - \bar{X}_0$$

donde:

$\bar{X}_p$  = la media de los árboles que darán origen a la nueva población

$\bar{X}_0$  = la media de la población en la que se efectúa la selección.

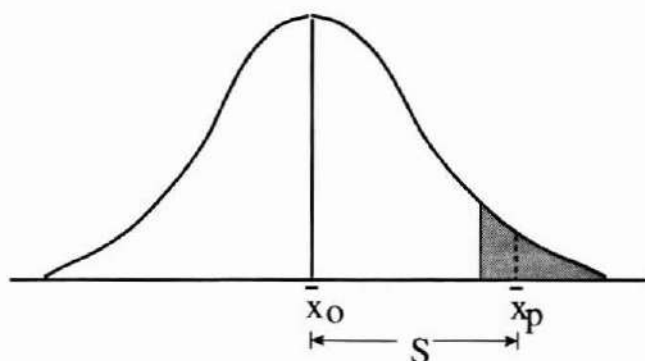


Figura 1. DIFERENCIAL DE SELECCIÓN.

En la Figura 1 se puede apreciar que en la medida que el valor de "S" sea mayor, es decir, a mayor distancia entre  $\bar{X}_0$  y  $\bar{X}_p$ ; mayor será el valor de "S" y, por tanto, mayor será la ganancia genética.

En teoría, si para una variable "X" se conociera el valor de cada árbol ( $X_i$ ) y la media en su vecindad inmediata ( $\bar{X}_{0i}$ ), entonces se podría calcular un diferencial para cada árbol ( $S_i = X_i - \bar{X}_{0i}$ ). De esta forma, el diferencial de selección (S) sería el promedio de los " $S_i$ " de los árboles que darán origen a la nueva población. Si se conocieran los " $S_i$ " de todos los árboles de la población base, se podría aumentar el diferencial de selección "S" hasta un valor deseado, el cual estaría limitado sólo por la variación fenotípica de la población base. Este procedimiento puede resultar caro y laborioso, y es aplicable sólo en rodales naturales coetáneos y en plantaciones. En rodales multietáneos, rodales heterogéneos y árboles aislados el procedimiento no se puede aplicar ya que no es posible estimar la media de las vecindades " $\bar{X}_{0i}$ ".

El diferencial de selección se puede estimar de dos maneras:

- En la primera, que es la más frecuente, se utiliza el promedio general del rodal para estimar  $\bar{X}_0$  y no el promedio de las medias de las vecindades de los árboles



seleccionados. Si la selección se realiza adecuadamente, es decir, en todas las condiciones ambientales del rodal, entonces el promedio del rodal debe ser un buen estimador de las medias de las vecindades. Sin embargo, con esta práctica se corre el riesgo que la media general del rodal no sea la misma que la media de las áreas donde se seleccionaron los árboles. Por ejemplo, para características de crecimiento, existe la tendencia de seleccionar árboles plus en los mejores sitios debido a que en ellos está la mayor parte de los árboles más desarrollados. La media de los mejores sitios ( $\bar{X}_m$ ) es mayor que la media en toda la población ( $\bar{X}_0$ ) lo que implica que el diferencial de selección estimado por este método ( $S_e$ ) es mayor que el diferencial real ( $S$ ), sobrestimando así la ganancia genética. Expresado matemáticamente se tiene que:

$$\text{Si } \bar{X}_m > \bar{X}_0, \text{ entonces } (\bar{X}_p - \bar{X}_0) > (\bar{X}_p - \bar{X}_m)$$

$$\text{y puesto que } S_e = (\bar{X}_p - \bar{X}_0) \text{ y } S = (\bar{X}_p - \bar{X}_m),$$

entonces  $S_e > S$

- b) El segundo método consiste en medir el “ $S_i$ ” de cada uno de los árboles candidatos y luego se eligen los árboles con los mayores “ $S_i$ ” como árboles plus. El diferencial de selección “ $S$ ” será entonces, el promedio de los “ $S_i$ ” de los árboles plus.

Para maximizar el diferencial de selección, **es necesario que el conjunto de árboles candidatos contenga realmente los árboles con los mejores “ $S_i$ ” de la población base.** Para lograr esto se debe seguir, en lo posible, las siguientes recomendaciones:

- Aumentar la objetividad en la selección de los árboles candidatos.

No se debe olvidar que la selección de cada candidato está basada en la superioridad de éste con respecto a sus vecinos y no a la población completa. Cuando se están buscando árboles candidatos no se debe mirar el fenotipo del árbol en forma absoluta sino, más bien, el grado de superioridad de éste dentro de la vecindad donde se encuentra.

- Recorrer la población completa.

Se debe recorrer sistemáticamente toda la población, evitando así seleccionar sólo en sitios buenos o malos, o perder buenos individuos por azar.

- Aumentar el número de árboles candidatos.

Al aumentar el número de árboles candidatos crece también la probabilidad de incluir los árboles con los mayores “ $S_i$ ” de la población base.



Una vez que se ha asegurado que entre los candidatos están los árboles con los mayores " $S_i$ ", entonces el diferencial de selección puede ser aumentado hasta el valor deseado, el cual está limitado sólo por la variabilidad fenotípica de la población.

## SELECCIÓN SEGÚN TIPO DE POBLACIÓN.

La efectividad de la selección de árboles plus depende del grado en que las características de la población base permitan aumentar la heredabilidad y el diferencial de selección. A continuación se da una lista de tipos de poblaciones ordenadas de mayor a menor de acuerdo con la ganancia genética esperada cuando se seleccionan árboles plus en ellas (la comparación en cada caso es con respecto al tipo de población anterior):

1. Plantación pura en sitio homogéneo: es en esta situación donde la selección de árboles plus es más eficiente, debido a que en ella se presenta las vecindades con la menor variación no genotípica y por tanto con mayor heredabilidad. En otras palabras, es en este tipo de poblaciones donde se presenta la menor variación fenotípica causada por variación ambiental (suelos, espaciamiento, manejo, etc.) y por diferencias de edad y por tanto, donde hay mayores probabilidades de que fenotipos superiores correspondan a genotipos superiores (Zobel y Talbert, 1984).
2. Plantación pura en sitio heterogéneo: aumenta la varianza ambiental dentro de vecindades y la heredabilidad es menor.
3. Bosque natural puro coetáneo: aumenta la varianza ambiental al haber mayor variabilidad en los niveles de competencia (espaciamiento irregular) y a las pequeñas diferencias de edad entre los árboles.
4. Bosque natural puro multietáneo donde se puede conocer las edades de los árboles: aumenta la varianza ambiental al aumentar las diferencias de edades. Esto produce diferencias de desarrollo y por tanto aumentan también las diferencias en los niveles de competencia. En este caso se puede estimar el efecto de la edad y ajustar el valor fenotípico.
5. Bosque natural puro multietáneo en el que no se puede conocer las edades de los árboles: no se puede ajustar el valor fenotípico por la edad.
6. Bosque natural heterogéneo y poblaciones formadas por grupos muy pequeños y/o individuos aislados de regeneración natural o plantados: en esta situación es donde se presenta la máxima variación ambiental y de edad, y por tanto la menor heredabilidad (Ledig, 1975). Aumenta la varianza de sitio ya que los individuos están más separados entre sí, el nivel de competencia varía desde una lata competencia con

otros árboles de la misma u otra especie hasta individuos aislados en áreas abiertas. En esta situación no se tiene idea del valor medio de la vecindad porque generalmente no hay árboles para estimarla. Como consecuencia, es en este tipo de poblaciones donde la eficacia de la selección de árboles plus es menor.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Falconer, D. 1986.** Introducción a la genética cuantitativa. CECSA. Segunda edición. 383 p.
- Ledig, F.T.** An analysis of methods for the selection of trees in wild stands. Forest Science. 20:2-16.
- Quijada, M. 1980.** Selección de árboles forestales. In Mejora genética de árboles forestales. Informe sobre el curso de capacitación FAO/DANIDA sobre mejora genética de árboles forestales. Mérida, Venezuela. 1980. Estudio FAO:MONTES No. 20.p 169-176.
- Zobel, B.; Talbert, J. 1984.** Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales. Editorial Limusa, México, México.545 p.

# **PROCEDIMIENTO DE SELECCIÓN DE ÁRBOLES PLUS DE ROBLE Y RAULÍ.** Andrés Bello D.; Mauricio Navarrete T. Técnicos Forestales. Instituto Forestal, Sede Concepción. Camino Concepción - Coronel km 7,5. Casilla 109 C, Concepción, Chile.

## **RESUMEN**

*Se describe la metodología y los resultados obtenidos en una campaña de selección de árboles plus de roble (*Nothofagus obliqua*) y raulí (*N. alpina*) La actividad corresponde a una aplicación práctica del método de selección por árboles de comparación y se enmarca en un proyecto FONDEF de mejoramiento genético para esas especies*

**Palabras clave:** *Mejoramiento genético, selección, roble, raulí*

## **ABSTRACT**

*The methodology and results obtained from a roble (*Nothofagus obliqua*) and raulí (*N. alpina*) plus tree selection operation are shown. The task is a practical application of trees selection by the comparison method that it is included in a FONDEF project about genetic improvement of this species.*

**Keywords:** *Genetic improvement, selection, roble, rauli*

## INTRODUCCIÓN

Las ganancias genéticas derivadas de un programa de mejoramiento están en directa relación con la calidad de los progenitores utilizados. Por lo mismo, la selección de los individuos que se incorporarán al programa es una etapa de importancia fundamental.

Todos los métodos de selección de un programa de mejoramiento genético se basan en el mismo principio general: seleccionar los individuos más convenientes para utilizarlos como progenitores en los programas de cruzamiento y producción.

El proyecto FONDEF "Mejoramiento Genético para Especies de *Nothofagus* de Interés Económico" no es una excepción este principio general, presentándose en este documento una descripción detallada del procedimiento práctico empleado para realizar la selección de los árboles que se incorporarán a este programa de mejoramiento. Adicionalmente, y con el objeto de establecer la vinculación de esta actividad con el resto del proyecto se describen algunos aspectos teóricos de interés general.

## ANTECEDENTES GENERALES

### La Selección en el Mejoramiento Genético.

La selección es, normalmente, el primer paso de un programa de mejoramiento genético forestal y determina que tantas ganancias pueden obtenerse, tanto en la primera generación como en las generaciones subsecuentes. Llevar a cabo una deficiente tarea de selección para reducir los costos iniciales ciertamente no es justificable (Zobel y Talbert, 1988).

De los diversos métodos disponibles para obtener ganancias rápidas y económicas en un programa de mejoramiento genético forestal, el más utilizado es la selección individual (masal). Este resulta apropiado para la mayoría de las especies y se aplica ampliamente en las etapas iniciales de los programas de mejoramiento.

La selección masal se basa únicamente en el fenotipo de los individuos y debe ir acompañada de pruebas de progenie para determinar si el árbol seleccionado es efectivamente de características genéticas superiores. Esta consideración está contemplada en el proyecto que se está desarrollando, y ya se ha colectado gran parte de la semilla requerida para establecer estas pruebas.

La selección masal funciona mejor para aquellas características de alta heredabilidad, y es el único método utilizable para seleccionar árboles en rodales naturales o plantaciones en que no se conoce el pedigrí de los individuos.

La tasa de crecimiento es casi siempre la variable fundamental en los programas de selección, pero existen también otros aspectos importantes de considerar. Variables de



forma y rectitud de fuste son más heredables que las de crecimiento y deben hacerse primar sobre el crecimiento en volumen cuando las selecciones se hacen en rodales silvestres sin manejo. Las ganancias en forma y rectitud tienen asociadas una ganancia en la cantidad de volumen aprovechable de los árboles, lo que en alguna medida es equivalente a haber mejorado su crecimiento en volumen.

Durante el proceso de selección y evaluación de los árboles se deben considerar sólo unas pocas variables, las que deben tener la mejor combinación de heredabilidad e importancia económica. Normalmente se consideran variables del tipo: volumen; rectitud, forma o calidad de fuste; adaptabilidad; y resistencia a plagas.

### **Método de los Árboles de Comparación.**

La selección masal de individuos tiene un fuerte componente de subjetividad, la que se pretende minimizar mediante el desarrollo de metodologías rigurosas de selección. Una de estas metodologías, y la más difundida por su aplicabilidad práctica, la constituye el "Método de los Árboles de Comparación".

Este método funciona en plantaciones y en rodales naturales coetáneos, no siendo apropiada su utilización en rodales multietáneos, o con una mezcla de especies que dificulte el encuentro de los árboles de comparación para el candidato.

En términos generales el método determina que por cada árbol candidato seleccionado, se deben identificar algunos árboles de comparación. Estos árboles de comparación deben cumplir ciertos requisitos, como estar en el mismo micrositio que ocupa el candidato y ser los mejores árboles en ese espacio. Idealmente, los árboles de comparación deben ser lo más parecidos posible al candidato y ocupar una situación ambiental igual o mejor que él.

Los árboles de comparación deben ser evaluados con la misma pauta que se utiliza para el candidato. Posteriormente se calcula el promedio de los árboles de comparación para cada variable y se compara con el valor asignado al candidato. En la medida que el valor asignado al candidato supera al promedio de los árboles de comparación, se le van asignando puntos que determinan la calidad del árbol seleccionado como candidato a plus.

### **Definición de Conceptos a Utilizar en el Documento.**

**Árbol candidato:** Individuo que por sus características fenotípicas deseables ha sido seleccionado para evaluarlo, pero que aún no se ha valorado ni sometido a prueba genética.

**Árbol plus:** Individuo seleccionado como candidato, que después de su evaluación o sanción ha sido recomendado para incorporarlo como progenitor en el programa de mejoramiento. Posee un fenotipo claramente superior, pero aún no se conoce su valor genético.

Árbol élite: Individuo que ha demostrado su superioridad genética en pruebas de progenie. Es el árbol “vencedor” de un programa de selección, y representa al tipo de individuos deseable para producción masiva de semillas o propágulos vegetativos.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

El objetivo de esta actividad es identificar a los individuos que se incorporarán al programa de mejoramiento genético que se realiza para roble y raulí, de modo de constituir con ellos los huertos semilleros y bancos clonales, así como las pruebas de progenies para la selección de segunda generación.

### **Objetivo Específico**

Preseleccionar individuos de roble y raulí de características fenotípicas superiores en forma y volumen.

## **MATERIAL Y MÉTODO**

### **Material**

La operación en terreno demandó la utilización de los siguientes materiales:

- Brújulas
- Hipsómetros
- Huinchas
- Altimetro
- Forcípula
- Binoculares
- Pintura
- Cinta
- Machetes
- Cartografía variada

### **Método**

La metodología de búsqueda consistió en la implementación práctica del método de selección por árboles de comparación.

## Sistema de Búsqueda de Candidatos

La primera fase de la búsqueda de candidatos consistió en entrevistas con personal de las empresas privadas vinculadas al proyecto FONDEF “Mejoramiento Genético para Especies de *Nothofagus* de Interés Económico”, quienes de acuerdo a su experiencia y conocimiento de la situación patrimonial recomendaron las áreas donde se encontraba el recurso de mejor calidad, y por lo tanto el más apropiado para efectuar la búsqueda de candidatos. Después de una primera visita de reconocimiento de terreno se definieron los rodales a prospectar y se implementó el sistema de búsqueda por barrido completo y sistemático de estos rodales.

La cuadrilla de búsqueda estuvo formada por tres personas, las que formando una línea perpendicular a la dirección de avance, y separados según densidad del sotobosque por más o menos 30 metros, barrían toda la extensión del rodal mediante fajas paralelas con un rumbo predeterminado y medido con brújula.

Ante la presencia de un posible “candidato”, invariablemente se procedió de la siguiente manera:

- Acercarse al árbol, revisar su rectitud en todos los planos y analizar su aspecto general (ramas, copa, sanidad, vigor).
- Analizar su posición social, condición microambiental y competencia.
- Determinar los árboles de comparación.
- Reconstruir la historia del posible desarrollo del árbol en función de los claros, eventuales árboles de generación anterior, presencia de tocones y antecedentes de intervenciones anteriores.
- Marcar con cinta al árbol candidato.

Estas actividades se realizaron, por lo general, con consultas al resto de la cuadrilla.

Si se decidía que el árbol cumplía con los requisitos para ser considerado como candidato se procedía a su evaluación. Para estos efectos se le asignaba un número correlativo por predio, se marcaba este número con pintura de color rojo o naranja en dos caras visibles de su fuste y se le practicaban dos anillos de pintura para facilitar su detección en el bosque. Simultáneamente se marcaban con un anillo de pintura y un número correlativo de 1 a 5, los cinco individuos definidos como árboles de comparación.





## Evaluación del Candidato

La evaluación del candidato es la etapa crucial del proceso de selección.

