

Análisis de crecimiento de árboles maduros de lenga (*Nothofagus pumilio*) en bosques de la XII Región, Chile

Growing analysis of old lenga trees (*Nothofagus pumilio*) in forests at XII Region, Chile

Pablo Cruz Johnson^{a*}, Pablo Honeyman Lucchini^b, Alejandra Pezo Correa^b, Carlos Schulze del Canto^b

*Autor de correspondencia: ^aUniversidad Mayor, Escuela de Ingeniería Forestal, Altamira 1480, Vitacura, Santiago, Chile, pcruz@umayor.cl

^bUniversidad Mayor, Escuela de Ingeniería Forestal, Santiago, Chile.

SUMMARY

This study analyzes growth on mature lenga (*Nothofagus pumilio*) individuals. The methodology includes stem analysis, using tree rings digital image processing measurement. Cutting slices from stems of 28 individuals of lenga were analyzed. Slices were taken at heights of 30 centimeters and 1 meter, and from there up, every 2 meters until the tree-top. The 210 slices obtained were moved to a portable laboratory, sandpapered, scanned, and their images imported to Arc-View software. Calculation of radius length for each tree ring was made via screen vectorization of each slice. Polynomic regressions were carried out to obtain the local functions for tree volume and diameter. Average volume in 200 years was 0.9 m³/tree. The dominant tree group volume was 1.4 m³/tree. It was established that 62% of the total volume was reached during the last 60 years (140 to 200 years). Besides, lenga maintains high growth rates (IMA_{vol} and IPA_{vol}) being determined that its maximum growth rate is found over that rank. Two silviculture yield predictors for long rotation silviculture, in stands without silvicultural management, were proposed (VAP and IVP). These predictors anticipated that the volume corresponding to a period of 200 years (0.9 m³/tree) would be reached 50 to 70 years earlier if silviculture management were to be applied. Software for image processing is an effective, accessible and viable procedure for tree ring measurement.

Key words: lenga, GIS, tree rings, volume increment.

RESUMEN

Este estudio tuvo como objetivo analizar el crecimiento de individuos maduros de lenga (*Nothofagus pumilio*), mediante análisis de tallo, utilizando el procesamiento de imágenes digitales para la medición de anillos de crecimiento. Se analizaron 28 individuos de lenga mediante rodela cortadas a 30 centímetros, un metro y posteriormente cada dos metros hasta la altura de comienzo de copa. Las 210 rodela fueron escaneadas e importadas al *software* Arcview. La obtención del radio de cada anillo de crecimiento se realizó por vectorización en pantalla. Regresiones polinómicas fueron efectuadas para la obtención de funciones locales de volumen y diámetro. El volumen promedio en 200 años fue de 0,9 m³/árbol, en tanto que el de los árboles dominantes fue de 1,4 m³/árbol. Se determinó que el 62% del volumen total en cada árbol se acumuló en los últimos 60 años (desde los 140 a los 200 años). Además, la lenga mantuvo altas tasas de crecimiento (IMA_{vol} e IPA_{vol}) en el último período analizado (entre los 180 y 200 años), concluyéndose que la máxima tasa de crecimiento se encuentra por sobre ese rango. Se propusieron dos predictores de la ganancia de la silvicultura con largas rotaciones en bosques sin manejo (VAP e IVP). Éstos permitieron estimar que el volumen obtenido en 200 años (0,9 m³/árbol) se alcanzaría 50 a 70 años antes si se aplicara silvicultura. La utilización de imágenes digitales asociadas al uso de *softwares* es un procedimiento eficaz, accesible y viable para mediciones de anillos de crecimiento.

Palabras clave: lenga, SIG, incremento, anillos de crecimiento.

INTRODUCCIÓN

La información existente en Chile respecto al manejo silvicultural de los bosques maduros de lenga (*Nothofagus pumilio* [Poep. et Endl.] Krasser) es escasa, ya que la mayoría está centrada en su comportamiento en los

primeros estados de desarrollo. Esto puede estar influenciado por las experiencias de manejo de plantaciones en que el período de rotación no supera los 30 años. Este hecho, sumado a la escasa información sobre las experiencias de análisis de tallo en el bosque nativo, trae como consecuencia una carencia evidente de conocimiento

respecto de la dinámica de crecimiento de los árboles en edades avanzadas.

