

Modificación del crecimiento y de la calidad de fustes en un raleo fuerte de un rodal en fase de crecimiento óptimo inicial de *Nothofagus pumilio*

GUILLERMO MARTÍNEZ PASTUR^{1,✉}, JUAN M CELLINI^{1,2}, MARÍA V LENCINAS¹, RICARDO VUKASOVIC³, RAMIRO VICENTE², FACUNDO BERTOLAMI² & JORGE GIUNCHI²

1 Recursos Forestales (LPPV), Centro Austral de Investigaciones Científicas (CONICET), Ushuaia, Tierra del Fuego, ARGENTINA

2 Cátedra de Dasometría. Fac. de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP, La Plata, Buenos Aires, ARGENTINA

3 Consultora "Servicios Forestales", Río Grande, Tierra del Fuego, ARGENTINA

RESUMEN. *Nothofagus pumilio* (Poepp. et Endl.) Krasser es la especie forestal nativa de mayor importancia en la Patagonia. Existen varios propuestas y ensayos silvícolas para la especie, pero ninguno de ellos se basa en observaciones a largo plazo. El objetivo de este trabajo fue analizar la evolución en incremento y calidad de fustes de un rodal en fase de crecimiento óptimo inicial bajo manejo silvícola en un bosque de calidad de sitio medio-alta en Tierra del Fuego (Argentina). Las intervenciones silvícolas tempranas permitieron duplicar los incrementos en diámetro (0.23 a 0.45 cm/año) y elevar los incrementos volumétricos por hectárea (hasta 12.7 m³.ha⁻¹.año⁻¹). Sin embargo, la calidad de las plantas se vio fuertemente disminuida. Al momento de la intervención se dejaron árboles de excelente porte forestal, pero al cabo de 14 años la calidad de los mismos disminuyó hasta llegar a un 17% de individuos de buen porte. Este tipo de intervenciones no se debe llevar a cabo sin la realización de podas en las primeras etapas de crecimiento del rodal. *Nothofagus pumilio* es una especie de alto potencial productivo, con características adecuadas como para poder ser incorporada dentro de un manejo forestal intensivo, cuya propuesta es discutida y analizada.

ABSTRACT. *Changes in growing pattern and stem quality due to high intensity thinning in a stand of Nothofagus pumilio in initial growing development phase:* *Nothofagus pumilio* (Poepp. et Endl.) Krasser is the most important forest native species in Patagonia. There are many assays and silvicultural schedules for the species, but any of them are based on long-term data. The aim of the present study was to analyze the development (increment and tree quality) of a stand in its initial growth phase under silvicultural management in a forest on a site of medium-high quality in Tierra del Fuego (Argentina). Early silvicultural cuts allowed us to double the diameter increment (0.23 to 0.45 cm/year) and to elevate the volumetric increment of the stand by 50%. However, tree quality was strongly diminished. After thinning, only trees with good stem quality remained, but 14 years later good-quality trees represented only 17% of individuals. The pruning is required alongside thinning during the first stages of stand growth. *Nothofagus pumilio* is a species with great potential productivity, and with desirable characteristics to incorporate it in an intensive forest management program, which is analyzed and discussed.

INTRODUCCIÓN

Al igual que en Chile (Navarro et al. 1997), el sector forestal en Argentina se ha desarrollado principalmente sobre la base de plantaciones de especies exóticas (salicáceas, pinos y eucaliptos), desplazando en importancia al manejo del bosque nativo. Por tal motivo, las especies autóctonas ocupan un plano secundario en las políticas de investigación y desarro-

llo forestal nacional. Las principales razones de la implantación de especies exóticas se basan en el rápido crecimiento y su silvicultura simple, existiendo un preconcepción generalizado de que las especies nativas poseen muy bajo crecimiento y que son muy difíciles de manejar bajo un esquema silvícola convencional.

En Tierra del Fuego hubo algunos intentos de introducción de especies exóticas (Cozzo et al. 1967, 1969) pero sin resultados alentado-

✉ CADIC; CC 92; 9410, Ushuaia, Tierra del Fuego, ARGENTINA. cadicforestal@arnet.com.ar