Ésta se realizó registrando las siguientes variables en formularios diseñados específicamente para este fin, las que fueron evaluadas tanto para el candidato como para los cinco árboles de comparación:

- DAP: Diámetro del fuste a la altura del pecho (1,3 m).
- Altura total: Medida con hipsómetro desde la base al ápice de cada árbol
- Altura comercial: Medida con hipsómetro desde la base hasta un punto en el fuste en que es posible hacer una utilización noble de la madera.
- Rectitud de fuste: Evaluado con una pauta numérica de cuatro categorías, en la que 1 es un árbol con torceduras más que leves, y 4 un árbol con fuste perfectamente recto.
- Copa: Evaluada en el candidato al contrastarlo con los árboles de comparación de similar diámetro, y asignando cero puntos si la copa no es distinta que las de los árboles de comparación; 1 o 2 puntos si es más pequeña o mucho más pequeña; y -1 o -2 puntos si esta es más grande o mucho más grande que la de los árboles de comparación. En el caso de los árboles de comparación, éstos se evalúan de la misma forma, pero contrastándolos con los demás árboles del rodal.
- Diámetro de ramas: Evaluada por comparación en forma similar a la variable Copa. Se asignan puntos positivos en la medida que el diámetro de ramas es menor; negativos si es mayor; y cero si no hay diferencias.
- Ángulo de ramas: Evaluado por asignación de 1 o 2 puntos positivos en la medida que el ángulo de inserción de ramas es próximo o muy próximo a 90° respecto del fuste; cero puntos si el ángulo de inserción es cercano a 45°; y -1 o -2 puntos si el ángulo es próximo o muy próximo a 0°.

## Referenciación del Candidato:

Posteriormente se procedió a referenciar cada candidato con rumbo y distancias, hasta un punto claramente identificable en terreno. Se realizó también un croquis de ubicación de cada candidato y se volcó esta información en planos de ubicación para cada rodal.

En el paso siguiente, durante el proceso de sanción, se determinaron las coordenadas geográficas de cada árbol mediante el uso de un equipo G.P.S. (Sistema de posicionamiento global).

## RESULTADOS Y CONCLUSIONES

### Resultados

En el Cuadro 1 se presenta el resultado definitivo del proceso de selección implementado durante el verano de 1997.

Cuadro 1  
SELECCIÓN DE ÁRBOLES TEMPORADA 1997

EMPRESA	PREDIO	ESPECIES		S.E.P.(*) (ha)
		Roble	Raulí	
FORESTAL MININCO	JAUJA	9	13	500
FORESTAL MAGASA	EL MANZANO	3	8	240
FORESTAL VOIPÍR	VOIPÍR	0	2	40
BOSQUES ARAUCO	PILLÍN PILLI	0	1	40
BOSQUES ARAUCO	CHACAY	0	2	40
NELTUME CARRANCO	REMECO	7	5	400
NELTUME CARRANCO	FUY	9	5	64
FORESTAL CHOLGUÁN	EL SAUCE	0	0	176
FORESTAL CHOLGUÁN	LOS QUEÑES	0	0	20
FORESTAL CHOLGUÁN	SAN MIGUEL	0	0	70
COMACO	SAN GREGORIO	6	7	280
COMACO	LOS NOGALES	2	0	130
FAMASA	RUCAMANQUI	7	0	300
TOTAL		43	43	2300

(\*) S.E.P.: Superficie efectivamente prospectada

### Conclusiones

Se concluye que la implementación práctica del método de selección por árboles de comparación, es adecuado para la selección de árboles superiores de roble y raulí.

Las características de la operación en terreno hacen recomendable no realizar esta actividad durante el invierno.

Los árboles superiores, normalmente se encuentran en rodales de buenas características, por lo mismo conviene concentrar la búsqueda en rodales superiores al promedio en cuanto a las características de interés. En rodales de pobres características, es muy poco frecuente encontrar algún árbol que justifique su selección.

Consideraciones prácticas señalan que el número apropiado de personas en la cuadrilla de selección es de tres personas.

La labor se facilita considerablemente en la medida que se dispone de cartografía adecuada.

En los rodales que se realiza búsqueda de árboles plus se debe implementar un sistema que permita recorrerlo íntegramente. Los sistemas de búsqueda al azar, o aplicaciones de técnicas de muestreo, pueden hacer pasar por alto a los árboles deseables.

Por último, y de acuerdo con Zobel y Talbert (1988), la forma más eficaz de encontrar árboles superiores es dedicarse específicamente a esta actividad. La detección de un árbol aceptable en actividades silvícolas de rutina, es una situación de carácter muy excepcional.

## RECONOCIMIENTOS

Los autores desean agradecer la participación de los señores. Alex Medina, Francisco Cáceres y Jaime Arriagada, estudiantes de Ingeniería Forestal de la Universidad Austral de Chile, por su destacada colaboración en la campaña de terreno.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**Zobel, B. y Talbert, J. 1988.** Técnicas de Mejoramiento Genético de Árboles Forestales. Editorial Limusa, México. 545 p.



**SANCIÓN DE ÁRBOLES PLUS.** Roberto Ipinza C., Dr. Ingeniero de Montes y Verónica Emhart S., Ingeniero Forestal. Universidad Austral, Instituto de Silvicultura. Casilla 567. Valdivia. Chile.

## **RESUMEN**

*La sanción de árboles plus procedentes de una selección masal constituye uno de los procesos más importante en el inicio de un programa de mejora genética. La sanción debe realizarse con personal del más alto nivel posible, con criterios claros y altos niveles de exigencia.*

**Palabras claves:** Sanción, árboles plus, roble, raulí

## **ABSTRACT**

*The sanction of plus trees that originate from a masal selection constitutes one of the most important processes in the beginning of a genetic improvement program. The sanction needs to be executed with workers of the highest possible level, with clear judgement and a high training level.*

**Keywords:** Qualification, plus trees, roble, rauli

## INTRODUCCIÓN

La incorporación de individuos selectos a la población de mejoramiento y a la población de producción a partir de renovales tanto de roble y de raulí, es el paso más importante que debe decidir el mejorador. Su preocupación ya no es el número de individuos para mantener una población efectiva amplia, sino la calidad de la población fundacional. Existen antecedentes que avalan que huertos de primera generación producen una calidad de progenie tal que no ha sido superada significativamente en las generaciones posteriores. Debido a esto, se buscó un procedimiento que pudiese ser lo más robusto y objetivo posible.

Este documento da cuenta del proceso de sanción de árboles seleccionados, empleado en el proyecto FONDEF “Mejoramiento Genético para Especies de *Nothofagus* de Interés Económico” (D96/1052).

## MÉTODO

Entonces, después de la actividad de selección de árboles candidatos a plus en diferentes sectores de las Octava, Novena y Décima regiones, se realizó la sanción de los árboles, que consistió en darle a cada árbol visitado una categoría a priori, previa discusión en terreno entre el sancionador y el defensor del árbol candidato a plus. El sancionador debe escuchar los argumentos técnicos que hicieron que se seleccionará dicho árbol. La primera parte de la discusión debe hacerse en relación a los aspectos teóricos, y posteriormente entrar a los aspectos fisionómicos y de la historia silvícola.

Para cada árbol de comparación y para el candidato se revisó cada variable cualitativa, en el caso de árboles de comparación de bajo nivel fueron reemplazado por otros que pudiesen hacer la decisión más ajustada. El sancionador debe verificar que la selección de los árboles de comparación fue objetiva para evitar sobreestimaciones del candidato. Finalmente se tomó la decisión, en la mayoría de las ocasiones de común acuerdo, de asignar a priori al árbol candidato a una de las categorías de árbol plus, de banco y de conservación genética. Dado el nivel de capacitación de los seleccionadores la mayoría de los árboles corresponden a árboles plus y de banco.

La superioridad en forma y el volumen son los elementos claves que se consideraron en la decisión.

En los cuadros 1 y 2, se muestra los resultados de la sanción realizada hasta este momento en roble y raulí, respectivamente.

Como se mencionó anteriormente, la sanción dio como resultado tres categorías, 1 corresponde a árbol *plus*, 2 corresponde a árbol para *banco*, y 3 corresponde a árbol de

conservación genética, las categorías son válidas tanto para roble, como para raulí. Esta clasificación esta basada en la "presunción" de la presencia de genes útiles.

Cuadro 1.

## ÁRBOLES DE ROBLE SANCIONADOS EN EL PROYECTO D96/1052.

Predio	Propietario	Comuna	Región	Sanción. (n° de árboles/categoría)		
				1	2	3
El Manzano	Magasa S.A.	Melipeuco	Novena	1	2	0
Jauja	F. Mininco S.A.	Collipulli	Novena	2	6	1
Chacay	Bosques Arauco S.A.	Cañete	Octava	0	0	0
Pillim-Pilli	Bosques Arauco S.A.	Cañete	Octava	0	0	0
Neltume	F.Neltume-Carranco S.A.	Panguipulli	Décima	7	9	0
TOTAL				10	17	1

Cuadro 2.

## ÁRBOLES DE RAULÍ SANCIONADOS EN EL PROYECTO D96/1052.

Predio	Propietario	Comuna	Región	Sanción (n° de árboles/categoría)		
				1	2	3
El Manzano	Magasa S.A.	Melipeuco	Novena	5	2	0
Jauja	F. Mininco S.A.	Collipulli	Novena	6	6	1
Chacay	Bosques Arauco S.A.	Cañete	Octava	0	2	0
Pillim-Pilli	Bosques Arauco S.A.	Cañete	Octava	0	0	1
Neltume	F.Neltume-Carranco S.A.	Panguipulli	Décima	5	5	0
TOTAL				16	15	2

Existen aún 25 árboles candidatos a plus sin sancionar.

Posterior a la sanción en terreno de los árboles candidatos, se realiza un análisis de los datos obtenidos y se compara en oficina, el árbol candidato con los de comparación y dependiendo de las diferencias en porcentaje, tanto en volumen, forma y altura; hay algunos árboles de *banco* que pueden pasar a ser *plus*. Esta sanción a posteriori es la que en definitiva posiciona a cada uno de los candidatos en las categorías indicadas anteriormente. No obstante, es necesario enfatizar que la selección a priori es la más importante y que la sanción a posteriori, es solamente correctiva.

Después de establecer dichas categorías los árboles plus sancionados por el proyecto formarán parte de huertos semilleros clonales, es decir las poblaciones de producción. Estos árboles, más los de banco y de conservación formarán parte de la población de mejoramiento, y la diferencia entre las dos últimas categorías radicará en la intensidad y grado de participación en los programas de cruzamientos controlados dentro de la población de mejora. Pero, como a todos los árboles candidatos se les colecta semilla



para que todos ellos participen en los ensayos de progenies, en el futuro las decisiones anteriores deben ser revisadas de acuerdo a la evaluación de sus respectivas progenies.

# DELIMITACIÓN DE PROCEDENCIAS PARA LAS ESPECIES ROBLE Y RAULÍ. Rodrigo Vergara, Ingeniero Forestal, Universidad Austral de Chile, Instituto de Silvicultura. Casilla 567, Valdivia. Chile

## RESUMEN

*Como aproximación inicial, el proyecto FONDEF "Mejoramiento Genético para Especies de Nothofagus de Interés Económico", generó un mapa preliminar de definición de procedencias con el fin de estimar la variabilidad genética. En base a este mapa se colectarán muestras de semillas y de hojas para realizar un análisis isoenzimáticos y establecer ensayos de procedencia. Para obtener este mapa se realizó un análisis de información bibliográfica, considerando antecedentes de las especies involucradas, tales como existencia y distribución actual de las poblaciones, variaciones climáticas latitudinales y altitudinales, límites fitogeográficos, etc.*

**Palabras claves:** *Procedencia, roble, raulí.*

## ABSTRACT

*As an initial approximation the FONDEF project "Genetic improvement for Nothofagus species with economic interest" generated a map of the preliminary provenance definition with the objective to estimate the genetic variability. Seeds and leaves will be collected to proceed with isoenzymatic analysis and to establish provenance test using this map as a base. To obtain the map it was necessary to undergo to a bibliographic information analysis, taking in consideration the characteristics of the species under study, with elements such as species' presence and actual distribution, latitudinal and altitude climatic variations, phytogeographic frontiers, etc.*

**Keywords:** *Provenance, roble, raulí*

## INTRODUCCIÓN

Cualquier iniciativa de mejoramiento o conservación genética debe estar basada en el conocimiento de la variabilidad genética de las especies. En el caso de las especies consideradas en el proyecto "Mejoramiento Genético para Especies de *Nothofagus* de Interés Económico", *Nothofagus obliqua* (roble) y *Nothofagus alpina* (raulí), la amplitud de sus distribuciones y las diferentes situaciones ecológicas en que se presentan hacen pensar en una alta variabilidad, la cual debe ser demostrada mediante la generación de ensayos de procedencia.

Con el fin de objetivar el muestreo de poblaciones para establecer estos ensayos de procedencia, se realizó un análisis de información bibliográfica, generando un mapa preliminar con una definición de procedencias, considerando antecedentes tales como existencia y distribución actual de las poblaciones que conforman una especie, variaciones climáticas latitudinales y altitudinales, límites fitogeográficos, etc.

## CRITERIOS DISCRIMINATORIOS

Considerando los antecedentes bibliográficos, es posible identificar cinco criterios discriminatorios para establecer límites geográficos y proponer procedencias.

### Distribución Geográfica Actual

A causa de procesos naturales tales como glaciaciones, erupciones volcánicas, etc., existen poblaciones que actualmente permanecen con un mayor o menor grado de separación y, por lo tanto, su dinámica y adaptación al medio de por sí es diferente, aunque no haya diferencias ambientales significativas entre ellas. Aún así, en cuanto mayores diferencias haya en el sitio, mayores probabilidades que se generen divergencias genéticas en el tiempo.

La distribución geográfica actual de ambas especies fue obtenida a partir de:

- a) Mapas vegetacionales con la cobertura arbórea en las Cordilleras de los Andes y de la Costa en las VII y VIII regiones. Mapas escala 1:100.000, con identificación de rodales de superficie mayor a 100 ha. Fuente: Proyecto 3181 - CODEFF, Santiago, Chile (1987).
- b) Mapa con la cobertura vegetal de la IX región. Mapa escala 1:250.000, Fuente: INFOR (1993).



- c) Información general del proyecto "Catastro y Evaluación de los Recursos Vegetacionales Nativos". Fuente: Listado preliminar. Presencia de roble y raulí. CONAF, Santiago (1997).

### **Variables Edafoclimáticas**

En base a la clasificación de los climas y suelos del país, se puede determinar a grandes rasgos, zonas con condiciones similares, considerando tipos de clima y grupos o familias de suelo. No obstante, según Schlatter et al. (1994), para una subdivisión territorial a una escala nacional o regional el factor que tiene mayor influencia en definir condiciones similares es el clima, ya que la condición edáfica define el sitio a una escala mucho menor.

Considerando este criterio, se usó el "sistema de ordenamiento de la tierra" para las Regiones VII, VIII y IX (Schlatter et al., 1994) y para la X Región (Schlatter et al., 1995), los cuales consisten en una división del territorio valiéndose de la variación longitudinal y latitudinal del clima. En este sistema se establecen "zonas de crecimiento" (variación longitudinal) y "distritos de crecimiento" (variación latitudinal).

Además se trazó los dos principales límites climáticos definidos por Fuenzalida (1965) según la clasificación de Köppen, entre Valparaíso y Puerto Montt, como una forma de dividir este tramo del territorio en tres zonas macroclimáticas.

- Csb1 : Clima templado-cálido con estación seca prolongada. (Valparaíso a Talca).  
 Csb2 : Clima templado-cálido con estaciones seca y lluviosa semejantes. (Talca a Los Ángeles).  
 Cfsb : Clima templado-cálido con menos de cuatro meses secos y clima de costa occidental con influencia mediterránea. (Los Ángeles a Puerto Montt).

### **La Cuenca como Unidad Geográfica**

Las cuencas de los ríos principales a lo largo de Chile están distribuidas de tal forma que van sucediéndose a medida que avanza la latitud y cambia el clima. Por ello, y considerando que la cuenca es una unidad ideal en la que fenómenos como dispersión del polen y semilla deberían formar un sistema relativamente cerrado, es una forma interesante para diferenciar poblaciones que se muestran continuas.

De acuerdo a un mapa del territorio nacional se trazaron, en la Cordillera de los Andes, siete líneas divisorias entre cuencas importantes desde la VI Región a Puerto Montt.

1. Río Claro - río Cachapoal
2. Río Tinguiririca - río Mataquito - río Claro - río Lircay
3. Embalse Colbún - río Longaví - río Perquilauquén

4. Río Itata
5. Río Bío Bío
6. Río Imperial - río Toltén
7. Río Cruces - río Calle Calle - lago Ranco
8. Río Pilmaiquén - río Rahue - río Maullín

### Límites Fitogeográficos

Los cambios vegetacionales existentes en un territorio, son de una gran relevancia para poder identificar barreras climáticas y frenos para los flujos de genes. Estos cambios pueden ser específicos, involucrando a una o pocas especies, o bien generales, en los cuales existe un cambio que aún cuando es gradual, implica la desaparición completa de grupos de especies, para dar paso a otras asociaciones vegetales.

Entre los cambios específicos, de acuerdo a Hormazábal y Benoit (1987), se identificaron los límites geográficos teóricos de las especies del género *Nothofagus* que crecen en el territorio, dividiéndolos en límites de la Cordillera de la Costa, de la Cordillera de los Andes o de la Depresión Intermedia, según fuera el caso.