En efecto, es escasa la información relativa a la respuesta a la liberación en edades avanzadas del bosque, así como los crecimientos que mantienen en su edad de madurez. Así también, no existen métodos aplicados a los bosques de lenga que permitan proyectar las ganancias de la silvicultura para la producción de calidad.

El objetivo de este estudio fue analizar el crecimiento de individuos maduros de lenga, a partir de análisis fustal de viejos árboles, mediante el empleo de un sistema de información geográfica (SIG). Evaluando el incremento volumétrico mediante análisis fustal, se propusieron indicadores del efecto de la silvicultura, suponiendo que las etapas de dominancia de los individuos del grupo en este largo período representaban el comportamiento de árboles en un bosque manejado.

MÉTODOS

El estudio se realizó en la Reserva Nacional Magallanes, ubicada a 9 km de la ciudad de Punta Arenas, en la XII Región, y que cuenta con una superficie de 20.878 hectáreas. Las actividades se desarrollaron en cuatro etapas: obtención de secciones transversales de los árboles muestra, generación de imágenes digitales, procesamiento de imágenes en SIG para medición de anillos de crecimiento y estimación de variables de crecimiento.

Obtención de secciones transversales. Se seleccionó un área alejada de las zonas alteradas y con individuos maduros de lenga sin pudrición central. El criterio de selección fue DAP (diámetro a la altura del pecho) mayor a 40 cm, ubicación del árbol en sitio similar. A cada árbol volteado se le extrajo la primera rodela a la altura del tocón (30 cm). La segunda rodela se obtuvo a la altura del DAP y las restantes se extrajeron cada dos metros consecutivos. Cada rodela se rotuló en una de sus secciones para su reconocimiento, y luego se colocaron en recipientes plásticos para su transporte al laboratorio.

Generación de imágenes digitales. Previo al paso de las rodelas por el escáner, en cada una fue identificado el radio medio, resultante de medir con huincha diamétrica su diámetro. Esta sección fue lijada y preparada para la generación de imágenes. Se obtuvieron imágenes digitales de alta resolución (de extensión JPG), las que fueron importadas al *software* Arcview.

Procesamiento de imágenes en SIG para medición de anillos de crecimiento. Las imágenes fueron tratadas en el *software* Photoshop para mejorar contraste y nitidez de los anillos. Para cada imagen fue creado un archivo de extensión jpgw para posicionar la imagen en Arcview, situarla en una escala real, permitir mediciones métricas

y establecer la relación entre un sistema de coordenadas de imagen (fila, columna) y un sistema de coordenadas de mapa (x, y). En Arcview se generó una cobertura de línea para crear un segmento por cada anillo. Así, se trazó o sectorizó un segmento perpendicular desde el comienzo hasta el final de la estación de crecimiento. En la tabla de atributos se agregó el campo "radio". Una vez identificados todos los anillos con sus respectivos radios, se enumeraron, verificando la inexistencia de anillos falsos y calculando la longitud de cada segmento en centímetros.

Estimación de variables de crecimiento. Las tablas de atributos ".dbf" generadas en Arcview de las rodelas, fueron exportadas al *software* Excel, generándose nuevos archivos con el siguiente contenido: a) crecimiento radial para cada año (ancho de cada anillo); para todas las variables descritas a continuación, la representación de la muestra fue hecha con el promedio del grupo de 28 árboles; b) crecimiento acumulado (sumatoria de anchos anuales de cada anillo).

Además se conocieron el largo fustal entre cada rodela y el largo total del árbol. El crecimiento medio del DAP para la muestra se obtuvo de la rodela a 1,3 m de altura, en la que se determinó: a) diámetro medio, como el doble de la suma del ancho de anillo de todos los años; b) crecimiento diametral medio anual, que corresponde al promedio de los crecimientos entre el año 1 y el año final (año 200); c) diámetro periódico anual, como el crecimiento promedio en un período seleccionado. Para este estudio se definieron períodos de 20 años.

