

# Liberación de Árboles de Porvenir como método de conducción de bosques de *Nothofagus dombeyi* para la producción de madera aserrable

Heinzle Facundo Gabriel<sup>1</sup>, Loguercio Ángel Gabriel<sup>1</sup>, Caselli Marina<sup>1</sup>, Graciano Corina<sup>2</sup>

**Palabras Clave:** Modelos de crecimiento, Cortas de mejora, Silvicultura.

## Introducción

Los bosques puros de *Nothofagus dombeyi* (coihue) en el Norte de la Patagonia Argentina cubren unas 159.000 ha. Son en su mayoría formaciones secundarias pos-fuego, resultado de incendios ocurridos hasta principios del siglo XIX. En la actualidad, representan un potencial maderero subutilizado en la región, ya que esta especie alcanza grandes dimensiones y presenta rápido crecimiento (hasta 1 cm por año) en diámetro a la altura del pecho (DAP, 1,3 m). En general, para el manejo de bosques coetáneos se utilizan herramientas basadas en diagramas de densidad y en la definición del nivel de ocupación que se quiere alcanzar en la cosecha. Como estos bosques no tienen historia previa de manejo, aplicar esta metodología puede derivar en masas remanentes con árboles con mala forma del fuste, o con elevados costos de intervención.

Una alternativa a este sistema de manejo es la selección de Árboles de Porvenir (AP) (Burschell & Huss, 2003; Miller et al. 2007), que consiste en la selección temprana de los individuos que llegarán a la cosecha, con el objetivo de liberarlos mediante las intervenciones. La selección se basa en criterios de forma y sanidad de los individuos, con foco en la calidad del fuste, y las intervenciones consisten en la corta de sus principales competidores con el fin de liberar recursos (aéreos y subterráneos) que favorezcan su crecimiento. Sin embargo, para poder elegir este sistema por sobre cualquier otro es necesario saber hasta qué edad los AP tienen una respuesta significativa a la liberación, cuál es el nivel de competencia óptimo y también saber cuántos AP habrá en el bosque según la edad del rodal.

Los objetivos de este trabajo fueron conocer cómo varía el número de AP según el estado de desarrollo de bosques puros de Coihue, y estudiar cómo la competencia interespecífica modula el crecimiento de los AP, en re-

lación al tamaño de los árboles y la calidad del sitio.

## Materiales y Métodos

Los datos para este trabajo se obtuvieron de parcelas circulares, temporales y permanentes, instaladas en la cuenca del Río Manso (41°44'03"S, 72°03'48"O), provincia de Río Negro, y se pueden diferenciar en tres tipos: parcelas de estructura (n = 48), parcelas de número de AP (n = 6) y parcelas de competencia (n = 53). En las parcelas de estructura (superficie entre 200 y 400 m<sup>2</sup>) se relevaron datos relativos a la estructura del dosel forestal: especie, diámetro a la altura del pecho (DAP), estado y forma, posición social y la ubicación de cada árbol mediante el rumbo y la distancia al centro de la parcela. También se registraron los árboles que reunían condiciones para ser considerados como AP. A una cantidad proporcional de los 100 árboles de mayor diámetro por hectárea (Assmann, 1970) se les midió la altura y se barrenaron para conocer su edad. Con la edad de los individuos, y la altura se calculó el Índice de sitio (IS), siguiendo ecuaciones desarrolladas por Carrizo (2001).

Las parcelas de número de AP tienen 500 m<sup>2</sup> y son concéntricas a las de estructura. En ellas solamente se registraron aquellos individuos con condición de AP y les midieron las mismas variables que a los árboles de las parcelas de estructura.

Las parcelas de competencia tienen 113 m<sup>2</sup>, centradas en un AP que se encontrase dentro de una de los otros dos tipos de parcelas, o en sus cercanías. En ellas se midieron las mismas variables que en las parcelas de estructura, sumando el tamaño de copas de todos los individuos comprendidos en la parcela, así como sus alturas. Se barrenaron los AP centrales con el objetivo de conocer el incremento anual en diámetro del AP.

Los tarugos fueron montados, pulidos y escaneados con una resolución de 1200 dpi, para luego procesar las imágenes con el *software* C-dendro y CooRecorder.