Considerando los trabajos de Donoso (1982), y Veblen y Schlegel (1982), en los bosques de Chile existe una evidente separación vegetacional, pudiéndose dividir el país en los bosques mediterráneos y los bosques del sur. Entre estos dos sectores existe un área de transición, en la cual se entremezclan las características de ambas zonas.

Bosques Mediterráneos: al norte de Chillán

Bosques del Sur: al sur de Los Ángeles

Zona Ecotonal: entre Chillán y Los Ángeles

### Diferencias Fenotípicas

Mediante la observación de variables de heredabilidad alta, tales como morfología de flores y frutos, o ciclos fenológicos; existe la posibilidad de inferir variaciones genéticas entre poblaciones, lo que permitiría posteriormente clasificarlos en grupos diferentes.

Los estudios de variabilidad existentes en especies de *Nothofagus* en el país, tales como los de Donoso (1979) en roble, los de Werner (1987) en raulí o los de Ordóñez (1986) en coihue, indican que existe una tendencia en estas especies a variar en forma clinal, tanto latitudinal como altitudinalmente, lo que no permitiría establecer límites discretos entre las poblaciones de ellas. Sin embargo, Donoso (1979) encontró en roble un indicio para definir una variación discreta o ecotípica, analizando la capacidad germinativa de las distintas poblaciones estudiadas.

En este trabajo se determinó para el carácter "capacidad germinativa", la posible existencia de dos ecotipos que dividen las poblaciones de roble en las de Malleco

(Cordillera de los Andes, 38°12' Latitud Sur), al norte; y las de Villarrica (Cordillera de los Andes, 39°12' Latitud Sur), al sur.

## PROCEDENCIAS CONSIDERADAS

Debido a que en general, los bosques de especies del género *Nothofagus* presentan una distribución latitudinal continua, en la que no es posible definir límites entre poblaciones de cada especie, para determinar los límites entre procedencias, se utilizaron principalmente:

- a) Criterios climáticos: En base al sistema de ordenamiento de la tierra se pudo definir zonas con características climáticas relativamente homogéneas, las cuales en muchos casos hacen de límite entre procedencias. El criterio más importante es el que divide al país longitudinalmente en cinco zonas fisiográficas; vertiente occidental de la Cordillera de la Costa, Secano Interior, Depresión Intermedia, Precordillera Andina y Alta Cordillera Andina.
- b) Cambios de vegetación arbórea acompañante: Los más importantes son los relacionados con la desaparición abrupta de ciertas especies del género *Nothofagus*, tales como el fin de hualo en la VIII Región, el comienzo de coihue de Magallanes y coihue de Chiloé en la X Región, los límites del ruil en la VII Región o la presencia de raulí.
- c) Divisorias de cuencas importantes: En la Cordillera de los Andes se trató de hacer coincidir los límites de las procedencias con todas las divisorias de cuencas importantes, con el fin de mantener los flujos de genes que existen en una cuenca (y no existen entre dos cuencas vecinas) dentro de procedencias completas.

Además, donde se observó límites poblacionales, se utilizó este criterio (Ej: Diferenciación entre poblaciones andinas y cordilleranas costeras entre Santiago y Los Ángeles).

Se debe tener presente que esta división se hace independiente de la especie de *Nothofagus* considerada, por lo que es válida para roble y raulí, y para otras especies del género.

En la Figura 1 se identifica cada procedencia con un código binomial que contiene un número correlativo y una letra. Esta letra indica si es una procedencia de la Cordillera de la Costa (**C**), si es una procedencia de la Cordillera de los Andes (**A**) o de la Depresión Intermedia (**D**).



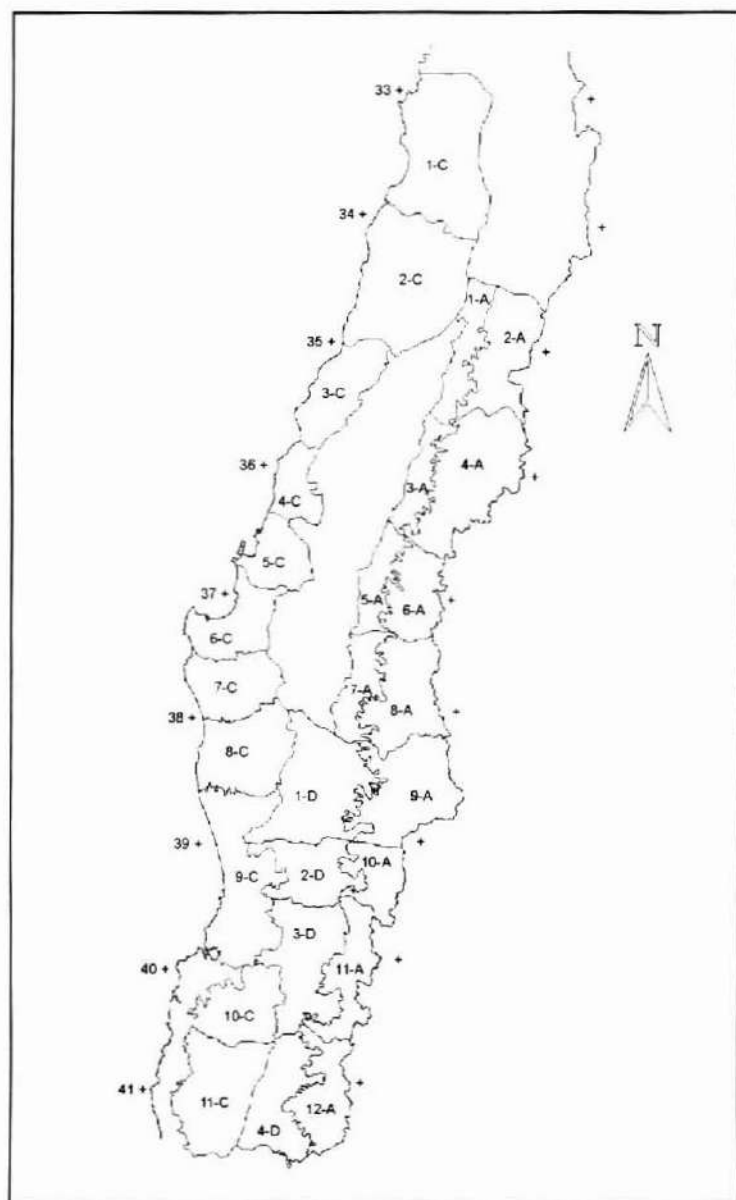


Figura 1. MAPA DE PROCEDENCIAS

A continuación se entrega un listado con las procedencias identificadas y las características más relevantes de cada una.

- LOCAL : Localización espacial en el territorio nacional.  
 DISTRITO : Distritos del Sistema de Ordenamiento de la Tierra que involucra.  
 CLIMA : Tipo de macroclima presente según la clasificación de Fuenzalida (1965).  
 ALTITUD : Rango de altitud de la procedencia en msnm.  
 BOSQUE : Tipo de bosque según división de Donoso (1982) y Veblen y Schlegel (1982).  
 NOTHO : Especies del género *Nothofagus* presentes.

### 1-C Santiago Costa

- LOCAL : Cordillera de la Costa. Regiones V y Metropolitana.  
 CLIMA : Templado-cálido con estación seca prolongada.  
 ALTITUD : 700 a 2.200 msnm.  
 BOSQUE : Mediterráneos.  
 NOTHO : Sólo roble de Santiago

### 2-C Pichilemu

- LOCAL : Cordillera de la Costa. Entre estero Alhué y río Mataquito  
 CLIMA : Templado-cálido con estación seca prolongada.  
 ALTITUD : 300 a 900 msnm.  
 BOSQUE : Mediterráneos.  
 NOTHO : Hualo. Transición entre roble de Santiago y roble.

### 3-C Río Maule

- LOCAL : Cordillera de la Costa. Entre río Mataquito y Linares.  
 DISTRITO : 0-0 y 0-1 (R.M. Centro).  
 CLIMA : Templado-cálido con estación seca y lluviosa semejantes en cuanto a duración.  
 ALTITUD : 300 a 900 msnm.  
 BOSQUE : Mediterráneos.  
 NOTHO : Ruil, roble y hualo. Aparece coihue.

### 4-C Quirihue

- LOCAL : Cordillera de la Costa. Entre Linares y río Itata.  
 DISTRITO : 0-2 y sector sur oeste del 1-2 (R.M. Centro).  
 CLIMA : Templado-cálido con estación seca y lluviosa semejantes en cuanto a duración.  
 BOSQUE : Mediterráneos.  
 NOTHO : Roble, hualo y coihue.

### **5-C Concepción**

LOCAL : Cordillera de la Costa. Entre río Itata y Hualqui.

DISTRITO : **0-3** y sector al sur oeste del río Itata del **1-3** (R.M. Centro).

CLIMA : Templado-cálido con estación seca y lluviosa semejantes en cuanto a duración.

BOSQUE : Transición mediterráneos - del sur de Chile.

NOTHO : Roble y coihue. Pequeños bosquetes de raulí

### **6-C Arauco**

LOCAL : Cordillera de la Costa. Entre Hualqui y Curanilahue.

DISTRITO : **0-4** (R.M. Centro).

CLIMA : Templado-cálido con estación seca y lluviosa semejantes en cuanto a duración.

BOSQUE : Transición mediterráneos - del sur de Chile.

NOTHO : Roble y coihue. Pequeños bosquetes de raulí

### **7-C Nahuelbuta**

LOCAL : Cordillera de Nahuelbuta. Entre Curanilahue y Contulmo.

DISTRITO : **0-5** (R.M. Centro).

CLIMA : Templado-cálido con estación seca y lluviosa semejantes en cuanto a duración.

BOSQUE : Transición mediterráneos - del sur de Chile.

NOTHO : Raulí en forma importante. Roble, lenga y coihue.

### **8-C Galvarino**

LOCAL : Cordillera de la Costa. Entre Contulmo y Temuco.

DISTRITO : **0-6** y **1-6** (R.M. Centro).

CLIMA : Transición entre el clima templado-cálido con estación seca y lluviosa semejantes en cuanto a duración, y clima templado-cálido con menos de cuatro meses secos.

BOSQUE : Del sur de Chile.

NOTHO : Raulí, roble y coihue.

### **9-C Budi-Cruces**

LOCAL : Cordillera de la Costa. Entre Temuco y Valdivia.

DISTRITO : **0-7** y **1-7** (R.M. Centro) y **0-0** y **1-0** (R.M. Sur)

CLIMA : Templado-cálido con menos de cuatro meses secos.

BOSQUE : Del sur de Chile.

NOTHO : Roble y coihue.



**10-C La Unión**

- LOCAL : Cordillera de la Costa. Entre Valdivia y Osorno.  
 DISTRITO : **1-1** (R.M. Sur)  
 CLIMA : Templado-cálido con menos de cuatro meses secos y de costa occidental con influencia mediterránea.  
 BOSQUE : Del sur de Chile.  
 NOTHO : Roble, raulí, coihue, coihue de Chiloé y coihue de Magallanes.

**11-C Hueyusca**

- LOCAL : Cordillera de la Costa. Entre Osorno y Puerto Montt.  
 DISTRITO : **1-2** y **1-3** (R.M. Sur)  
 CLIMA : De costa occidental con influencia mediterránea.  
 BOSQUE : Del sur de Chile.  
 NOTHO : Roble, raulí, coihue, coihue de Chiloé y coihue de Magallanes.

**1-A Curicó bajo**

- LOCAL : Cordillera de los Andes. Cuencas río Tinguiririca, Mataquito, Claro y Lircay.  
 DISTRITO : **3-0** y parte norte de **3-1** (R.M. Centro)  
 CLIMA : Templado-cálido con estación seca prolongada.  
 ALTITUD : Bajo 1.300 msnm.  
 BOSQUE : Mediterráneos.  
 NOTHO : Roble de Santiago, roble, raulí, coihue y hualo.

**2-A Curicó alto**

- LOCAL : Cordillera de los Andes. Cuencas río Tinguiririca, Mataquito, Claro y Lircay.  
 DISTRITO : **4-0** y pequeño sector noroeste de **4-1** (R.M. Centro).  
 CLIMA : Transición entre el clima templado-cálido con estación seca prolongada y el clima templado-cálido con estación seca y lluviosa semejantes en duración.  
 ALTITUD : Sobre 1.300 msnm.  
 BOSQUE : Mediterráneos.  
 NOTHO : Roble de Santiago, roble y hualo.

**3-A Bullileo**

- LOCAL : Cordillera de los Andes. Cuencas embalse Colbún, río Longaví y río Perquilauquén límite sur, río Ñuble.  
 DISTRITO : Sur de **3-1**, **3-2** completo y pequeño sector norte de **3-3** (R.M. Centro).

- CLIMA** : Transición entre el clima templado-cálido con estación seca prolongada y el clima templado-cálido con estación seca y lluviosa semejantes en duración.
- BOSQUE** : Mediterráneos.
- ALTITUD** : Bajo 1.200 msnm.
- NOTHO** : Roble, raulí, coihue y hualo.

#### **4-A Río Melado**

- LOCAL** : Cordillera de los Andes. Cuencas embalse Colbún, río Longaví y río Perquillauquén límite sur, río Ñuble.
- DISTRITO** : **4-1**, **4-2** y norte de **4-3** (R.M. Centro).
- CLIMA** : Templado-cálido con estación seca y lluviosa semejantes en duración.
- BOSQUE** : Mediterráneos.
- ALTITUD** : Sobre 1.200 msnm.
- NOTHO** : Roble, hualo y lenga.

#### **5-A Los Lleuques**

- LOCAL** : Cordillera de los Andes. Desde río Ñuble a río Laja.
- DISTRITO** : **3-3** y norte de **3-4** (R.M. Centro).
- CLIMA** : Templado-cálido con estación seca y lluviosa semejantes en duración.
- BOSQUE** : Transición mediterráneos - del sur de Chile.
- ALTITUD** : Bajo 1.100 msnm.
- NOTHO** : Roble, raulí y coihue.

#### **6-A Termas de Chillán**

- LOCAL** : Cordillera de los Andes. Desde río Ñuble a río Laja.
- DISTRITO** : Sur de **4-3** y norte de **4-4** (R.M. Centro).
- CLIMA** : Templado-cálido con estación seca y lluviosa semejantes en duración.
- BOSQUE** : Transición mediterráneos - del sur de Chile.
- ALTITUD** : Sobre 1.100 msnm.
- NOTHO** : Roble, raulí, coihue y lenga.

#### **7-A Santa Bárbara**

- LOCAL** : Cordillera de los Andes. Desde río Laja a laguna Malleco.
- DISTRITO** : Sur de **3-4** y **3-5** (R.M. Centro).
- CLIMA** : Templado-cálido con estación seca y lluviosa semejantes en duración.
- BOSQUE** : Transición mediterráneos - del sur de Chile.
- ALTITUD** : Bajo 1.000 msnm.
- NOTHO** : Roble, raulí y coihue

**8-A Ralco**

- LOCAL : Cordillera de los Andes. Desde río Laja a laguna Malleco.  
 DISTRITO : Sur de **4-4** y **4-5** (R.M. Centro).  
 CLIMA : Templado-cálido con estación seca y lluviosa semejantes en duración.  
 BOSQUE : Transición mediterráneos - del sur de Chile.  
 ALTITUD : Sobre 1.000 msnm.  
 NOTHO : Roble, raulí, coihue y lenga

**9-A Alto Bío Bío**

- LOCAL : Cordillera de los Andes. Desde laguna Malleco a Melipeuco.  
 DISTRITO : Sur de **4-6** y norte de **4-7** (R.M. Centro).  
 CLIMA : Templado-cálido con menos de cuatro meses secos.  
 BOSQUE : Del sur de Chile.  
 ALTITUD : Sobre 900 msnm.  
 NOTHO : Roble, raulí, coihue y lenga.

**10-A Curarrehue**

- LOCAL : Cordillera de los Andes. Desde Melipeuco a volcán Villarrica.  
 DISTRITO : Sur de **4-7** (R.M. Centro).  
 CLIMA : Templado-cálido con menos de cuatro meses secos.  
 BOSQUE : Del sur de Chile.  
 ALTITUD : Sobre 900 msnm.  
 NOTHO : Roble, raulí, coihue y lenga

**11-A Lago Pirehueico**

- LOCAL : Cordillera de los Andes. Cuencas río Cruces, Calle Calle y lago Ranco  
 DISTRITO : **4-0** y **4-1** (R.M. Sur).  
 CLIMA : Templado-cálido con menos de cuatro meses secos y de costa occidental con influencia mediterránea.  
 BOSQUE : Del sur de Chile.  
 ALTITUD : Sobre 800 msnm.  
 NOTHO : Roble, raulí, coihue y lenga.

**12-A Lago Todos los Santos**

- LOCAL : Cordillera de los Andes. Cuencas río Pilmaiquén, Rahue y Maullín.  
 DISTRITO : **4-2** y **4-3** (R.M. Sur).  
 CLIMA : De costa occidental con influencia mediterránea.  
 BOSQUE : Del sur de Chile.  
 ALTITUD : Sobre 800 msnm.  
 NOTHO : Roble, lenga, coihue, coihue de Chiloé y coihue de Magallanes.