El crecimiento volumétrico de cada árbol se obtuvo por la cubicación de las trozas o secciones individuales hasta un diámetro límite de 10 cm. El proceso se desarrolló para todos los años de cada árbol iniciando el cálculo desde el anillo exterior. El volumen de cada troza y para cada año de edad del árbol fue determinado con la fórmula de Smalian:

$$Vol_j = \Pi \sum_{i=1}^n \frac{(d_{ij} + d_{(i+1)j})^2}{4} l_i \quad [1]$$

Donde:

Vol_j : volumen del árbol a la edad j.
 d_{ji} : diámetro del año j, en la rodela i.
 l_i : largo entre la rodela i y la rodela i+1.

La edad de un año se determinó identificando los anillos de ese año en cada rodela. Para los últimos años de edad del árbol, existen anillos en todas las rodelas. Sin embargo, las edades tempranas no presentan anillos en las rodelas más cercanas al ápice, simplemente porque el árbol no alcanzaba esa altura a dicha edad. Así, para este caso, la sección final fue asumida a la fórmula de un cono y adicionada a las anteriores. Para definir las altu-

ras de cada cono, se asumió que la altura del cono para cada año correspondió a secciones de la altura total de la troza, distribuida en los anillos que no alcanzan hasta la rodela siguiente. Luego de calculado el volumen para cada año, se estimó: a) el volumen acumulado (VA), como la sumatoria de los volúmenes de todas las edades; b) el incremento volumétrico medio anual (IMA_{vol}), como el promedio de los crecimientos entre el año 1 y el último año evaluado, y c) el incremento volumétrico periódico anual (IPA_{vol}), como el crecimiento promedio en un período seleccionado. Se agregaron 5 años de edad a cada individuo, asumiendo que en ese período los árboles alcanzaron los 0,3-0,4 m de altura.

Para el análisis se seleccionaron los ocho árboles con mejor crecimiento para representar a individuos dominantes de la muestra.

RESULTADOS

Crecimiento en diámetro. El 50% de los individuos alcanzó 1,3 m de altura a los 20 años de edad. La tasa de crecimiento fue relativamente constante en todo el período para la muestra total. Los árboles dominantes presentan un diámetro 28,5% superior al promedio de la muestra a los 200 años de edad (cuadro 1).

Cuadro 1. Crecimiento acumulado del DAP (promedio \pm S [cm]).

DBH average accumulated growth (mean \pm S [cm]).

Edad (Años)	Muestra total	Dominantes
20	2,16 \pm 0,97	2,45 \pm 1,08
40	4,99 \pm 2,44	5,78 \pm 1,80
60	9,03 \pm 3,43	10,57 \pm 2,11
80	13,14 \pm 3,98	15,55 \pm 2,37
100	17,81 \pm 3,97	20,52 \pm 2,85
120	22,43 \pm 4,23	25,87 \pm 2,98
140	26,98 \pm 4,42	31,32 \pm 2,74
160	31,48 \pm 4,86	36,73 \pm 3,05
180	35,59 \pm 8,32	41,42 \pm 2,92
200	39,39 \pm 13,02	45,42 \pm 2,42

El máximo incremento periódico (IPA_{DAP}) ocurrió cercano a los 90 años, mientras que el máximo crecimiento medio (IMA_{DAP}) se alcanzó 60 años después (cercano a los 150 años). A esa edad, el diámetro promedio estaba cercano a los 31 cm. En los dominantes, en cambio, el máximo IPA_{DAP} se alcanzó en torno a los 130 años, y el máximo IMA_{DAP} a los 170. Comparativamente, se podría indicar que, mientras el promedio de la muestra tuvo un incremento medio del DAP de 0,19 cm/año a los 150 años, a esa edad el grupo de dominantes tuvo 0,22 cm/año, y aún no ha llegado a su máximo. Los incrementos medios de los dominantes fueron 15,3%

Cuadro 2. Incrementos promedio del diámetro (cm/año).

Diameter increase average (cm/year).