De las parcelas de estructura se calculó el diámetro cua-

1 Centro de Investigación y Extensión Forestal andino patagónico (CIEFAP). Contacto: info@ciefap.org.ar.  
2 Instituto de Fisiología Vegetal (InFiVe-UNLP). Contacto: institutodefisiologiavegetal@gmail.com.

drático medio (DCM) como proxy del estado de desarrollo del rodal. Con la información de las parcelas de competencia se calculó el índice de competencia (IC) de Hegyi (1974), definido como:

$$IC_i = \sum_j^n \frac{d_j}{d_i D_{ij}}$$

Donde  $IC_i$  es el índice de competencia para el  $i$ -ésimo AP,  $d_i$  es el DAP de dicho AP,  $d_j$  es el DAP de cada uno de los  $n$  vecinos, y  $D_{ij}$  es la distancia entre el AP y cada vecino.

Con esta información se ensayó un modelo jerárquico que relacione el crecimiento individual de los AP con la edad, el IC y el IS. Se optó por un modelo jerárquico por la estructura propia de los datos: se trata del DAP a la edad de  $i$  años, anidados en  $j$  individuos que se agrupan en  $k$  sitios distintos. Como método de ajuste se utilizó inferencia Bayesiana mediante el uso del paquete JagsUI del software R-studio. Se ajustó el modelo propuesto por Chauchard et al. (2001):

$$DAP_i = a_0 \left(1 - e^{-a_{1j} E} \right)^{\frac{1}{1-a_2}}$$

Donde  $DAP_i$  representa el DAP al año  $i$  de un árbol en función de su edad  $E$ .

Para introducir el IC y el IS en del modelo, se definió al parámetro  $a_1$  en función de ambas variables, ya que éste es el parámetro que controla la velocidad en la que el modelo alcanza su asíntota ( $a_0$ ).

$$a_{1j} = b_0 + b_1 IS_k e^{-IC_j}$$

Como el IC está determinado en el año de la medición, el ajuste se hizo considerando sólo los últimos 5 años de vida de cada AP, pues es el período de tiempo que nos atrevemos a asumir que el nivel de competencia fue constante.

Para analizar la correlación entre los valores de DAP observados y los predichos por el modelo, se simuló curvas de DAP-edad para distintas combinaciones de IC e IS. También se graficó el DAP observado al momento de la medición en función del DAP predicho para la misma edad, IC e IS.

## Resultados

Se graficó el número por hectárea de AP dentro las parcelas de estructura y de número de AP en función del DCM de cada parcela. También se graficó el logaritmo de ambas variables para visualizar su comportamiento lineal (Figura 1).

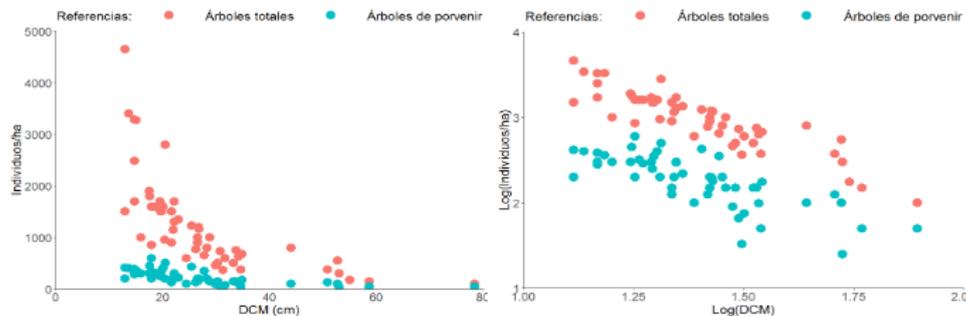


Figura 1: Panel izquierdo: gráfico de dispersión del número de individuos por hectárea en función del DCM de las parcelas de estructura y de número de AP. En rojo se representa el total de individuos, y en celeste sólo el total de AP. Panel derecho: gráfico de dispersión tomando logaritmo de ambas variables.

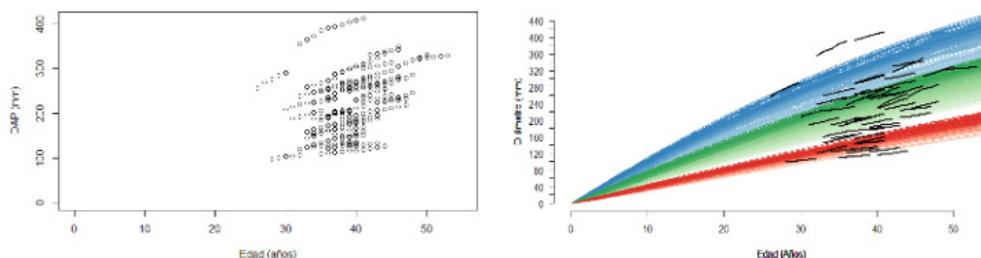


Figura 2: Panel izquierdo: gráfico de dispersión del DAP de los últimos 5 años de cada AP, en función de la edad correspondiente a cada diámetro. Panel derecho: evolución del DAP en función de la Edad observada (líneas negras continuas) y simulado (curvas coloreadas). En azul, verde y rojo se simuló calidades de sitio decreciente, y en la intensidad del color está representado el IC: a mayor competencia, más tenue es el color, a menor competencia más oscuro.