**1-D Río Cautín**

LOCAL : Depresión Intermedia y Precordillera Andina. Desde laguna Malleco a río Toltén.

DISTRITO : 2-6, norte de 2-7, 3-6 y norte de 3-7 (R.M. Centro).

CLIMA : Transición entre el clima templado-cálido con estación seca y lluviosa semejantes en duración, y clima templado-cálido con menos de cuatro meses secos.

BOSQUE : Del sur de Chile.

ALTITUD : Bajo 900 msnm.

NOTHO : Roble, raulí y coihue.

**2-D Lago Villarrica**

LOCAL : Depresión Intermedia y Precordillera Andina. Desde río Toltén a Lanco.

DISTRITO : Sur de 2-7, y sur de 3-7 (R.M. Centro).

CLIMA : Clima templado-cálido con menos de cuatro meses secos.

BOSQUE : Del sur de Chile.

ALTITUD : Bajo 900 msnm.

NOTHO : Roble, raulí y coihue.

**3-D Panguipulli-Ranco**

LOCAL : Depresión Intermedia y Precordillera Andina. Desde Lanco a Osorno.

DISTRITO : 2-0, 2-1, 3-0 y 3-1 (R.M. Sur).

CLIMA : Templado-cálido con menos de cuatro meses secos y de costa occidental con influencia mediterránea.

BOSQUE : Del sur de Chile.

ALTITUD : Bajo 800 msnm.

NOTHO : Roble, raulí y coihue.

**4-D Lago Rupanco**

LOCAL : Depresión Intermedia y Precordillera Andina. Desde Osorno a Puerto Montt.

DISTRITO : 2-2, 2-3, 3-2 y 3-3 (R.M. Sur).

CLIMA : De costa occidental con influencia mediterránea.

BOSQUE : Del sur de Chile.

ALTITUD : Bajo 800 msnm.

NOTHO : Roble y coihue.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Donoso, C. 1979.** Variación y tipos de diferenciación en poblaciones de roble (*Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst.). Bosque 3(1):1-14.
- Donoso, C. 1982.** Reseña ecológica de los bosques mediterráneos de Chile. Bosque 4(2):117-146
- Fuenzalida, H. 1965.** Clima. En: Geografía Económica de Chile. Texto Refundido. Corporación de Fomento de la Producción (CORFO). Santiago, pp 99-152.
- Hormazábal, C. y Benoit, I. 1987.** El estado de conservación del género *Nothofagus* en Chile. Bosque 8(2):109-120.
- Ordóñez, A. 1986.** Germinación de las tres especies de *Nothofagus* siempreverde y variabilidad en la germinación de procedencias de *Nothofagus dombeyi* (Mirb.) Oerst.). Tesis Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Austral de Chile.
- Schlatter, J.; Gerding, V. y Adriaola, J. 1994.** Sistema de ordenamiento de la tierra. Herramienta para la planificación forestal aplicada a las Regiones VII, VIII y IX. Serie Técnica, Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Austral de Chile. Valdivia. 114 p.
- Schlatter, J.; Gerding, V. y Huber, H. 1995.** Sistema de ordenamiento de la tierra. Herramienta para la planificación forestal aplicada a la X Región. Serie Técnica, Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Austral de Chile. Valdivia. 93 p.
- Veblen, T. y Schlegel, F. 1982.** Reseña ecológica de los bosques del sur de Chile. Bosque 4(2):73-115.
- Werner, J. 1987.** Determinación de períodos óptimos de estratificación para semillas de diferentes especies de raulí. Tesis Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Austral de Chile.

# USO DE LAS ÁREAS PRODUCTORAS DE SEMILLAS EN EL MEJORAMIENTO GENÉTICO FORESTAL. Braulio Gutiérrez C. Ingeniero Forestal, Instituto Forestal, Sede Concepción. Camino Concepción - Coronel Km 7,5. Casilla 109 C, Concepción, Chile.

## RESUMEN

*Se describen las características de las áreas productoras de semillas, analizándose su utilidad en un programa de mejoramiento genético forestal. Se entrega información recopilada de distintas fuentes en cuanto a establecimiento, manejo, producción y cosecha en áreas productoras de semillas.*

**Palabras clave:** *Mejoramiento genético, semillas, producción*

## ABSTRACT

*Features of seed production areas are described. Its usefulness in a forest tree genetic improvement program are analyzed. Information collected from different sources about establishment, management, production and harvesting of seed production areas are also given.*

**Keywords:** *Genetic Improvement, seeds, production*



## INTRODUCCIÓN

En términos generales el objetivo del mejoramiento genético forestal es aumentar la proporción de árboles deseables, en las sucesivas generaciones de plantaciones comerciales. En este sentido, el desarrollo de individuos mejorados es un objetivo intermedio, orientado a la consecución del objetivo final que es la producción en masa del material mejorado.

Todos los programas de mejoramiento genético forestal, incluso aquellos basados en el uso de propágulos vegetativos, deben contemplar en alguna de sus etapas la producción de semillas para poder obtener ganancias genéticas progresivas en el tiempo, o para masificar la producción de individuos mejorados.

Se pueden implementar diversas alternativas para producir en forma inmediata semilla con algún grado de mejoramiento. Entre otros, se puede citar la cosecha desde rodales superiores, la cosecha desde árboles individuales seleccionados y la creación de áreas productoras de semillas.

Todos los métodos mencionados son de uso temporal, y normalmente se abandonan cuando se dispone de un huerto semillero permanente.

Generalmente, sobre estos huertos semilleros permanentes se concentran las esperanzas de obtención de ganancias genéticas, subestimándose o pasándose por alto las potencialidades que ofrecen los procedimientos provisionales de uso temporal.

Normalmente se afirma que los procedimientos de producción de semilla mejorada previos a los huertos no permiten obtener beneficios importantes. Efectivamente, las ganancias asociadas a estos procedimientos son menores que las derivadas del uso de semilla de huerto, pero aún así, el solo hecho de cosechar desde fenotipos seleccionados permite obtener ganancias en adaptabilidad que justifican la implementación del método.

En atención a estas consideraciones, en el presente documento se analizarán las características y potencialidades de la implementación de áreas productoras de semillas, como una fuente inicial de semilla mejorada, en espera de la instalación de los huertos semilleros de primera generación.

Este documento fue elaborado en el marco del proyecto FONDEF "Mejoramiento genético para especies de *Nothofagus* de interés económico" y corresponde a la metodología que se ha adoptado en él para el establecimiento de áreas productoras de semillas.

## DEFINICIÓN DE ÁREA PRODUCTORA DE SEMILLAS (APS)

Un área productora de semillas es un rodal natural o una plantación joven que contiene un grupo de árboles que se han identificado como superiores al resto y que se

han conservado y manejado específicamente para la producción de semillas. En ellas se eliminan los fenotipos de poca calidad y se conservan sólo los mejores árboles para que se crucen entre sí y produzcan semilla con algún grado de mejora.

Estas estructuras de mejoramiento, generalmente corresponden a los primeros esfuerzos realizados al iniciarse un programa de mejoramiento genético.

Su uso suele ser temporal, destinándose a satisfacer las necesidades inmediatas de semilla, en espera de la creación o entrada en producción de los huertos semilleros que generarán semilla con un mayor grado de mejoramiento.

## UTILIDAD DE LAS ÁREAS PRODUCTORAS DE SEMILLAS

En el caso de especies valiosas, de alto interés económico, y que justifican la implementación de un programa de mejoramiento genético, el uso de las APSs se constituye en una alternativa rápida para el abastecimiento de semillas. En estos casos su utilización será de carácter temporal mientras se desarrolla el programa de mejoramiento que garantizará la producción de material genético superior para el mediano y largo plazo.

Para las especies menores o de importancia económica secundaria, en las que no existe el interés por desarrollar un programa de mejoramiento complejo, las áreas productoras de semillas ofrecen una posibilidad práctica y operativa de controlar la calidad de la semilla, asegurando su adaptabilidad y garantizando algún nivel de mejora.

## VENTAJAS ASOCIADAS AL USO DE LAS APSs

Las ventajas asociadas al uso de las áreas productoras de semillas se pueden resumir de la siguiente forma:

- Son de establecimiento rápido y simple.
- La producción de semillas ocurre en forma inmediata, no es necesario esperar años para que el área entre en producción.
- La semilla generada posee mejores cualidades genéticas que la semilla comercial corriente, especialmente en lo que se refiere a la adaptabilidad, características del fuste y de la copa, y resistencia a las plagas.
- Proporcionan semilla con origen geográfico conocido.
- Son de fácil acceso para la realización de los trabajos de cosecha y manejo.
- Son una fuente confiable de semilla bien adaptada a un costo moderado.

## GANANCIAS GENÉTICAS ASOCIADAS AL USO DE SEMILLAS PROVENIENTES DE APS

El grado de mejoramiento genético, o nivel de ganancia, a obtener con un APS dependerá de varios factores, pero fundamentalmente del grado de selección que en ella se representa, y de la heredabilidad de las características que se evalúan o se pretende mejorar.

A pesar de lo anterior, el grado de mejoramiento genético obtenido al usar semillas de APSs suele ser desconocido, pues los progenitores son seleccionados sólo por sus características fenotípicas y normalmente no se efectúan las pruebas de progenies correspondientes.

Aún así, en ocasiones estas pruebas se realizan y han permitido verificar que en las áreas semilleras de pino, en el sur de Estados Unidos, se conseguía sólo un limitado mejoramiento en el crecimiento en volumen (Zobel y Talbert, 1988). Este escaso mejoramiento en el crecimiento en volumen es consecuencia de la baja heredabilidad que normalmente exhibe este carácter; sin embargo, se observan ganancias en la calidad de los árboles, su resistencia a las plagas, y en general en características de adaptabilidad.

Efectivamente, antecedentes derivados de ensayos con plantas provenientes de semillas generadas en áreas productoras de las especies *Pinus elliotii* y *P. taeda* confirman que estas muestran una escasa o nula superioridad sobre plantas producidas con semilla comercial corriente, en lo que se refiere a tasas de crecimiento, pero que si son claramente superiores en forma, uniformidad y resistencia a pestes. En estos tres últimos aspectos, las plantas provenientes del APS se comparan favorablemente con familias obtenidas por polinización controlada (Rudolf et al, 1974)

A pesar de lo anterior, existen situaciones en que el mejoramiento en crecimiento ha sido razonablemente bueno en áreas productoras de semillas de plantaciones de especies exóticas, incluyendo pinos y eucaliptos. En este último caso, se obtiene una raza local introducida (Zobel y Talbert, 1988).

Existen escasos antecedentes específicos relacionados con la ganancia en volumen asociada al uso de APSs. Muniswami (1977) señala que progenies de Teca (*Tectona grandis*) generadas con semillas provenientes de rodales naturales transformados en áreas productoras de semillas, exhiben, en promedio, un 10% más de volumen que los árboles producidos con semilla comercial sin mejoramiento. Por otra parte, en Finlandia, Oskarsson (1971) menciona ganancias en volumen de un 6% en árboles de *Pinus sylvestris* generados con semilla de APS, respecto a otros de semilla comercial.

Más antecedentes relacionados con las ganancias genéticas obtenidas como consecuencia del uso de APSs se presentan en el Cuadro 1.



Cuadro 1  
GANANCIAS GENÉTICAS ASOCIADAS AL USO DE SEMILLAS DE APS.

ESPECIE	LUGAR	CARÁCTER	GANANCIA	FUENTE
<i>Pinus radiata</i>	N. Zelanda	DAP	sobre 6%	Shelbourne.1969
<i>Pinus radiata</i>	N. Zelanda	Rect Fuste	sobre 25%	Shelbourne.1969
<i>Cupressus lusitanica</i>	Kenya	DAP	sobre 25%	Dyson. 1969
<i>Pinus sylvestris</i>	Finlandia	Volumen	sobre 6%	Oskarsson. 1971
<i>Tectona grandis</i>		Volumen	sobre 10%	Muniswami. 1977

Derivaciones teóricas, de carácter general, realizadas sobre algunos supuestos asociados al proceso de transformación de un rodal natural en un APS, indican que la ganancia genética en volumen, como consecuencia del uso de APSs puede fluctuar entre el 6 y 12% (UACH-INFOR, 1996).

En la práctica, la ganancia aumentará en la medida que la intensidad de selección sea mayor. En este sentido, en la creación de las APSs la selección se verifica en dos niveles; primero la selección de rodales y después la selección de árboles dentro del rodal. La selección de árboles dentro del rodal está limitada por la existencia inicial de árboles y el número mínimo de ellos que se debe conservar para que el área sea eficiente, de aquí la importancia que la selección de los rodales a convertir sea lo más rigurosa posible.

## PROCEDIMIENTOS METODOLÓGICOS PARA EL ESTABLECIMIENTO DE APS

El establecimiento de un área productora de semillas es una actividad relativamente simple, que rendirá los mejores resultados en la medida que se respeten rigurosamente las siguientes consideraciones básicas:

### Selección de Rodales

Los rodales que en una primera inspección parecen apropiados para ser convertidos en APS frecuentemente resultan inconvenientes cuando se analizan con mayor detalle. En general, existen pocos rodales con edad y localización adecuada, y que además posean suficientes árboles de calidad para producción de semillas

El rodal que se transformará en APS debe ser el mejor de los rodales disponibles para ese sitio o localidad, y debe estar lo suficientemente alejado de otros de la misma especie con pobres características o de procedencias inadecuadas, de modo de evitar su contaminación con polen indeseable.

Idealmente el rodal debe ser puro, aunque se puede aceptar algún grado menor de mezcla con otras especies, siempre y cuando éstas no hibriden con la especie principal, o compitan con ella afectando su crecimiento y desarrollo.

Otros factores a considerar en la selección del rodal son su superficie y forma, topografía, número de árboles y edad.

### Superficie y Forma

El dimensionamiento de la superficie del APS, o del número de rodales a transformar en APSs, es función de consideraciones técnicas (características de la especie, posibilidades de endogamia, contaminación con polen indeseable, etc.); los requerimientos o demanda de semilla; y de factores económicos.

En general las áreas productoras de semillas deben tener una extensión mínima cercana a las cuatro hectáreas, debido a que el manejo de rodales pequeños es improductivo, y el riesgo de introducir polen extraño es grande.

Por otra parte, deben privilegiarse el uso de rodales de forma compacta y bordes simples, evitando en lo posible, rodales alargados o de contorno demasiado irregular. Estas consideraciones obedecen a la necesidad de favorecer la panmixia.

### Topografía

El rodal debe presentar una topografía que facilite el acceso y la realización de los trabajos de manejo y cosecha de semillas.

Idealmente debe ser un terreno plano y sin restricciones de acceso, lo que permite mecanizar algunas faenas y realizar visitas inspectivas durante todo el año.

### Número de Árboles

No existen especificaciones rígidas respecto del número inicial de árboles que debe contener un rodal que se transformará en APS. Al respecto, la consideración fundamental es que debe contar con suficientes árboles, de modo de permitir la selección de un número adecuado de individuos de alta calidad para conservarlos como productores de semilla.

Para que la colecta sea eficaz y se asegure una adecuada polinización, se debe conservar entre 40 y 400 árboles productores de semilla por hectárea. Zobel y Talbert (1988) señalan que es recomendable conservar del orden de 125 árboles por hectárea. Si esto no es posible, la conservación de 50 a 75 árboles por hectárea se considera apropiado para uso operativo (Zobel y Talbert, 1988). Por otra parte, si no se puede obtener más de 25 árboles por hectárea no es recomendable la transformación del rodal en un área productora de semillas. En el caso de coníferas norteamericanas, se señala que el número mínimo de árboles que debería conservarse en un APS, fluctúa entre 35 y 70 árboles por hectárea (Rudolf et al, 1974).

## Edad

Los rodales que se transformarán en APS deben tener la edad suficiente como para producir semilla y para que sus árboles desarrollen copas con adecuada cobertura para generar cosechas abundantes.

Ellos deben ser lo suficientemente viejos como para haber demostrado su adaptación al sitio (especialmente en el caso de plantaciones), haber exhibido superioridad sobre los rodales promedio, y tener la capacidad de producir buenas cosechas de semillas. Por otra parte, deben ser lo suficientemente jóvenes como para asegurar la producción de semillas durante varios años en el futuro, antes de que esta decaiga por pérdida de vigor.

En el sur de Estados Unidos la edad mínima para rodales de *Picea* que se transformarán en APS es de 30 años, mientras que la edad óptima se encuentra entre los 45 y 60 años (Rudolf et al, 1974). En esta misma región, Zobel (1988) indica que los rodales de especies de pino de entre 20 y 40 años de edad son apropiados para este fin.

En Gran Bretaña, Matthews (1962) señala que rodales de coníferas de 30 años, o de 40 en el caso de latifoliadas, son adecuados para constituir APSs.

Como antecedente complementario, en el Cuadro 2 se señalan las edades más adecuadas para la creación de APS en algunas coníferas del hemisferio norte.