Período (Años)	Muestra Total		Dominantes	
	Ima DAP	Ipa DAP	Ima DAP	Ipa DAP
0-20	0,0595	0,0578	0,1225	0,1225
20-40	0,1247	0,1738	0,1446	0,2279
40-60	0,1505	0,2037	0,1762	0,2395
60-80	0,1642	0,2215	0,1943	0,2486
80-100	0,1780	0,2335	0,2052	0,2488
100-120	0,1869	0,2310	0,2156	0,2676
120-140	0,1926	0,2273	0,2237	0,2724
140-160	0,1967	0,2252	0,2295	0,2703
160-180	0,1906	0,2102	0,2301	0,2459
180-200	0,1829	0,1949	0,2271	0,2365

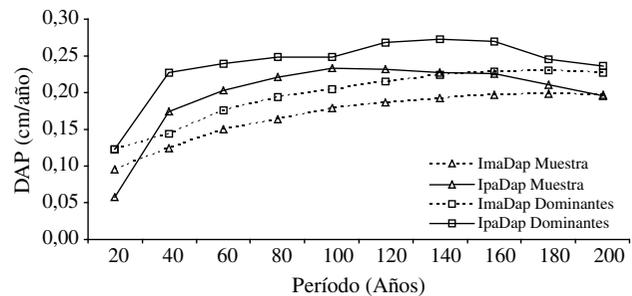


Figura 1. Incrementos periódicos y medios del DAP.

Average and periodic increases of DBH.

superiores al del grupo completo, manteniéndose constantes durante los 200 años (cuadro 2, figura 1).

Crecimiento en volumen. El crecimiento volumétrico en todos los individuos se asemejó a una curva sigmoidea, que en su extremo mayor aún mantiene un alto ritmo de crecimiento (figura 2). La variabilidad de las muestras respecto del volumen se situó entre 110 y 170% en los primeros 30 años de crecimiento. Esta dispersión se puede explicar por las diferencias encontradas en el crecimiento diametral del grupo, cuyo efecto aumenta al cuadrado en la acumulación de volumen, y cuya consecuencia es hasta 1 m³ de diferencia en el volumen para una misma edad en los años finales.

Agrupando los tipos de comportamiento encontrados, es posible describir los siguientes casos destacados (figura 2):

- Superiores al máximo: grupo de individuos que tuvieron una acumulación de volumen notoriamente superior al máximo establecido por una desviación estándar. Podría suponerse que estos individuos siempre fueron dominantes en su generación. Así, pueden haber sufrido estrés por competencia pero su respuesta fue la mejor.

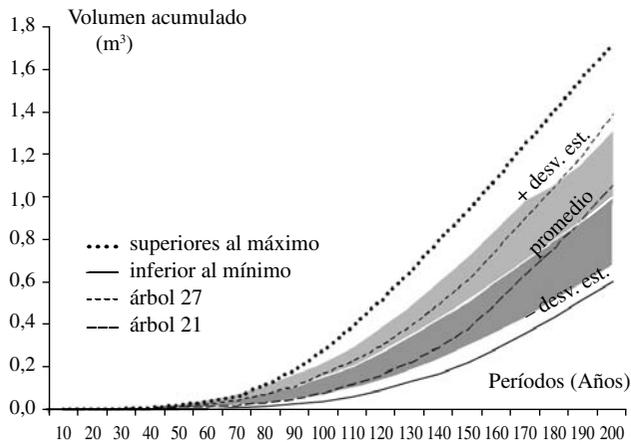


Figura 2. Esquema del comportamiento de acumulación de volumen.

Accumulated volume slice.

- Caso árbol 27: presenta valores promedio hasta los 100 años y luego mejora constantemente hasta superar los niveles de confianza de la muestra.
- Caso árbol 21: tiene un crecimiento inferior al límite inferior de confianza hasta el año 100, y en sus segundos cien años supera el crecimiento promedio.
- Inferiores al mínimo: árboles que hasta los 200 años aún se mantienen suprimidos en el bosque.

En todos los casos, la lenga mantuvo una alta tasa de crecimiento después de los 200 años. La respuesta descrita para los árboles 27 y 21 podría representar a individuos que en los primeros 100 años fueron sometidos a competencia, especialmente el árbol 21, y que luego de ese año ocurrió una baja en la densidad, que en los bosques de lenga se propicia por la caída de grupos de árboles mayores, permitiendo la formación de bosquetes coetáneos (Donoso 1993, Cruz *et al.* 2005), provocando una respuesta en su tasa de crecimiento anual. Un hecho destacable en el caso mencionado es la positiva respuesta que el árbol 21 ofrece a la liberación, a una edad de 100 años.