En la Figura 2 se graficó el DAP de los últimos 5 años de crecimiento de los AP estudiados y se representaron los mismos valores observados junto con las curvas simuladas para distintas combinaciones de IC e IS. En la Figura 3 se graficó la correlación entre los valores de DAP observados y los estimados a la edad del año en que se midieron.

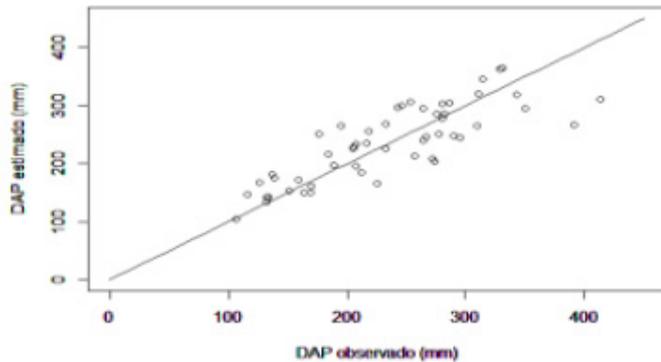


Figura 3: correlación entre el DAP observado al último año de crecimiento y el DAP estimado para el mismo año. La línea continua representa una relación 1:1.

### Discusión y Conclusiones

Se cuenta con suficiente información relativa a la cantidad de AP en función de la edad del rodal como para determinar si existe una cantidad suficiente de AP a la edad de inicio del manejo para alcanzar el DCM de cosecha objetivo dentro de la zona de manejo que se plantee. Esto permite comparar y decidir optar por éste método de manejo u algún otro.

En cuanto al modelo, consideramos que es una buena primera aproximación para incorporar el IS y la competencia como variables explicativas del crecimiento. El modelo jerárquico da un enfoque conceptualmente claro y útil al momento de definir y ajustar los parámetros. Sin embargo, es necesario incorporar más datos que abarquen las distintas combinaciones de las variables a fin de otorgarle mayor robustez a los resultados. Al liberar un AP de sus competidores (es decir, disminuir su IC) es de esperar que éste responda con un aumento en su tasa de crecimiento que se podría interpretar como un salto de una curva de DAP-edad para una combinación de IC-IS a otra curva de IC menor. Sin embargo, aún no se sabe cómo se produce ese salto, en qué tiempo alcanza la segunda curva, si es que en algún momento la alcanza. Para poder determinar la forma en que ocurre esta transición, sería necesario instalar ensayos donde se determine la tasa de crecimiento de individuos antes y después de un raleo de competidores.

### Agradecimientos

Al Dr. H. Ivancich del Servicio Forestal Andino y a los Ing. Forestales M. Perdomo, R. Parajón y al Técnico Forestal N. de Agostini que facilitaron datos de parcela de inventarios de planes de manejo, al Parque Nacional Nahuel Huapi, a Dante Lostra y a la Estancia Cacique Foyel por sus aportes y permisos para muestrear en sus campos. Los trabajos de campo se financiaron con recursos del MINCyT en CIEFAP.

### Bibliografía Citada

- Assmann E. 1970. The Principles of Forest Yield Study. <https://doi.org/10.1016/C2013-0-01587-3>
- Burschell P, Huss J. 2003. Grundriss Praxis des Waldbaus: ein Leitfadens für Studium und Praxis. 3. Auflage. UlmerVerlag. 486 S.
- Carrizo C. 2001. Evaluación de la calidad de sitio para *Nothofagus dombeyi* (Mirb.) Oersted, a través del índice diamétrico de sitio y el índice de sitio. Universidad Nacional del Comahue.
- Chauchard LM, Sbrancia R, Rabino A, Gonzalez Peñalba M, Maresca L. 2001. Modelos de crecimiento diamétrico para *Nothofagus dombeyi*. *Bosque*, 22(2), 53–68. <https://doi.org/10.4206/bosque.2001.v22n2-06>
- Hegyí F. 1974. A simulation model for managing jack-pine stands. *Growth Models for Tree and Stand Simulation.*, 74–90.
- Miller G, Stringer J, Mercker D. 2007. Technical Guide to Crop Tree Release in. The University of Tennessee Agricultural Extension Service, 24.