Cuadro 2

### EDADES MÍNIMAS Y ÓPTIMAS PARA LA TRANSFORMACIÓN DE RODALES EN APS

ESPECIE	EDAD MÍNIMA (años)	EDAD PREFERIDA (años)
<i>Picea</i>		
<i>P. glauca</i>	30	45 - 60
<i>P. mariana</i>	30	45 - 60
<i>Pinus</i>		
<i>P. banksiana</i>	20	30 - 40
<i>P. elliotii</i>	20	30 - 40
<i>P. palustris</i>	25	30 - 50
<i>P. resinosa</i>	30	50 - 70
<i>P. strobus</i>	25	50 - 70
<i>P. taeda</i>	25	30 - 50

(FUENTE: Cole (1963) y Rudolf (1959), citados por Rudolf et al (1974))

## Transformación

Por transformación se entiende el conjunto de actividades que permite convertir al rodal seleccionado en un área productora de semillas. Esto se consigue fundamentalmente a través de la selección de los mejores árboles del rodal, la



eliminación mediante raleo de los demás árboles, el establecimiento de una zona de aislación y la señalización del área.

### Selección de Árboles Semilleros

En los rodales seleccionados para su transformación en APSs, los mejores árboles deben mantenerse en condiciones que les permitan producir semillas y ser polinizados por otros individuos de una calidad comparable.

El primer paso consiste en seleccionar y marcar a los mejores árboles como productores de semilla. Dependiendo de la especie, la calidad de los árboles y la edad del rodal, se seleccionan entre 40 y 400 árboles por hectárea. Estos árboles productores de semilla deben presentar atributos similares, aunque menos rigurosos, que los árboles seleccionados como plus para ingresar a un programa intensivo de mejoramiento.

Los árboles que conformarán el área semillera deben presentar las siguientes características:

- Ser vigorosos, fitosociológicamente dominantes o codominantes y libres de insectos y enfermedades.
- Tener un fuste recto y libre de defectos (acanaladuras, fibra espiralada, brotes epicórmicos, etc.)
- Las ramas deben ser pequeñas respecto del diámetro del fuste, y con un ángulo de inserción plano o cercano a 90° respecto al fuste.
- Las copas deben ser compactas, bien conformadas, con gran superficie foliar y buena poda natural.
- Tener antecedentes previos que indiquen que los árboles son capaces de producir semillas.

### Raleo

El raleo que sigue a la selección de los árboles productores de semillas, tiene por objeto eliminar a los individuos inferiores y, a la vez, permitir que los fenotipos selectos permanezcan en condiciones que favorezcan el desarrollo de sus copas y la producción de semillas. En la medida que esta intervención se realice adecuadamente, se obtendrán los mejores resultados en términos de ganancia genética y de abundancia en la producción y cosecha de semilla.

El momento en que se realiza esta intervención determina la temporada a partir de la cual se puede comenzar la utilización del APS. Si el raleo se ejecuta después que los árboles han florecido, los árboles superiores remanentes, ya habrán sido contaminados



por el polen de los individuos que se ralearon, y habrá que esperar hasta la próxima temporada para contar con semilla mejorada.

Como procedimiento, todos los árboles que no cumplan con las especificaciones indicadas anteriormente, o que sean capaces de hibridar o competir con la especie deseada, deben ser eliminados del APS mediante uno o más raleos. Esta consideración es de importancia fundamental, pues en la medida que se implemente rigurosamente, se podrá obtener el mejor resultado (ganancia) en la utilización del APS.

No se debe dejar ningún árbol que esté por debajo del estándar definido, **ni siquiera por razones de espaciamiento**. Inclusive, si en algunos sectores del rodal sólo existen fenotipos inferiores, **todos ellos deben eliminarse, aún cuando esto origine grandes espacios en el rodal** (Zobel y Talbert, 1988).

Por otra parte, para obtener una abundante cosecha de semilla, los árboles seleccionados como productores deben tener su copa expuesta a plena luz solar por lo menos en tres de sus costados. Si en sectores del rodal se encuentran varios fenotipos superiores juntos, algunos de ellos deberán sacrificarse de modo de permitir que los remanentes reciban suficiente luz para responder a la intervención.

Como regla general, se sugiere que el espaciamiento promedio entre los árboles que permanecerán como productores de semilla, sea igual a la mitad de la altura de los árboles dominantes y codominantes del rodal (Rudolf et al, 1974). Un espaciamiento de tal magnitud puede producir un incremento de hasta treinta veces en la producción de semillas de algunas coníferas (Cooley, 1970), pero a su vez conlleva el riesgo real de caída de árboles por efecto del viento.

Los daños causados por el viento en los árboles remanentes se pueden controlar efectuando intervenciones más suaves y frecuentes, de modo de acondicionar gradualmente al rodal a la mayor exposición al viento.

Ipinza (1997) señala que un rodal que ha sido intervenido silvícolamente y que presenta una baja densidad, puede ser transformado en APS con una o dos intervenciones de raleo. Esta situación corresponde a la de los rodales de roble y raulí seleccionados como candidatos a APS en el marco del proyecto FONDEF "Mejoramiento Genético para Especies de *Nothofagus* de Interés Económico". Por otra parte, si el rodal es denso y los árboles muestran una fuerte competencia, será necesario realizar más de dos intervenciones para liberar paulatinamente las copas de los árboles que conformarán el APS.

En el Cuadro 3, se entrega un esquema de raleos aplicable en rodales semilleros jóvenes.

Cuadro 3

## PLANIFICACIÓN DE RALEO EN RODAL SEMILLERO JOVEN.

NUM ARB/ha	RALEO (%)	AÑO DE INTERVENCIÓN
1.600	50	1 año después de cerrar las copas.
800	50	2 años después del primer raleo
400	75	2 años después del segundo raleo
100		

(FUENTE: Ipinza, 1997)

Otra consideración que debe observarse al realizar el raleo del rodal que se convertirá en APS, es que esta actividad debe ejecutarse con extremo cuidado, de modo de minimizar el daño que puedan sufrir los árboles remanentes. Los residuos de esta operación deben eliminarse del rodal para disminuir los riesgos de problemas sanitarios o incendios, y facilitar las operaciones posteriores de manejo y cosecha de semillas.

## Aislación

Para minimizar la contaminación de los árboles seleccionados como productores de semillas, con polen de árboles indeseables de zonas aledañas al APS, ésta debe rodearse por una franja de aislación, también llamada franja de dilución de polen. Aún así, debe considerarse que el aislamiento total es virtualmente imposible de obtener, debido a que el polen puede ser movilizado por distintos agentes a distancias considerables; por lo mismo, el objetivo de la franja de dilución no es eliminar totalmente la contaminación, sino reducirla a niveles mínimos.

En este aspecto recobran importancia las consideraciones mencionadas para la selección de rodales, especialmente las referentes a la distancia que este debe conservar de las fuentes de polen contaminante.

Como regla general, Ipinza (1997) menciona que el APS debe estar separado de plantaciones u otras fuentes de polen en un radio de un kilómetro. Si esto no es posible, se debe intervenir las plantaciones cercanas al APS con un criterio similar al utilizado para el establecimiento del área productora de semillas, vale decir, eliminando a los fenotipos indeseables.

El área productora de semillas debe estar completamente rodeada por una franja de dilución de polen de un ancho variable según características de la especie. Ella se compone de árboles de las mismas características que los del APS, pero desde los cuales no se efectuará cosecha de semillas.

En la práctica, en los rodales que se han raleado para transformarlos en APS, se define una zona de cosecha constituida por los árboles ubicados en la zona central del rodal, de este modo la zona de dilución queda definida en forma automática por los

árboles ubicados en la franja periférica, desde los cuales no se cosechará semilla. El ancho de esta franja es variable, definiéndose que el valor mínimo debería estar entre 60 y 100 metros (Ipinza 1997). Estudios de dispersión de polen realizados en algunas coníferas de la costa este de Estados Unidos permiten afirmar a sus autores que una franja de aislamiento de 150 metros es suficiente.

### Monumentación

La monumentación del área productora de semillas corresponde al establecimiento en terreno de señales que permitan su identificación. Para estos efectos suele ser suficiente un letrero que indique que el rodal es un APS, y algunas marcas que permitan identificar claramente la zona de cosecha de la zona de dilución de polen. Para esto último existen diversas alternativas, entre las más simples está la marcación con un anillo de pintura a la altura del dap y un número correlativo en los árboles que componen la zona de cosecha. Ipinza (1997) propone demarcar las zonas de cosecha y dilución con zanjas y postes enterrados en el suelo.

## MANEJO DE LAS ÁREAS PRODUCTORAS DE SEMILLAS

El manejo del área productora de semillas está orientado a asegurar la obtención de cosechas abundantes de semilla. Para estos efectos existen diversos tratamientos culturales, aunque su aplicación no es tan común en las APS como en los huertos semilleros.

Consideraciones tales como el riego, o la inducción de floración por medios hormonales, u otros, no son comunes en las APS y se reservan principalmente para los huertos semilleros.

Entre las principales consideraciones para el manejo de un APS deben considerarse la fertilización, el control de plagas y enfermedades, y las medidas de protección del rodal.

### Fertilización

Las aplicaciones de fertilizantes, junto con la apertura del rodal aumentan el vigor de los árboles, permitiendo obtener copas más densas y fuertes que producirán más frutos.

No obstante que la aplicación de fertilizantes puede mejorar la producción de semillas, en este aspecto hace falta información sobre dosis, compuestos a aplicar, épocas, y relación beneficio-costos de la aplicación.

Una prescripción efectiva de fertilización dependerá del conocimiento que se tenga de los requerimientos nutritivos de la especie y de la disponibilidad de nutrientes minerales en el suelo. Idealmente esta prescripción deberá estar basada en al menos dos años de ensayos en un rodal específico, en que al menos un año haya sido de buena



producción de semilla. Mientras no se cuente con esa información, se puede utilizar una prescripción de carácter general, como usar fertilización balanceada de NPK a razón de 450 kilos por hectárea, aplicado alrededor de cada árbol, una vez al año. La época de dicha aplicación también es crítica, pero si no se cuenta con información específica es recomendable efectuarla justo antes de la diferenciación de las yemas florales.

### Protección contra Pestes y Enfermedades

El control de insectos debe tener una alta prioridad en los rodales manejados para producción de semillas debido a que las cosechas de frutos y semillas son arrasadas anualmente por una gran diversidad de insectos. Las pérdidas por este concepto varían de año en año, pero rara vez son menores al 10%, y pueden fácilmente llegar a constituir más del 50% de la producción.

Una adecuada medida de control preventivo que debe implementarse en las APS son las inspecciones periódicas para detectar la presencia de plagas o de enfermedades que puedan afectar a la producción de semillas. Una temprana detección de estos problemas, asociado al conocimiento de los agentes, facilita su control y erradicación.

Las aspersiones con insecticidas para controlar a los insectos que dañan las semillas pueden hacerse en forma aérea o terrestre. Su eficiencia como medida de control suscita discusiones, pues es difícil conseguir aspersiones que cubran totalmente a grandes árboles, son costosas y pueden tener efectos ambientales secundarios. Particularmente compleja resulta su aplicación en el caso de especies cuyo vector de polinización lo constituyen precisamente los insectos.

A pesar de lo anterior, muchos agentes de pérdida de semillas pueden ser efectiva y económicamente controlados mediante aspersiones de insecticidas, especialmente cuando se aplican en forma aérea.

En el caso de los *Nothofagus* contemplados en el proyecto, particularmente en raulí, el principal agente de pérdida de semillas lo constituye el coleóptero *Perzelia spp.* El daño causado por este insecto consiste en la perforación de la semilla como consecuencia de la movilización de la larva por su interior. El daño puede ser total o parcial. En la primera situación se observan dos agujeros, uno de entrada y otro de salida de la larva, en este caso el insecto se alimenta de todo el embrión dejando sólo la testa de la semilla. En el segundo caso sólo se destruye una fracción del embrión quedando la mayor parte de él en la semilla. Una forma de daño secundario asociado a este insecto consiste en la defoliación o esqueletización de las hojas más próximas a la cúpula (Schmidt et al, 1979 citado por Loewe et al, 1996).

### Registros y Evaluación de Producción

El manejo del APS debe considerar la realización de evaluaciones de producción que deberán realizarse con registros diseñados especialmente e incluir todas las actividades



que se han realizado en el rodal. Con esta información se puede evaluar la eficiencia del APS para producir semilla; el momento en que debe efectuarse la cosecha; y decidir si el volumen de producción de semillas justifica o no la cosecha de un año determinado.

Una forma de realizar tales evaluaciones es inventariar en forma visual cada árbol, o una muestra de ellos, para determinar si existe una cantidad suficiente de semillas que garantice la colecta. Un procedimiento adecuado para estos efectos consiste en analizar, con la ayuda de binoculares, un sector específico de la copa y posteriormente extrapolar el número total de frutos en el árbol, a partir de la observación del sector determinado. En esta operación se debe tener en consideración que desde el suelo normalmente sólo se puede ver menos de la mitad del número total de frutos.

### Otras Medidas de Manejo

Después del raleo para conformar las APSs se deben remover los desechos y los árboles volteados. Esta operación facilita el acceso al área, reduce el riesgo de incendios, enfermedades y plagas, y facilita la ejecución de otras labores de manejo y cosecha de semilla.

Idealmente el APS se debe manejar libre de malezas y sotobosque en general. Esta consideración es especialmente válida cuando se pretende recoger la semilla con lonas extendidas en el suelo.

El APS debe estar rodeado, especialmente durante la temporada estival, de un cortafuego cuyas características aseguren su protección ante eventuales incendios.

### PRODUCCIÓN DE SEMILLAS ASOCIADA AL USO DE APS

Existen pocos antecedentes de producción de semillas en APSs, observándose que generalmente los árboles de un área productora de semillas producen más semilla que los de un rodal normal, esto como consecuencia del mayor espacio individual con que ellos cuentan y de las medidas de manejo tendientes a favorecer la producción de semillas.

Inmediatamente después del raleo que permite conformar el APS se puede observar una disminución en la producción de frutos y semillas como consecuencia del menor número de árboles por unidad de superficie. Posteriormente, en la medida que los árboles remanentes reaccionan a la intervención, la producción de semilla comienza a aumentar considerablemente. Por esta razón, la producción de semillas en el APS normalmente experimenta un desfase respecto al momento de la intervención.

En la Figura 1 se representa el porcentaje de incremento en la producción de semillas en un APS de la especie *Pinus taeda*, respecto del mismo rodal antes de la intervención. En él se observa que la producción de semillas se incrementa violentamente entre el segundo y tercer año después de la intervención, llegando a quintuplicarse y más

alrededor del cuarto año. También se hace evidente que el efecto de la intervención comienza a decrecer después del sexto año.

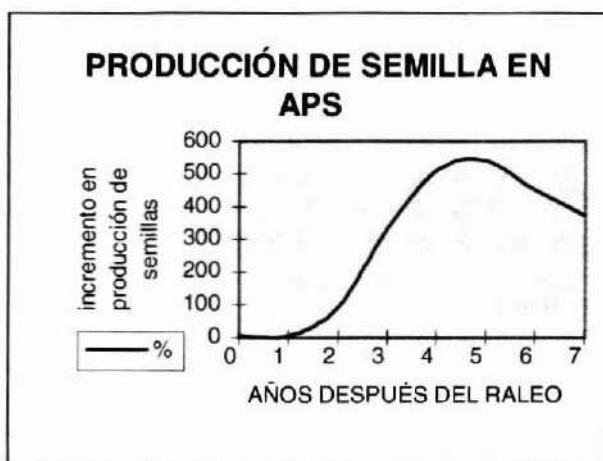


Figura 1. PRODUCCIÓN DE SEMILLA EN APS DE *Pinus taeda* DESPUÉS DE RALEO.

El incremento en la producción de semillas es muy variable. Cooley (1970) señala que en las condiciones de un APS la producción de conos en algunas coníferas puede aumentar en más de treinta veces. En el caso de áreas productoras de picea el aumento en la producción de semillas después del raleo que conformó el APS fue de 63%, mientras que en *Pinus taeda* hay antecedentes que la producción de las APS es entre 25 y 75% mayor que en cosechas corrientes.

Independiente de la magnitud de este incremento, no se debe olvidar que la ventaja del uso de semilla de APS está determinada por la calidad de la semilla, que es lo que en definitiva permite obtener algún grado de ganancia genética en las características que se pretende mejorar.

## COSECHA DE SEMILLAS EN UN APS

Básicamente existen dos formas de cosechar un APS, dependiendo de si es temporal o semipermanente. La primera de ellas se utiliza cuando abundan los rodales de buena calidad para constituir APSs. En este caso, los árboles que conforman el área productora son talados para efectuar la cosecha, actividad que se realiza en un año de buena producción de semilla. La ventaja de este método es que la semilla se obtiene a un bajo costo, pero no es aplicable a la situación de los rodales de roble y raulí en Chile, por cuanto existen pocos rodales de características compatibles con la creación de APSs y capaces de generar semillas hasta que esté disponible la proveniente de huerto semillero.