La acumulación de volumen en los árboles dominantes fue mayor en 44% que en el grupo total de la muestra a los 20 años, y en 43% a los 200 años (cuadro 3).

La forma de la curva de volumen acumulado (figura 3) es una típica sigmoidea y coincidente descrito por diversos autores para este atributo (ONF 1993, Rothermel 2002, Madrigal 1995). El punto de inflexión para la muestra se encontró en el período de 160-180 años y, para los árboles dominantes, ocurriría entre los 180-200 años. La diferencia de volumen acumulado entre el conjunto y los dominantes fue de un 42% más en los dominantes al final del período.

Cuadro 3. Crecimiento promedio acumulado del volumen.

Volume average accumulated growth.

Edad (Años)	Muestra Total		Dominantes	
	Promedio (m³)	Coficiente de variación (%)	Promedio (m³)	Coficiente de variación (%)
20	0,00062522	131,1	0,000904705	132,1
40	0,00592817	89,5	0,009480608	77,3
60	0,02467828	74,4	0,040098850	52,5
80	0,06848008	62,2	0,108755588	32,1
100	0,14663754	52,9	0,227463622	24,3
120	0,26272991	47,5	0,401638108	21,9
140	0,41469342	43,9	0,632429435	19,1
160	0,60087485	41,5	0,909242371	18,8
180	0,78550054	35,9	1,158217814	14,8
200	0,98822483	31,0	1,417223491	11,0

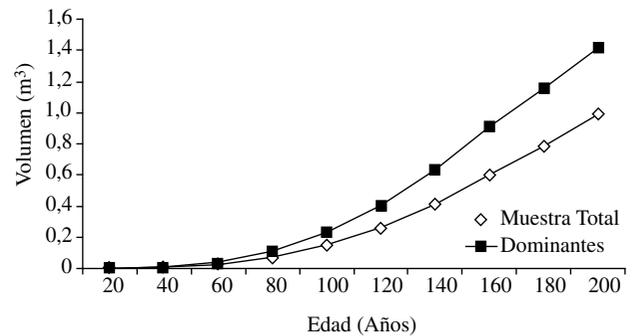


Figura 3. Crecimiento promedio acumulado del volumen.

Volume average accumulated growth.

Si se considera al grupo de dominantes como una representación del bosque con silvicultura, la acumulación de 1 m³/árbol se lograría en 170 años, esto es 30 años antes que el período que requirió la muestra completa (0,9 m³/árbol en 200 años) (figura 3).

El cuadro 4 (figura 5) muestra los crecimientos volumétricos acumulados en los diferentes períodos, considerando períodos de 20 años. A los 200 años, el incremento medio anual del volumen (IMA_{vol} en cuadro 4) de los árboles dominantes fue un 54% superior al promedio de los 28 individuos.

Los incrementos medio anual y periódico del volumen (IPA_{vol}) siempre aumentaron en el período evaluado (figura 4), por lo que sólo es posible indicar que el punto de intersección de ambas curvas ocurre más allá de la edad 200 años, y que representaría el crecimiento volumétrico máximo (ONF 1993, Madrigal 1995).

La acumulación de volumen en forma periódica fue siempre creciente en el rango de edad analizado, siendo destacable que en los últimos 60 años (140 a 200 años de edad) se acumuló el 62% del volumen que tenía el árbol promedio (figura 5).

Cuadro 4. Incrementos del volumen en períodos de 20 años (m³/año).

Volume increase in 20 year periods (m³/year).

Período (Años)	Muestra Total		Dominantes	
	IMA _{vol}	IPA _{vol}	IMA _{vol}	IPA _{vol}
0-20	3,126E-05	0,000031	0,00004	0,000045
20-40	0,00014	0,000265	0,00023	0,000428
40-60	0,00041	0,000938	0,00066	0,001530
60-80	0,00085	0,002190	0,00135	0,003432
80-100	0,00146	0,003908	0,00227	0,005935
100-120	0,00218	0,005805	0,00334	0,008708
120-140	0,00296	0,007598	0,00451	0,011539
140-160	0,00375	0,009309	0,00568	0,013840
160-180	0,00420	0,010265	0,00643	0,014232
180-200	0,00458	0,011262	0,00708	0,014722

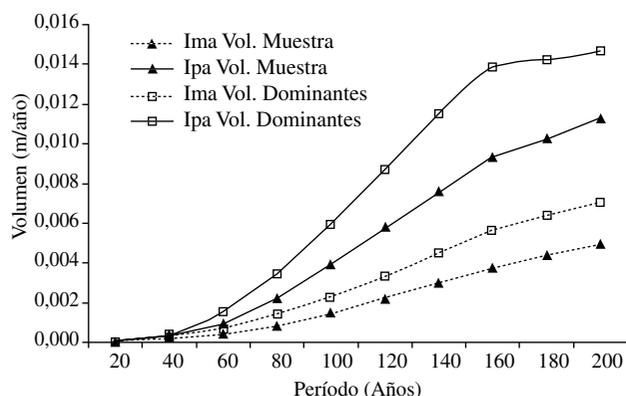


Figura 4. Incrementos periódicos y medios del volumen.
 Average and periodic increases of the volume.

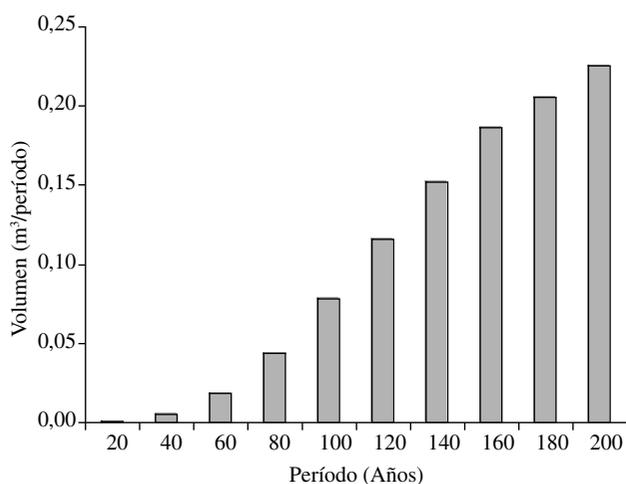


Figura 5. Ganancia de volumen en períodos de 20 años.
 Volume profit in 20 year periods.

La serie de datos volumen-edad de todos los árboles para períodos de 10 años, se utilizó para ajustar una función de crecimiento que representa una polinómica de cuarto grado ($R^2 = 0,798$):

$$Vol = -1,41 * 10^{-9}e^4 + 5,696 * 10^{-7}e^3 + 3,789 * 10^{-5}e^2 + 0,0011e - 0,0085 \quad [2]$$

Donde: Vol = volumen (m³), e = edad (años).

Impacto potencial de la silvicultura. En este capítulo se analizan los efectos en la silvicultura de la especie que podrían tener los resultados descritos. Para ello, se deben establecer dos supuestos razonables. Respecto del origen y variabilidad genética de las poblaciones de *Nothofagus spp.* en la Región de Magallanes, los registros palinológicos en Tierra del Fuego sugieren la existencia de refugios de flora durante el Tardiglacial que, luego del retroceso de los hielos, habrían dado origen a todos los bosques que se formaron al norte y oeste del canal de Beagle, lo que sugiere que la variación genotípica intraespecífica de la especie es baja (Armesto *et al.* 1997). Por otra parte, el sitio seleccionado para este estudio es homogéneo, dado que el área de muestreo no superó las 20 ha, y se procuró seleccionar individuos que estuviesen ubicados en condiciones similares de pendiente, exposición y altitud. En consecuencia, es posible suponer que las diferencias encontradas no serían ni genecológicas ni de sitio, sino que provocadas por la variación ambiental en la historia de cada árbol, o sea, la dinámica natural del bosque.

De la información de la muestra se seleccionó, para cada período, la máxima acumulación de volumen que el mejor individuo generó en ese período (el árbol con máximo volumen acumulado en un período determinado). Esta serie se definió como volumen acumulado potencial (VAP). Así, el VAP representaría al grupo de árboles que tuvieron el mejor desempeño en su convivencia con el resto de sus coetáneos, para cada período de estrés que el bosque tuvo en 200 años. En efecto, a los 30 años la densidad puede fluctuar entre 7.000 y 10.000 n/ha (Uriarte 1987) y en condiciones de latizal alto, con edades de 100 años y DMC de 30 cm, puede presentar densidades entre 1.000 y 400 árboles/ha (Cruz *et al.* 2005), que representa una sobrevivencia cercana al 10% o menos. Se postula entonces que VAP sería equivalente al resultado de aplicación de silvicultura.