En las áreas semilleras semipermanentes se opera bajo el principio que se obtendrán varias cosechas de semillas antes de talar los árboles. En este caso la obtención de la semilla involucra un costo mayor.

En este segundo caso, la cosecha de semillas debe efectuarse tomando las precauciones necesarias para minimizar los daños a los árboles, que puedan afectar a las cosechas de los años venideros.

La cosecha propiamente tal puede efectuarse de distintas formas, una de ellas es la recolección de semillas sobre telas extendidas en el suelo. En estos casos la semilla puede haber caído en forma natural o haber sido desprendida del árbol usando sacudidores mecánicos. Esta opción en general presenta riesgos fitosanitarios para la semilla y extiende el período de colecta a toda la temporada de dispersión de semillas.

El método preferentemente usado para cosechar las APSs es con la participación de escaladores profesionales. De esta forma se puede coleccionar la semilla en el momento más oportuno y en un período de tiempo relativamente breve.

La trepa de árboles es una actividad cara que debe ser efectuada por personal capacitado y con experiencia. Aún así, en la medida que se hallan realizado apropiadas evaluaciones de producción antes de la cosecha, el costo puede ser minimizado al efectuar la cosecha sólo en años de buena producción de semilla, y descartando a los árboles con escasa producción.

Estudios realizados en APSs de *Pinus elliotii* indican que si se considera para la cosecha sólo a los árboles que en una evaluación preliminar demuestran tener más de 100 conos en la copa, el 91% de la producción de semillas se puede obtener a un 58% del costo que hubiese significado escalar todos los árboles del APS. En forma análoga, si la colecta se realiza sólo en árboles con más de 200 conos, se consigue el 61% de la cosecha a un 38% del costo total. Resultados similares se señalan para *P. taeda* y *P. echinata* (Rudolf et al, 1974).



## CONCLUSIONES

Durante los inicios de un programa de mejoramiento genético, las características de las APS y las ventajas asociadas a su utilización las convierten en excelentes herramientas al servicio de la producción operacional de plantas con algún grado de mejoramiento.

La calidad de semipermanente de las APS de roble y raulí que se implementarán en el marco del proyecto FONDEF "Mejoramiento Genético para especies de *Nothofagus* de interés económico", no impide que estas superficies sean destinadas finalmente a la producción maderera.

En compensación a la falta de información específica para APSs de roble y raulí, existe suficiente información para otras especies, particularmente coníferas, así como también antecedentes de carácter general, los cuales combinados con la experiencia práctica permitirán dimensionar eficientemente la creación y operación de APSs de las especies contempladas en el proyecto.

Los rodales seleccionados como candidatos a APS en el patrimonio de las empresas participantes del proyecto, reúnen las características casi definitivas de un APS, especialmente en calidad, densidad y pureza, por lo mismo su transformación se implementaría con una intervención relativamente sencilla.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cooley, J. 1970.** Thinning and fertilizing red pine to increase growth and cone production. USDA Forest Service. Research Paper N° 42. 5 p.
- Dyson, G. 1969.** Improvement of stem form and branching characteristics in Kenyan cypresses. En: World Consultation on Forest Tree Breeding. V. 1. FAO. Documentos. Roma, Italia. Pp 303 - 315.
- Ipinza, R. 1997.** Establecimiento y Manejo de Rodales Semilleros de Especies Forestales. Borrador de Documento en Preparación. 22 p.
- Loewe, V.; Toral, M.; Freitte, G.; Camelio, M.; Mery, A. y López, C. 1996.** Monografía de raulí *Nothofagus alpina*. Instituto Forestal. Santiago. 61 p +8 anexos.
- Matthews, J. 1962.** Seed selection and tree breeding in Britain. For. Comm., 8th Brit. Common. For Conf. 1962. East Africa. 5 p.
- Muniswami, K. 1977.** Population improvement and hibridization of teak. En: Third World Consultation on Forest Tree Breeding. Camberra, Australia, 21- 26 March, 1977. Pp 507 - 544
- Nienstaedt, H. y Snyder, B. 1974.** Principles of genetic improvement of seed. En: Seeds of woody plants in the United States. Agriculture Handbook n° 450. Forest Service, U.S. Department of Agriculture. Washington D.C., USA. Pp. 41- 52.
- Oskarsson, O. 1971.** Selection diferencial and the estimate of genetic gain in plus stands. Folia Forestalia. 104 p.



**Rudolf, P.; Dorman, K.; Hitt, R. y Plummer, P. 1974.** Production of genetically improved seed. En: Seeds of woody plants in the United States. Agriculture Handbook n° 450. Forest Service, U.S. Department of Agriculture. Washington D.C., USA. Pp. 53 - 74.

**Schmidt, H; Ipinza, R. y Vial, L. 1979.** Regeneración en bosque nativo de raulí. estudio bibliográfico. Proyecto FO:DP/CHI/76/003. Documento de Trabajo n° 24. 124 p.

**Shelbourne, C. 1969.** Provenance seed stands and provenance conservation stands. Danida. Technical Note n° 14. 42 p.

**UACH-INFOR. 1996.** Mejoramiento Genético para Especies de *Nothofagus* de Interés Económico. Documento de formulación de proyectos. Tercer Concurso Nacional de Proyectos de Investigación y Desarrollo. FONDEF.

**Zobel, B. y Talbert, J. 1988.** Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales. Editorial Limusa. México. 545 p.

# COLECTA DE SEMILLAS DE ROBLE Y RAULÍ, PARA EL ESTABLECIMIENTO DE PRUEBAS GENÉTICAS. María Paz Molina B., Investigador Jefe de Proyecto, Instituto Forestal, Sede Concepción, Camino Concepción-Coronel Km 7,5. Casilla 109 C, Concepción, Chile.

## RESUMEN

*Se describe la metodología y los resultados obtenidos en una campaña de cosecha de semillas en árboles seleccionados de roble (**Nothofagus obliqua**) y raulí (**N. Alpina**). La actividad se enmarca en un proyecto FONDEF de mejoramiento genético para esas especies, y se analiza desde el punto de vista de su utilidad para el establecimiento de ensayos y pruebas de progenies.*

*Palabras claves: Mejoramiento genético, semillas, pruebas de progenie*

## ABSTRACT

*The methodology and results obtained from a seed harvest operation in roble (**Nothofagus obliqua**) and raulí (**N. alpina**) are shown. The task is included in a FONDEF project about genetic improvement of these species, and it is analyzed from a point of view of its usefulness for the establishment of genetic trials.*

*Keywords: Genetic improvement, seeds, progenies test.*

## INTRODUCCIÓN

Durante mucho tiempo los silvicultores no consideraron que los árboles forestales, al igual que los demás organismos vivos, poseen sistemas hereditarios que regulan los mecanismos de herencia, explicando el desarrollo de los árboles sólo en función del ambiente en que estos crecían, e ignorando la variabilidad genética que ellos representaban. Posteriormente, al conocer que el origen genético tiene un efecto sobre el desarrollo y crecimiento de los árboles y que los cambios y mejoras en su crecimiento y calidad se logran por medio de cruza y control de los progenitores, el mejoramiento genético forestal fue considerado a escala operativa.

Aún cuando la mayoría de las investigaciones en genética forestal son más bien recientes, algunas de ellas se realizaron siglos atrás. Estas si bien comprendían conceptos e ideas muy generales, contribuyeron al mejoramiento genético dando a conocer que el origen paterno es importante en los árboles forestales y que puede manipularse para ayudar al manejo y productividad del bosque.

## OBJETIVO DE LA COSECHA DE SEMILLAS

Dentro de la estrategia de mejoramiento genético definida para las especies de *Nothofagus* consideradas en el proyecto se propone el establecimiento de ensayos de progenie. Estos ensayos son de gran importancia debido a constituyen la base de información para administrar un programa de mejoramiento genético.

La proyección de esta estrategia en el largo plazo y garantizar la certeza de una selección adecuada de los mejores individuos en las primeras etapas del proyecto son información que se deriva principalmente de los ensayos de progenie.

La mejor forma de evaluar el valor genético de los progenitores seleccionados es cultivando su progenie en forma tal que permita estimar los valores de mejora de los progenitores. Esto lleva a distinguir entre los progenitores cuya superioridad fenotípica puede haber resultado de crecer en un buen ambiente y aquellos que son superiores debido a su constitución genética. Si los progenitores que están siendo probados ya han sido establecidos en un huerto semillero, la información derivada de la prueba de progenies permitirá eliminar a aquellos, a través de una depuración genética que nace como resultado de la evaluación de los parámetros genéticos de interés para cada una de las progenies. La obtención de estos resultados se basa principalmente en la medición y posterior evaluación de características fenotípicas; sin embargo, su comportamiento a nivel de familia (o progenie) determinarán si es más bien una característica genética o una de apariencia física (fenotipo) que puede estar dada por condiciones ambientales.

En general, las razones por las cuales todo programa de mejoramiento genético debe contemplar la realización de este tipo de ensayos son:



- Determinar el valor de mejoramiento de los padres a través de la evaluación de su progenie, considerando aquellos caracteres de interés tales como altura, diámetro, volumen, forma, etc. De esta forma se puede estimar el comportamiento de las poblaciones que se originen de las semillas obtenidas en los huertos semilleros.
- Determinar la magnitud de diversos parámetros genéticos, tales como heredabilidad de los caracteres seleccionados y aptitudes combinatorias general y específica. Según Balocchi (1982), la aptitud combinatoria general se puede definir como la capacidad de un clon para combinarse con otros clones y obtener una progenie de alto valor. Por su parte, la aptitud combinatoria específica es el valor que adquiere la progenie de un cruzamiento determinado en relación con la aptitud combinatoria general de los dos padres.
- Estimaciones de la ganancia genética en la primera generación de huertos semilleros y en las siguientes generaciones.
- Identificación de familias o clones para usos específicos como ser, resistencia a enfermedades, alto peso específico de la madera, resistencia a deficiencias edáficas, etc.
- Por último, la población generada a través del establecimiento de ensayos de progenie es una fuente de elección de árboles genéticamente superiores para las futuras generaciones de mejora.

En referencia al diseño de establecimiento de los ensayos de progenie como así mismo el método de polinización que se utilizaría son decisiones que se tomarán en el momento oportuno de este proyecto. Sin embargo, existen dos tipos de ensayos de progenie en base a semillas, es decir por reproducción sexual. Estos son los ensayos de progenie de polinización abierta, en que se conoce uno de los padres, y en consecuencia cada árbol origina familias de medios hermanos; y los ensayos de progenie de polinización controlada, donde generalmente ambos padres son conocidos, y por lo tanto se obtendrá familias de hermanos completos.

Dentro de los diseños utilizados para el establecimiento de ensayos de progenies existen varios tipos. Es así como, por ejemplo, el sistema denominado de Bloques incompletos facilita el establecimiento de ensayos de polinización abierta que por una parte permite una mejor evaluación de la capacidad combinatoria general y por otro permite, en el largo o mediano plazo, la derivación del ensayo de progenie a términos productivos en relación a la producción de semilla mejorada con posterioridad a la eliminación de individuos de crecimiento o características poco deseables, actividad conocida como depuración. En general, los ensayos de polinización abierta son, en términos de manejo, más económicos que los de polinización controlada; sin embargo, la semilla que se obtenga de ellos lleva intrínseco un menor valor genético en términos productivos esperados, no así respecto de la variabilidad genética que cada individuo genere, producto que la polinización en cada individuo puede ser a partir de más de un padre, y por lo tanto involucra más genes.

Con respecto a los ensayos de progenie de polinización controlada, existen también diseños bastante eficientes para facilitar el manejo y la obtención de información a modo de ejemplo se puede señalar el diseño de "Set in Block" en el cual se define un tipo de agrupación denominada sublínea en la cual se insertaría toda una procedencia con todas las familias involucradas en ella en forma contigua, facilitando con ello las labores de polinización controlada. En el caso de utilizar estos ensayos con posterioridad a la obtención de información para la producción de semilla mejorada, de acuerdo a su diseño, quedaría sujeto a su uso sólo a través de polinización controlada, cuya principal desventaja es el alto costo de operación que presenta esta técnica.

## METODOLOGÍA UTILIZADA PARA LA COSECHA DE SEMILLAS

En la mayoría de las especies forestales la fructificación se concentra en unas pocas semanas, y el objetivo del recolector es entonces obtener la mayor cantidad de en el breve plazo en el que las semillas están ya maduras, pero los frutos aún no han caído o abierto. Los frutos grandes indehiscentes o carnosos pueden recogerse del suelo, pero incluso en esos casos la recolección ha de hacerse con rapidez para evitar pérdidas debidas a animales, hongos o germinación prematura. La planificación previa de las actividades de recolección es por consiguiente esencial para asegurar que las operaciones se efectúen con la mayor rapidez y eficiencia posibles en el limitado tiempo que se dispone. Cuando la recolección se efectúa en plantaciones accesibles y de fácil observación, o en huertos semilleros, la necesidad de una preparación cuidadosa es menor. En cambio, cuando la recolección se lleva a cabo en bosques naturales de difícil acceso y en los que conviven muchas especies, se precisa una planificación muy cuidadosa para poder disponer de equipos recolectores capacitados que trabajen con herramientas y útiles adecuados, en el lugar preciso y en el momento oportuno. Además, cuando una cosecha contempla la identificación clara de cada uno de los árboles productores cualquier medida de cuidado debe extremarse. Esto es válido en cosechas comerciales y con fines de investigación, como es el caso que se describe a continuación.

Para el establecimiento de los ensayos de progenies, es fundamental la cosecha de semillas de individuos interesantes que abarquen en mayor medida el área de distribución de las especies considerando las distintas procedencias definidas a priori.

En la primera temporada de cosecha de semillas del proyecto FONDEF "Mejoramiento Genético para Especies de *Nothofagus* de Interés Económico", la colecta comenzó en el norte del área de distribución natural de roble y desde allí se desplazó hacia el sur, atendiendo a que la maduración y dispersión de las semillas se manifiesta antes en las procedencias más norteñas. En esa ocasión se utilizó como fuente de semillas a 77 árboles de roble y raulí seleccionados como candidatos a plus.

La cosecha de semillas propiamente tal se realizó con los servicios de un escalador profesional de árboles. El equipo de trabajo de este operario consiste de bototos con púas, cinturón de seguridad con arnés, casco y cuerda de andinismo. Esta última con el



fin de facilitar el descenso desde los árboles, disminuir el agotamiento del operario y fundamentalmente para disminuir el daño a los fustes al evitar que los árboles sean nuevamente clavados por las púas durante el descenso del escalador.

Considerando la escasa cantidad de semilla requerida por árbol, la faena se limitó a cortar algunas ramas con frutos visibles y a arrojarla al suelo, donde un equipo de ayudantes procedía a extraer los frutos. Cuando los frutos estaban muy maduros y se evidenciaba dispersión de semillas, las ramas eran bajadas suavemente hasta el suelo con la ayuda de una cuerda.

En cualquiera de los casos los frutos eran envasados en sacos plásticos claramente identificados y se despachaban a laboratorio para su procesamiento.

La separación de los frutos desde las ramillas fue efectuada en forma manual. Posteriormente, éstos fueron extendidos en delgadas capas sobre hojas de papel para permitir su aireación y secado a temperatura ambiente durante dos a tres días, facilitándose así su apertura y la liberación de las semillas.

La separación de las semillas desde los frutos se realizó con un sistema de tamices montados sobre un vibrador eléctrico. Posteriormente, la semilla limpia se pesó y almacenó, identificada por árbol individual, en envases plásticos dentro de un refrigerador a una temperatura de 4-5°C. Desde aquí se tomaron muestras de 10 gramos para efectuar el análisis de cada lote, el que consistió en la determinación de porcentaje de pureza, número de semillas limpias por gramo y número de semillas disponibles por peso total. Debido a la escasa cantidad de semilla disponible, no se efectuaron otras pruebas, privilegiándose su almacenado para posterior viverización y establecimiento de ensayos

## RESULTADOS DE LA COSECHA DE SEMILLAS

De los 77 árboles candidatos a plus, sólo 45 presentaban semillas al momento de la cosecha. El detalle de los árboles cosechados así como los antecedentes de la semilla colectada (pureza, nº de semillas por gramo de semilla limpia y cantidad disponible de semilla) se incluyen en el Cuadro 1.