Otra curva de análisis fue construida, seleccionando los incrementos volumétricos máximos (IVP) generados por el mejor árbol del período. La diferencia con la propuesta anterior sería que VAP se construye sobre la base del desempeño de árboles sometidos a la dinámica natural, en que los autorrales podrían ocurrir en largos períodos y sufrir estrés aun siendo dominantes, mientras que una silvicultura intensiva representada por el IVP provocaría descensos de densidad en un año y en momentos previos a la ocurrencia de estrés.

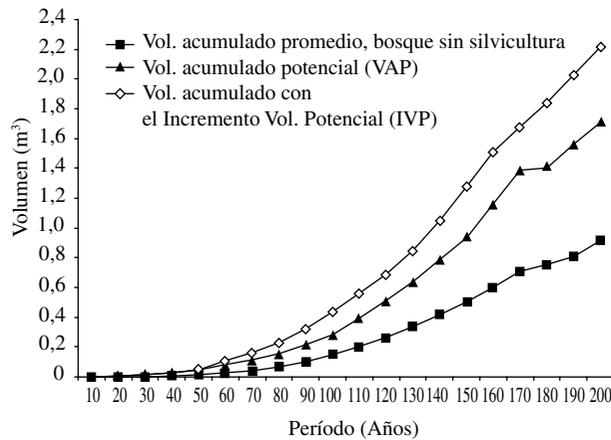


Figura 6. Volumen acumulado potencial.
Potential accumulated volume.

En consecuencia, se postula que para bosques en que no se conoce la respuesta a la silvicultura basada en largas rotaciones el VAP representaría el efecto de una silvicultura extensiva y el IVP representaría la máxima respuesta a la silvicultura intensiva. Estos estimadores podrían ser un buen acercamiento a información que, de buscarse empíricamente, requeriría 200 años.

La curva de VAP (figura 6) superó en más del doble al volumen acumulado promedio en casi todos los períodos. En teoría, para alcanzar un volumen comercial determinado, por ejemplo 0,8 m³/árbol que el bosque tendría en estado natural a los 200 años, con silvicultura podría lograrse en 50 a 70 años antes, según VAP e IVP respectivamente.

DISCUSIÓN

Los crecimientos diametrales de 0,19 cm/año son superiores a los encontrados por Rubilar (1991) en Última Esperanza en la misma Región, que para bosques de 116 años, para los cuales describe crecimientos de 0,15 cm/año. En tanto que los crecimientos de bosques raleados presentados por el autor (0,21 a 0,28 cm/año), son coincidentes con los incrementos del grupo de dominantes de la muestra (0,22 cm/año), y serían asimilables a un sitio de calidad III de *Fagus sylvatica* L. en la zona de Navarra (España) con silvicultura media, en que con turnos de 130 años se logran entre 27 y 31 cm de DAP al momento de la corta de regeneración.

La respuesta a la liberación que mostró el crecimiento en volumen a edades tardías ya había sido descrita para *F. sylvatica* (Rothermel 2002), la que recobra altas tasas de crecimiento aun cuando ha sido liberada después de los 90 años. En consecuencia, los resultados indicarían que la lenga tiene un importante potencial de res-

puesta a las cortas intermedias, incluso después de los 100 años.

Los incrementos periódicos del grupo dominante, se asemejarían a los de encino europeo en España sólo en el último período (180-200 años con 0,014 m³/año). Sin embargo, Docando *et al.* (s/a) indican que dicho crecimiento lo tendría la especie entre 84 y 120 años de edad, tiempo que el autor define como el de rotación óptima, y con un crecimiento de la encina de 0,015 m³/año.

Considerando que más del 60% del volumen se acumula entre los 140 y 200 años, y que a los 100 años de edad la lenga alcanzaba sólo los 26 y 31 cm de DAP en la muestra y los dominantes, respectivamente, se podría indicar que la rotación óptima en lenga debiera ser considerablemente más larga (sobre 150 años) que la propuesta para muchas especies europeas, descrita por diversos autores (Docando *et al.* s/a, Madrigal 1995), la que no sólo permitiría obtener la mejor acumulación de volumen sino que en los diámetros de mejor calidad de los productos. No obstante, no se puede ignorar la fuerte pudrición que afecta a los bosques de lenga en casi todo el país, la que normalmente se encuentra presente en gran parte de los árboles a los 150 años (Del Fierro 1998).