Cuadro 1

## ANTECEDENTES DE LA SEMILLA DE ROBLE Y RAULÍ COLECTADA EN EL AÑO 1997

Especie	Lugar de selección	Nº de Árbol	Cantidad cosechada (g)	Pureza (%)	Nº semillas / g semilla limpia	Nº semillas disponibles	
Raulí	Nahuelbuta	1	78	47	203.4	7.457	
		2	222	90	89.3	17.849	
		3	189	69	107.1	13.967	
	Melipeuco	2	6	45	45	104.4	261
		3	70	68	105.0	4.998	
		5	39	89	73.9	2.566	
		11	70	87	68.2	4.151	
	Voipir Neltume	1	335	71	100.3	23.852	
		2	59	69	117.2	4.773	
		1	45	88	70.3	2.786	
		2	21	72	96.9	1.466	
		3	16	65	79.7	829	
		4	22	77	69.5	1.177	
		6	34	81	101.5	2.795	
		13	21	54	120.4	1.365	
		14	10	74	59.1	437	
		15	16	44	119.3	840	
		16	27	65	94.6	1.661	
	22	48	75	68.1	2.453		
	Jauja	1	139	87	81.5	9.855	
		5	398	94	80.3	30.049	
		7	117	91	70.9	7.547	
8		82	75	110.8	6.814		
12		44	83	103.1	3.766		
13		357	81	70.7	20.456		
14		201	86	115.5	19.959		
16		175	85	102.8	15.295		
19		164	92	81.1	12.234		
21		335	69	72.8	16.817		
22		122	54	84.6	5.575		
ROBLE	Melipeuco	4	9.6	85	100.4	823	
	Neltume	7	57	95	73.4	3.973	
		8	11	79	78.6	683	
		10	13	71	185.6	1.713	
		11	42	94	148.5	5.863	
		12	66	89	151.0	8.870	
		17	52	89	126.7	5.866	
		18	95	74	188.0	13.215	
		19	26	81	129.3	2.722	
		20	76	89	91.7	6.202	
		21	34	85	118.4	3.420	
		23	30	81	114.7	2.787	
		24	88	89	86.2	6.750	
25	87	89	126.2	9.770			
26	29	86	136.9	3.413			

En cuanto al rendimiento de la faena de cosecha, éste depende fundamentalmente de la distancia entre árboles, y de su accesibilidad, pues los tiempos de escalado y colecta son relativamente estables para los árboles cosechados. El número medio de árboles cosechados por día fluctuó entre 6 y 8. Cabe señalar que este rendimiento no es

comparable con el de una cosecha operacional de semilla, donde los volúmenes a extraer son mayores, y normalmente la distancia entre árboles y por ende los desplazamientos son menores.

## **UTILIDAD DE LA SEMILLA DE ÁRBOLES SELECCIONADOS EN UN PROGRAMA DE MEJORAMIENTO.**

En términos generales la semilla de árboles seleccionados constituye el medio para el establecimiento de nuevas plantaciones.

Particularmente en un programa de mejoramiento esta semilla puede ser utilizada para el establecimiento de ensayos de progenies, orientados a evaluar la calidad genética de los árboles seleccionados.

Esta última situación es la que se pretende desarrollar en el proyecto FONDEF "Mejoramiento Genético para Especies de Nothofagus de Interés Económico", donde los resultados de la cosecha de semilla anteriormente mencionada permitirán viverizar 30 progenies de raulí para el establecimiento de un ensayo de progenies.

En relación a las progenies de roble, estas sólo totalizan 15 unidades, motivo que sugiere su conservación hasta la próxima temporada, ocasión en que se complementará con una nueva cosecha, y entonces viverizarlas para el establecimiento de la prueba de progenie.

En esa nueva colecta se cosecharán los árboles que en esta ocasión no presentaban semillas, así como también los nuevos individuos que se seleccionen hasta ese momento. En el caso de raulí tales individuos darán lugar a un nuevo ensayo que se conectará con el de las semillas de esta temporada. En el caso de roble se complementarán las semillas y se establecerán todas en un solo ensayo.

A este respecto cabe señalar que los ensayos de progenie conectados corresponden a ensayos que poseen un número determinado de progenies en común por lo cual son comparables con ciertos sistemas de análisis estadístico. El objetivo principal de este modo de establecimiento de ensayos es subsanar el hecho de que existen árboles de los cuales no fue posible obtener semilla en la presente temporada. Por otra parte podría pensarse en la conveniencia de postergar la instalación de estos ensayos para la siguiente temporada, sin embargo es preferible dar inicio a este tipo de ensayos de manera de ir obteniendo información genética lo antes posible dado el corto horizonte del proyecto (3 años).

## CONCLUSIONES

Como experiencia del desarrollo de esta actividad se aconseja iniciar en forma temprana la colecta de las poblaciones de distribución norte, así como también efectuar continuas prospecciones, una vez comenzado el periodo estival, con el fin de verificar el estado de maduración de los frutos y seleccionar el momento más oportuno para la cosecha. Esto último como consecuencia del desfase temporal que se observa en la producción, maduración y dispersión de semillas de las especies de *Nothofagus* en función de factores ambientales.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**Balocchi, C. 1982.** Manual de Cruzamientos Controlados. Convenio de Mejoramiento Genético UACH-Empresas Forestales, Valdivia.

**FAO. 1991.** Guía para la Manipulación de Semillas Forestales. Estudio FAO Montes 20/2. Roma, Italia.



# **PROPOSICIÓN LOGÍSTICA PARA EJECUCIÓN DE ACTIVIDADES DE INJERTACIÓN.** Verónica Emhart S., Ingeniero Forestal, Universidad Austral, Instituto de Silvicultura. Casilla 567, Valdivia, Chile.

## **RESUMEN**

*En el presente artículo se establece una proposición logística para llevar a cabo el proceso de injertación, se propone el injerto de botella, se describe y se indican los principales cuidados culturales. Se pone especial énfasis en los aspectos de manejo de los patrones y de los rametos.*

**Palabras claves:** *Injertos, cuidados culturales, roble, raulí.*

## **ABSTRACT**

*A logistic proposition to carry out the grafting process it is proposed in the present article. It is suggested the bottle grafting, this method is described with its main cultural cares. Special emphasis is given in the management aspects of the patrons and ramets.*

**Keywords:** *Grafting, cultural cares, roble, rauli*

## INTRODUCCIÓN

En términos muy generales el injerto se puede definir como una técnica de propagación vegetativa en que se unen partes de dos plantas para que continúen su desarrollo como una sola. La parte aérea es denominada púa y proviene normalmente de individuos seleccionados, mientras que la porción basal denominada patrón proviene de plantas corrientes acondicionadas para este fin, o eventualmente, como es en el caso de frutales y algunas especies forestales, de una variedad especial desarrollada específicamente para servir a este propósito.

En el documento que se presenta a continuación, se exponen las características de un tipo particular de injertos, denominados “injertos de botella”, los cuales han generado promisorios resultados en algunas especies forestales, particularmente en la conformación de huertos semilleros clonales.

El establecimiento de huertos semilleros clonales es una actividad comprometida dentro del proyecto FONDEF “Mejoramiento Genético para Especies de Nothofagus de Interés Económico”, y que demanda un acabado conocimiento de las técnicas de injertación a nivel operacional. Por tal motivo, en el presente documento se describe la metodología a emplear para obtener resultados que garanticen la obtención de los rametos requeridos para conseguir dicho objetivo.

## DESCRIPCIÓN DEL INJERTO DE BOTELLA

Para realizar este tipo de injerto se selecciona una púa de 15 a 20 centímetros de longitud, a la cual se le extraen las hojas de su tercio basal, para luego efectuar en su zona central un primer corte destinado a extraer la corteza en una sección de 4 a 5 centímetros de largo, posteriormente en la misma zona del corte, se realiza un segundo corte más profundo, en dirección base a la punta de la púa con el objetivo de formar una lengüeta. Se moja constantemente el área afectada por el corte para evitar la oxidación de las células que allí se encuentran.

Posteriormente, se extraen las hojas y los brotes en el tercio inferior de la planta patrón. En el área despejada se extrae un trozo de la corteza de 4 a 5 cm de longitud, dejando el cambium expuesto. Luego se efectúa un corte más profundo hacia abajo para formar la lengüeta. Los cortes se sostienen con una pinza de ropa.

Finalmente, se entrelazan las lengüetas de manera tal que calcen perfectamente sin quedar dobladas en su interior, y tratando de hacer coincidir las capas de cambium de ambas partes. Luego, se cubre con elástico de injertación y “Podex Latex” en el sector de cicatrización, para evitar la entrada de hongos. En la Figura 1, se muestra un injerto de botella.

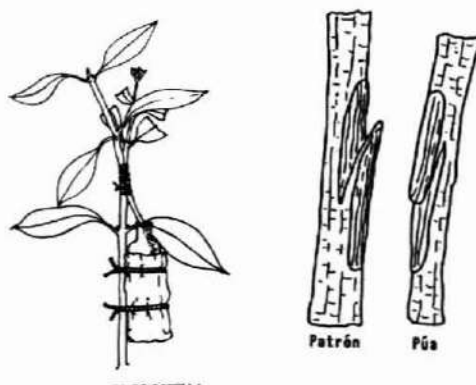


Figura 1. INJERTO DE BOTELLA

## METODOLOGÍA DE LAS ACTIVIDADES DE INJERTACIÓN

Las actividades de injertación para los fines del proyecto mencionado, deben realizarse en la temporada comprendida entre Agosto y Septiembre.

### Invernadero

El invernadero donde se realizarán los injertos está localizado en el predio Vista Alegre en la ciudad de Valdivia. Aledaño a él, se acondicionará un sombreadero, para los meses de mayores temperaturas dentro del invernadero.

### Metas a Alcanzar

Se pretende formar rametos para establecer dos huertos semilleros, uno de raulí y otro de roble. La cantidad de clones considerados para cada huerto será de 30. La superficie de cada huerto semillero será de 3 ha, si se considera un espaciamiento inicial de 5 x 5 m, el total de rametos por huerto será de 1.200, considerando 40 rametos de cada clon.

### Formación de los Rametos

Para la formación de los rametos, será necesario realizar tres actividades:

- Manejo de patrones
- Colecta de las púas
- Injertación y cuidados posteriores



Manejo de patrones. El proyecto cuenta con 10.000 plantas de raulí aportadas por Forestal Neltume-Carranco S.A., las cuales fueron trasplantadas a bolsas de 3,5 lt. Además, cuenta con 760 plantas de roble, que fueron aportadas por el Centro Experimental Forestal. Estas plantas fueron fertilizadas con Osmocote, que es un fertilizante granular de entrega lenta, y que se aplica directamente al sustrato. La dosis corresponde a 5 kg/m<sup>3</sup> de sustrato. Estas plantas deberán permanecer por lo menos tres meses en las bolsas a las cuales fueron trasplantadas. La edad de las plantas, de ambas especies, es de aproximadamente 2 años. Se les aplicará en forma periódica una rotación de tres fungicidas distintos y de un insecticida preventivo. Además, se regarán de acuerdo a las necesidades hídricas de las plantas.

Colecta de púas. Ésta se realizará en los diferentes predios en que se han efectuado las selecciones, se colectarán púas tanto de los árboles sancionados como plus, como también de banco y conservación genética; los primeros darán origen a los huertos semilleros, los segundos y terceros darán origen a los bancos clonales, para ambas especies.

Se espera que la injertación tenga un 50 % de éxito por lo tanto para obtener 40 injertos vivos, la cantidad de púas a colectar de cada clon serán de 80, más un 20 % por seguridad, es decir 96 en total.

Las características deseadas de las púas son las siguientes:

- Largo 25 a 30 cm
- Sanas
- Semilignificadas
- Con yemas a punto de brotar
- Sin frutos ni brotes nuevos

Para colectar las púas se organizarán dos cuadrillas, compuestas por tres personas: escalador, representante de la empresa y representante del proyecto.

Se estima que el tiempo necesario para la colecta y la llegada de las púas al invernadero será de 24 horas promedio, dependiendo de la distancia entre el predio y el invernadero.

Injertación y cuidados posteriores. En las labores de injertación, participarán cuatro injertadores, cuyo rendimiento aproximado es de 50 injertos/día. Considerando que las púas tienen una vida útil de 4 días (un día de traslado y tres días de injertación) en condiciones de alta humedad y bajas temperaturas, la cantidad de injertos diarios será de 200, en tres días 600. Si se consideran 80 injertos de cada clon, la cantidad de árboles a los cuales se les extraerá púas en cada viaje de colecta será de 7.

Considerando 2.400 injertos para tener 1.200 rametos vivos al momento de la plantación, la duración de las actividades de injertación será de 24 días efectivos.

Cada injerto será identificado con una etiqueta en que se estipula el origen del árbol seleccionado y un número correlativo.

La aplicación de productos químicos, fungicidas e insecticidas, a los injertos evitarán posibles enfermedades y muerte de los injertos.

## RESULTADOS ESPERADOS

La aplicación de la metodología propuesta permitirá operativizar el proceso de injertación y de esta forma generar un número apropiado de rametos vivos de cada clon para el establecimiento en terreno de un huerto semillero clonal de cada una de las especies contempladas en este programa de mejoramiento.

La habilitación de tales estructuras productoras de semilla mejorada, permitirán difundir este producto y garantizar un origen de alta calidad para las semillas que originen las plantas que se establezcan en las futuras plantaciones de roble y raulí que se realicen en el país.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**Anónimo. 1991.** Técnicas de Injertación en *Eucalyptus globulus*. Establecimiento Programa de Mejoramiento Genético. Bosques Arauco S.A. Cañete, Chile. 22 p.

**Gaymer, M. 1994.** Ensayo de una Técnica de Injertación para *Eucalyptus nitens* (Deane et Maiden) Maiden. Tesis de Ingeniero Forestal. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad de Chile. Santiago, Chile. 65 p.

**Hartmann, H. y Kester, D. 1985.** Propagación de plantas. Principios y Prácticas. Continental S.A. Traducido por Antonio Marino Ambrosio. México. 814 p.

# **HUERTO SEMILLERO CLONAL DE RAULÍ HUILLILEMU.**

Jorge Aichele, Universidad Austral, Instituto de Silvicultura. Casilla 567, Valdivia. Chile.

## **RESUMEN**

*Se indica la importancia del huerto como fuente semillera y para la conservación genética. Se hace una descripción del raulí con énfasis en las flores masculinas y femeninas, y en la semilla. Por último se analiza la fenología floral en los distintos rametos que forman el huerto.*

**Palabras claves:** *Huerto semillero, fenología, roble, raulí*

## **ABSTRACT**

*The importance of this orchards as a seed source and genetic conservation place is indicated. A rauli description with emphasis in masculine and feminine flowers, and its seeds, is given. Finally the floral phenology of the different ramets that conform the orchard is analyzed.*

**Keywords:** *Clonal seed orchard, phenology, roble, rauli.*



## INTRODUCCIÓN

La Corporación Nacional Forestal establece el Huerto Semillero Clonal Huillilemu en julio de 1989, localizado en la comuna de San José de la Mariquina, distante aproximadamente 65 kilómetros de la ciudad de Valdivia.

El Huerto Semillero se estableció sobre una superficie de 2,5 ha y estuvo constituido en una primera etapa por 1.156 rametos pertenecientes a 25 clones.

Una de las etapas más importantes y difíciles fue la determinación de los árboles plus, los que fueron seleccionados en los mejores rodales de la zona. Los árboles plus seleccionados se propagaron vegetativamente, para obtener una ganancia genética superior y una producción de semillas a más corto plazo. A través del tiempo se ha realizado fertilizaciones, control de malezas y ensayos en el Huerto. Los ensayos han consistido en la aplicación de Paclobutrazol para inducir un aumento en la floración de algunos rametos.

La finalidad inicial de este proyecto fue realizar ensayos de progenie que permitan evaluar la calidad de los árboles progenitores y el grado de heredabilidad de los diferentes caracteres seleccionados a través de su descendencia. En la actualidad debe considerarse el Huerto como una valiosa fuente de material genético, que debe ser aprovechada al máximo, aplicando en él un manejo intensivo y técnicas de cruzamiento controlado, que permitan asegurar la obtención de semillas de buena calidad.

## ANTECEDENTES GENERALES SOBRE RAULÍ (*Nothofagus alpina*)

### Distribución de la Especie.

Donoso (1978), asigna como límites de distribución de la especie, los siguientes: En la cordillera de Los Andes, el río Teno por el Norte, en la provincia de Curicó (35°L.S.); por el Sur, la provincia de Valdivia (40,5° L.S.). Y, la distribución se extiende desde el río Itata (36,5° L.S.) por el norte, y el norte de la provincia de Osorno (40,5° L.S.) por el sur, en la Cordillera de la Costa.

### Morfología

Raulí, es una especie arbórea monoica que pertenece al género *Nothofagus* de la familia de la Fagaceae. Presenta un fuste recto y cilíndrico, libre de ramas y con una copa pequeña; puede alcanzar alturas que llegan entre los 40 y 50 metros y diámetros de hasta 3 a 4 metros. La corteza en árboles jóvenes, es de color gris-café claro, surcada por franjas blancas anulares; en árboles maduros la corteza es lisa de color café claro o gris oscuro y agrietada en el sentido longitudinal del fuste.

## Flores

Las flores masculinas se presentan en racimos, de 2 a 3 con anteras erectas de 2 celdas contiguas, abriéndose en el sentido longitudinal. Las flores femeninas se presentan dentro de un involucreo de escamas imbricadas, a menudo numerosas, diferenciándose las flores centrales y las laterales, que darán origen a los frutos bialados y trialados respectivamente.

Las Figuras 1 y 2, muestran fotografías de la flores de raulí en tamaño natural, en la Figura 3 se muestran granos de polen de raulí, y en las Figuras 4 y 5 se observan flores bajo microscopio electrónico.