CONCLUSIONES

Es destacable la respuesta a la liberación encontrada en árboles con edades mayores de 100 años de edad. En ese sentido, también se debe destacar el fuerte ritmo de crecimiento que mantienen hasta los 200 años. Considerando que la muestra representa un pequeño grupo de árboles sin pudrición entre los de mayor volumen, es viable postular que la maduración completa de estos bosques (máximos incrementos medios de volumen que no fueron detectados en el período de 200 años estudiado) está fuertemente restringida por la pudrición, y no por un desmoronamiento por sobremadurez fisiológica. En efecto, la mayor acumulación del volumen del período estudiado ocurre entre los 140 y los 200 años, encontrándose además que el incremento medio del volumen sigue en alza en el período 180 a 200.

Los indicadores VAP e IVP propuestos señalan que la silvicultura en estos bosques podría tener un efecto de reducción de rotación de 50 a 70 años.

La metodología utilizada en el estudio para la medición digital de anillos de crecimiento, utilizando el *software* Arcview, fue adecuada y precisa en todas las etapas de vectorización de los anillos de crecimiento de lenga. Una de las principales ventajas de este método de medición recae en la utilidad de una interfaz electrónica, que funciona como grabador y editor de datos, además de ser eficaz, aplicable y accesible desde el punto de vista práctico.

AGRADECIMIENTOS

A CONAF XII Región por el apoyo logístico y a Francisco Bello por su compañía y colaboración en la fase de terreno.

REFERENCIAS

- Armesto J, C Villagrán, M Arroyo. 1997. Antecedentes palinológicos acerca de la historia cuaternaria de los bosques chilenos. *In* Ecología de los bosques nativos de Chile. Capítulo 3, Segunda Edición. Santiago, Chile. Editorial Universitaria.
- Cruz P, P Honeyman, C Schulze. 2005. Propuesta metodológica de ordenación forestal, aplicación a bosques de Lenga en la XI Región. *Bosque* 26 (2): 57-70.
- Del Fierro P. 1998. Experiencia silvicultural del bosque nativo de Chile. Recopilación de antecedentes para 57 especies arbóreas y evaluación de prácticas silviculturales. Chile. 420 p.
- Docando E, A Ruiz, M Barrio. (s/a). Crecimiento en volumen de árbol individual de encino europeo (*Quercus robur*) en el norte de la Provincia de Lugo. Universidad de Santiago de Compostela (Departamento de Enxeñería Agroforestal). Consultado 20 ago. 2005. Disponible en <http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/ponencias/128.htm>
- Donoso C. 1993. Bosques templados de Chile y Argentina: variación, estructura y dinámica. Cuarta edición. Santiago, Chile. Editorial Universitaria.
- Madrigal A. 1995. Ordenación de montes arbolados. Madrid, España. Editorial ICONA. 375 p.
- ONF (Office National Des Forest, FR). 1993. Manual de ordenación de montes. Versión Española del Manuel D'Aménagement. Tercera edición. Madrid, España. 261 p.
- Rothermel H. 2002. Economía del manejo sustentable: una alternativa para el bosque nativo. Chile. Ediciones Universidad Mayor. 178 p.
- Rubilar J. 1991. Respuesta de la Lenga (*Nothofagus pumilio*) ante intervenciones de raleo en la Provincia de Última Esperanza. *In* Del Fierro P. 1998. Experiencia silvicultural del bosque nativo de Chile. Chile. 420 p.
- Uriarte A. 1987. Crecimiento y calidad de la regeneración de Lenga (*Nothofagus pumilio* (OPEP. *Et Ende*) Krasser) y Coihue (*Nothofagus dombeyi* (Mír.) Oerst), ubicado en la Reserva Nacional Coyhaique. *In* Del Fierro P. 1998. Experiencia silvicultural del bosque nativo de Chile. Chile. 420 p.

Recibido: 03.05.06
Aceptado: 21.12.06