Figura 1. FLOR MASCULINA



Figura 2. FLOR FEMENINA

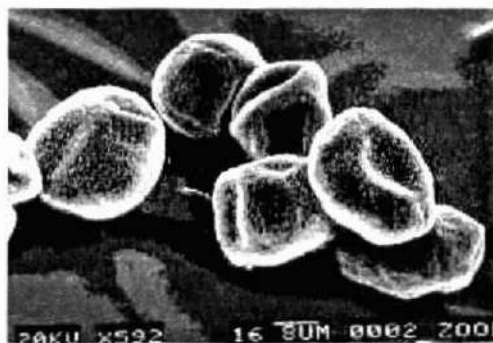


Figura 3. GRANOS DE POLEN VISTOS EN MICROSCOPIO ELECTRÓNICO



Figura 4. FLOR MASCULINA VISTA EN MICROSCOPIO ELECTRÓNICO



Figura 5. FLOR FEMENINA VISTA EN MICROSCOPIO ELECTRÓNICO

## Semillas

Ocupa todo el espacio interno del pericarpio, y es de color amarillento. No presenta endosperma; y en el embrión, muy desarrollado, se diferencia claramente la radícula en el ápice hacia la parte superior y los cotiledones que se encuentran plegados alrededor de ella.

Con relación al número de semillas por Kg, se ha estimado que este varía considerablemente, fluctuando entre 50.000 y 70.000 unidades por Kg, y 86.000 y 158.000 unidades por Kg.

## Fenología

Los *Nothofagus* del sur de Chile y Argentina son monoicos y florecen durante la primavera. El tiempo de floración varía entre Septiembre y Diciembre, con algún atraso en los sitios de mayor altitud o más australes.

En raulí las flores masculinas se desarrollan primero que las femeninas, lo que constituye una adaptación para evitar la autopolinización y favorecer la polinización cruzada.

En el Cuadro 1 se muestran los clones que presentaron floración según un seguimiento realizado en el año 1995.

Cuadro 1.  
RAMETOS QUE PRESENTARON FLORACIÓN EN 1995  
EN EL HUERTO SEMILLERO HUILLILEMU

CLON	BLOQUE	TIPO DE FLOR
28	38	Femenina y Masculina
30	45	Femenina y Masculina
4	38	Femenina y Masculina
4	31	Femenina y Masculina
8	36	Femenina y Masculina
37	21	Femenina y Masculina
37	20	Femenina y Masculina
6	3	Femenina y Masculina
6	1	Femenina y Masculina
36	7	Femenina y Masculina
36	8	Femenina y Masculina
26	45	Femenina y Masculina
26	38	Femenina y Masculina
24	36	Femenina y Masculina
24	35	Masculina
21	28	Masculina
3	19	Femenina y Masculina
3	6	Femenina y Masculina
32	19	Femenina y Masculina
23	11	Femenina y Masculina
31	4	Femenina
31	7	Femenina y Masculina



## ORIGEN DE LOS CLONES QUE FORMAN EL HUERTO SEMILLERO “HUILLILEMU”

El origen de los clones que conforman el Huerto Semillero Huillilemu, se muestra en el Cuadro 2.

Cuadro 2.

CLONES QUE CONFORMAN EL HUERTO SEMILLERO HUILLILEMU, SEGÚN SU ORIGEN, ALTITUD, LATITUD Y LONGITUD.

CLON	ORIGEN (Predio)	ALTITUD m.s.n.m.	LATITUD.	LONGITUD.
2	Releco	680	39°38'	72°09'
3	Carranco	750	39°55'	71°44'
4	Pilmaiquén	1.000	39°58'	71°48'
5	Pilmaiquén	670	39°54'	71°49'
6	Neltume	720	39°51'	71°53'
7	Pilmaiquén	860	39°58'	71°49'
8	Huilo-Huilo	620	39°51'	71°58'
11	Neltume	620	39°49'	71°58'
17	Paillahuinte	680	39°48'	72°03'
19	Neltume	700	39°51'	71°53'
21	Pirihueco	840	40°00'	71°41'
22	Pirihueco	840	40°00'	71°41'
23	Arquihue	880	40°03'	71°54'
24	Maihue	780	40°15'	71°01'
26	Maihue	----	40°16'	71°58'
28	Arquihue	620	40°08'	72°00'
30	Pilmaiquén	1.000	39°54'	71°51'
31	Pilmaiquén	880	39°54'	71°51'
32	Pilmaiquén	800	39°55'	71°49'
33	Pilmaiquén	800	39°55'	71°49'
34	Pilmaiquén	810	39°56'	71°55'
36	Pirihueco	720	40°04'	71°43'
37	Arquihue	880	40°09'	71°56'
38	Arquihue	540	40°07'	72°02'
39	Chechumalal	200	---	---
40	Chechumalal	200	---	---
36-1	Arquihue	670	40°07'	71°55'

## MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE LOS RAMETOS EN EL HUERTO SEMILLERO HUILLILEMU

El plano de distribución de los rametos en el Huerto Semillero Huillilemu se muestra en el Anexo

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Clasing, G. 1983.** Germinación y fructificación en *Nothofagus alpina* (Poep et Endl) Oerst, bajo diferentes condiciones de temperatura y sustrato. Tesis Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. 52 p.
- Donoso, C. 1993.** Bosques templados de Chile y Argentina, variación, estructura y dinámica. Editorial Universitaria. Valdivia, Chile. 483 p.
- Donoso, C. 1990.** Ecología Forestal, el bosque y su medio ambiente. Editorial Universitaria. Valdivia, Chile. 368 p.
- Riveros, M. 1995.** Fenología y flujo de polen en especies del género *Nothofagus*. International Journal of Experimental Botany. Volumen 57 (1) pág. 45-54.



## REGLAMENTO DE PUBLICACIÓN

**CIENCIA E INVESTIGACIÓN FORESTAL**, es una publicación técnica seriada del Instituto Forestal de Chile, que publica trabajos originales e inéditos, o avances de investigación de sus profesionales y de aquellos del Sector Forestal que deseen difundir sus experiencias en el área de la silvicultura, el manejo forestal, las industrias de la madera, problemas ambientales y otros temas relacionados con la actividad y desarrollo del Sector.

La publicación tiene un consejo editor que revisa en primera instancia los trabajos presentados y está facultado para aceptarlos, rechazarlos o solicitar modificaciones a los autores. Se cuenta además con un selecto grupo de profesionales de diversas especialidades, que actúan como editores asociados para la calificación especializada de estos. Para los efectos de esta calificación se mantiene en reserva tanto el nombre del autor como el de los editores asociados.

La publicación dispone de dos secciones:

**-Artículos:** Trabajos que contribuyan a ampliar el conocimiento científico o tecnológico como resultado de investigaciones que hayan seguido un método científico.

**-Apuntes:** Comentarios o análisis de temas particulares, que presenten enfoques metodológicos novedosos, representen avances de investigaciones, informen sobre reuniones técnicas o programas de trabajo y otras actividades de importancia dentro del Sector Forestal.

### ESTRUCTURA DE LOS TRABAJOS

#### **-Artículos:**

Los trabajos presentados para esta sección deberán contener: Resumen, Abstract, Introducción, Objetivos, Material y Método, Resultados, Discusión y Conclusiones, Reconocimientos (optativo) y Referencias. Si es necesario se podrán incluir adicionalmente Apéndices y Anexos.

El título deberá ser representativo del efectivo contenido del artículo y se deberá construir con el mínimo posible de palabras.

En el Resumen se hará una breve descripción de los objetivos del trabajo, de la metodología utilizada y de los principales resultados y conclusiones. La extensión máxima del Resumen será de una carilla y, al final de este punto, se incluirán al menos tres palabras claves que faciliten la clasificación bibliográfica del contenido de la publicación. El Abstract será evidentemente la versión en inglés del Resumen.

En el punto Objetivos se plantearán brevemente los fines generales del trabajo o la línea de investigación y se enunciarán los objetivos específicos del trabajo presentado.



En Material y Método se explicará cuidadosamente como se desarrolló el trabajo. En forma precisa y completa se dará una visión clara de la metodología aplicada y los materiales empleados en las investigaciones y estudios que han dado origen al trabajo presentado. Cuando la metodología no es original se deberán citar con claridad las fuentes de información. Se podrán incluir cuadros y figuras, pero se deberá cuidar que la información que se entrega por esta vía no sea repetitiva con aquella incluida en el texto.

El punto Resultados estará reservado para todos los resultados obtenidos, estadísticamente respaldados. No se deberán duplicar cuadros ni figuras y los comentarios que se incluyan en este punto serán sólo los indispensables para la fácil comprensión de la información presentada.

En Discusión y Conclusiones se analizarán los resultados obtenidos, sus limitaciones y su trascendencia, se relacionarán con la información bibliográfica previamente reunida y se podrán plantear necesidades de trabajos futuros que aumenten el conocimiento sobre el tema. Las Conclusiones rescatarán lo más valioso o consistente de los resultados y aquellos aspectos más débiles, que requieran de mayor trabajo o investigación.

Reconocimientos es un punto optativo destinado, cuando sea necesario, a los créditos correspondientes a instituciones, colaboradores, fuentes de financiamiento, etc. Es obvio que se trata de un párrafo de reducida extensión.

En las Referencias se identificarán todas las fuentes de información citadas en el documento.

Los Apéndices y Anexos se deben incluir sólo si su contenido es considerado indispensable para la cabal comprensión e interpretación del trabajo o si se estima que la información adicional que presentan es necesaria. Se deberá recordar que los Apéndices incluyen información o trabajo original del autor, en tanto que los Anexos están constituidos por información complementaria elaborada por terceros.

#### **-Apuntes**

Los trabajos para esta sección tendrán en principio la misma estructura que los Artículos, pero en este caso de acuerdo al tema, el grado de avance de las investigaciones o actividades y, en general, de la información disponible en cada caso, se podrá adoptar una estructura más simple prescindiendo de los puntos innecesarios.

#### **-Notas Bibliográficas**

En las Notas Bibliográficas se identificará detalladamente la publicación reseñada, se explicarán sus objetivos y la metodología empleada y se comentarán los principales resultados en función de su importancia o trascendencia para el Sector. El título de la nota bibliográfica será el de la publicación que se comenta seguido del nombre del o de los autores y la identificación de la institución y el editor. Se anotará asimismo el año de publicación y su extensión.

Al final de la nota se podrá incluir el nombre del autor de ésta, su título y especialidad y la institución a la que pertenece.

## PRESENTACIÓN DE LOS TRABAJOS

La publicación aceptará colaboraciones sólo en español, redactadas en lenguaje universal, que pueda ser entendido no sólo por los especialistas, ya que el objetivo es transferir conocimientos al Sector Forestal en general. No se aceptará redacción en primera persona.

El formato de los trabajos debe ser tamaño carta (21,6 por 27,9 cm) a espacio simple y doble espacio entre párrafos. La letra deberá ser tipo Courier paso 10. No se dejará sangría al inicio de cada párrafo. No se numerarán páginas.

La extensión máxima de los trabajos será de 35 carillas para los Artículos, de 20 carillas para los Apuntes y de 2 carillas para las Notas Bibliográficas.

En la primera página se incluirá el Título en mayúsculas, negritas y marginado a la izquierda. Inmediatamente después, dos espacios abajo y pegado al margen izquierdo, se ubicará el nombre del autor (o autores), título(s), institución(es) y dirección(es). En esta página se ubicará también el Resumen y, si el espacio es suficiente, el Abstract. Ambos con su título en mayúsculas negrita y pegado al margen izquierdo. Si el Abstract no cabe en esta página, se ubicará en página nueva y tanto éste como el resumen se centrarán en la o las páginas de acuerdo a su extensión.

En el caso de los Apuntes el título se pondrá en mayúsculas, negrita y pegado al margen izquierdo, anotándose a continuación el nombre del autor o de los autores, su profesión, institución y dirección, todo esto último en minúsculas y letra corriente. A continuación, en la misma página se incorporarán Resumen y Abstract.

De similar modo se procederá con las Notas Bibliográficas, con la diferencia que si se considera pertinente mencionar al autor de la Nota, éste se identificará al final.

En página nueva se iniciará la Introducción y a continuación se desarrollarán los siguientes puntos, sin cambiar necesariamente página desde Objetivos en adelante, pero dejando doble espacio antes y después de cada título principal.

Los títulos de los puntos principales (Introducción, Objetivos, etc.) se escribirán en mayúsculas, negritas y pegados al margen izquierdo. Los títulos de segundo orden se escribirán con minúsculas, negrita y en la misma ubicación, en tanto que los de tercer orden se ubicarán de igual modo, se escribirán en minúsculas y en letra corriente no negrita. Si se requieren títulos de cuarto orden, se usará letra corriente en minúsculas y se antepondrá un guión antes de estos. No se numerarán los títulos.

Los nombres científicos de especies vegetales o animales se destacarán en letra negrita, con la primera letra del género en mayúscula y las restantes en minúsculas.

Las citas bibliográficas se anotarán en minúsculas y letra corriente, mediante el sistema autor, año. Las referencias bibliográficas se ordenarán alfabéticamente en el punto Referencias, separadas por doble espacio. En este punto se usarán letras minúsculas en negrita para autor (es) y año y minúsculas corrientes para el resto de la identificación bibliográfica, pero la primera letra de

las palabras en mayúsculas. No se usarán sangrías a la izquierda. Las normas para esta identificación bibliográfica serán las del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA). Cuando los autores son tres o más se podrá anotar el nombre del primero seguido de et al, en el texto, pero en el punto Referencias se deberán mencionar todos los autores, en el orden en que aparecen en la publicación.

Los cuadros no deberán repetir información proporcionada en el texto, estarán enmarcados en línea simple y centrados, se numerarán correlativamente y en letras mayúsculas y en negrita se identificarán al centro en la parte superior, dejando un espacio entre el título y el marco. Tablas y otras formas similares de mostrar información se presentarán como cuadros.

Las figuras se identificarán de igual modo que los cuadros, si es posible tendrán un marco y se identificarán al centro y en la parte inferior. Gráficos, diagramas, fotos y similares se presentarán como figuras.

Tanto cuadros como figuras se citarán en texto como Cuadro N° o Figura N°.

Además, cuando la información que se presenta en cuadros o figuras no es original, se citará la fuente correspondiente al pie del marco, en letra corriente, en minúsculas y entre paréntesis. Información esta que, además se anotará completa en el punto Referencias. Si son necesarias aclaraciones de símbolos u otros elementos de cuadros y figuras se procederá de igual forma que con los antecedentes referentes a la fuente de información.

Se aceptarán fotos sólo en blanco y negro, siempre que reúnan las características mínimas de contraste y resolución como para ser satisfactoriamente reproducidas y su tamaño máximo sea de 12 cm (ancho) x 15 cm (alto).

Las abreviaturas, magnitudes y unidades corresponderán a las aceptadas por la norma Nch 30 del Instituto Nacional de Normalización (INN). Se utilizará en todo caso el sistema métrico decimal.

Si se hacen necesarias aclaraciones u observaciones a pie de página, estas se numerarán correlativamente en cada página, con número entre paréntesis ubicados donde sea necesario, y bajo una línea trazada al pie de página se proporcionará en igual orden correlativo la aclaración u observación correspondiente, en letra pequeña y corriente, no negrita. Esta nota de pie de página deberá estar siempre al pie de la misma página en la cual el texto la hizo necesaria.

## ENVIO DE LOS TRABAJOS

Los trabajos se deberán enviar al Editor de Ciencias e Investigación Forestal Instituto Forestal, Huérfanos 554, 2° piso Santiago.

Se agradecerá enviar original y una copia, además del original en diskette 3 1/2", procesador de texto Word Perfect o Word y gráficos en Excel.

Los cuadros y figuras se enviarán incluidos en el texto y, cuando sea necesario para una mejor reproducción, se adjuntarán originales en papel poliéster, especialmente en el caso de las figuras.

Todas las páginas, así como cuadros y figuras que se adjunten, deberán estar numeradas e identificadas con el nombre del autor por el envés con lápiz grafito.



# Ciencia e Investigación Forestal

Volumen 11 Nos. 1 y 2  
Diciembre de 1997

## CONTENIDO

---

Mejora Genética de Especies de Nothofagus de Interés Económico. Principios Básicos.	Roberto Ipinza.	5
Aspectos Teóricos en la Selección de Árboles Superiores.	Roberto Ipinza.	19
Procedimiento de Selección de Árboles Plus de Roble y Raulí.	Andrés Bello, Mauricio Navarrete.	29
Sanción de Árboles Plus.	Roberto Ipinza, Verónica Emhart.	37
Delimitación de Procedencias para las Especies de Roble y Raulí.	Rodrigo Vergara.	41
Uso de las Áreas Productoras de Semillas en el Mejoramiento Genético Forestal.	Braulio Gutiérrez.	55
Colecta de Semillas de Roble y Raulí, para el Establecimiento de Pruebas Genéticas	María Paz Molina.	73
Proposición Logística para Ejecución de Actividades de Injertación.	Verónica Emhart.	81
Huerto Semillero Clonal de Raulí Huillilemu.	Jorge Haichele.	87
<b>Reglamento de Publicación</b>		<b>95</b>

---