Recibido: 28 mayo 2001; Revisado: 20 julio 2001
Aceptado: 26 septiembre 2001

res, siendo el bosque de *Nothofagus pumilio* (Poepp. et Endl.) Krasser (comúnmente llamado lenga) la principal fuente de madera para la industria del aserrado. Desde el comienzo de las actividades forestales en Tierra del Fuego (Argentina), la práctica tradicional de aprovechamiento ha consistido en el apeo de los mejores individuos (floreo) (Alfonso 1942). Sin embargo, en los rodales de mejor calidad de sitio se realizaron cortas intensivas, llegando a la tala rasa de importantes superficies cuando se extrajo leña en las vías de acceso y cercanías de los centros urbanos. Posteriormente, varios ensayos y experiencias a gran escala (Alonso et al. 1968; Mutarelli & Orfila 1973) fomentaron la implementación de nuevos sistemas silvícolas (entre ellos la Corta de Protección según lo propuesto por Schmidt & Urzúa 1982), que apuntan a un aprovechamiento integral del bosque (Martínez Pastur et al. 2000). De este modo, a lo largo de las tres últimas décadas, grandes superficies en las que se aplicaron cortas intensivas presentan masas regulares de regeneración. Sin embargo, para aumentar la producción de madera de calidad y el rendimiento en el aserrado, se hace necesario conducir las mediante tratamientos intermedios (Schmidt & Urzúa 1982).

Existen numerosos antecedentes de propuestas de aplicación de tratamientos intermedios (Rechene & Gonda 1992; Fernández et al. 1997) y de instalación de ensayos de raleos para especies del género *Nothofagus* (Groose 1987; Donoso 1988; Donoso et al. 1993, 1995; Martínez Pastur et al. 1997a), y para *Nothofagus pumilio* en particular (Nuñez & Vera 1992; Rubilar 1992; Schmidt & Caldentey 1994; Bava & Hlopec 1995; Schmidt et al. 1995, 1996; Peri et al. 2000; Monelos et al., datos no publ.). En la década de los años sesenta, la Universidad de Buenos Aires puso en marcha una serie de investigaciones silvo-dasocráticas para los bosques Andino-patagónicos, que tuvieron por finalidad conocer los elementos necesarios que aseguraran el manejo racional de dichas masas boscosas. A través de los mismos, se procuró establecer los tratamientos culturales más convenientes y la oportunidad e intensidad de las intervenciones, para conducir las masas productivas hasta la edad de cortabilidad con renta máxima, conforme al criterio tecnológico del crecimiento en calidad (Mutarelli & Orfila 1971). Estas investigaciones contaron con el apoyo de la Administración Nacional

de Bosques y posteriormente con el del Instituto Forestal Nacional, y fueron paulatinamente abandonadas, realizándose los últimos seguimientos y ensayos a mediados de la década de los ochenta. El objetivo del presente trabajo fue analizar la evolución de uno de estos ensayos, en crecimiento y calidad de plantas, sometido a una tala rasa (sistema que se sugería como el más adecuado; Costantino 1950) en 1967 y a un raleo fuerte por lo bajo en 1985, en un bosque de calidad media-alta de *Nothofagus pumilio* en Tierra del Fuego (Argentina).

MÉTODOS

Ubicación y descripción del bosque estudiado

El ensayo está ubicado en el departamento Ushuaia (Tierra del Fuego), a 14 km de la localidad de Tolhuin, en el cuartel forestal Aguas Blancas (54°36'35"S; 67°15'43"O) (Figura 1). El bosque pertenece a la asociación "Bosque Puro de Lenga" (Uriarte & Grosse 1991) de clase de sitio III-II (según la clasificación propuesta por Martínez Pastur et al. 1997b), con alturas dominantes que fluctúan entre los 22 y 26 m.

Instalación de los ensayos

Entre los años 1965 y 1967, la Administración Nacional de Bosques y la Universidad de Buenos Aires instalaron un ensayo de 16 ha donde se realizó un floreo suave en todo el sector. Posteriormente se procedió a realizar talas rasas en fajas alternas de orientación NE-SO, de 30 a 40 m de ancho y 400 m de largo (Cozzo et al. 1967), siendo los vientos predominantes del sector S-SO. En las fajas se retiró todo el material leñoso hasta 5 cm en punta fina para la correcta regeneración del rodal, siendo la eliminación de la enorme cantidad de residuos el principal problema encontrado durante la instalación del ensayo (Cozzo et al. 1969). El sector fue cercado con un alambrado para evitar el ingreso de ganado, pero no fue impedimento para el ingreso de *Lama guanicoe* Muller, que todavía es posible encontrar dentro de la parcela. La regeneración de *Nothofagus pumilio* se instaló homogénea y abundantemente en todas las fajas cortadas y, poco a poco, también dentro de las fajas que quedaron en pie. Actualmente es posible observar una enorme cantidad de árboles de las fajas remanentes volteados por el viento,

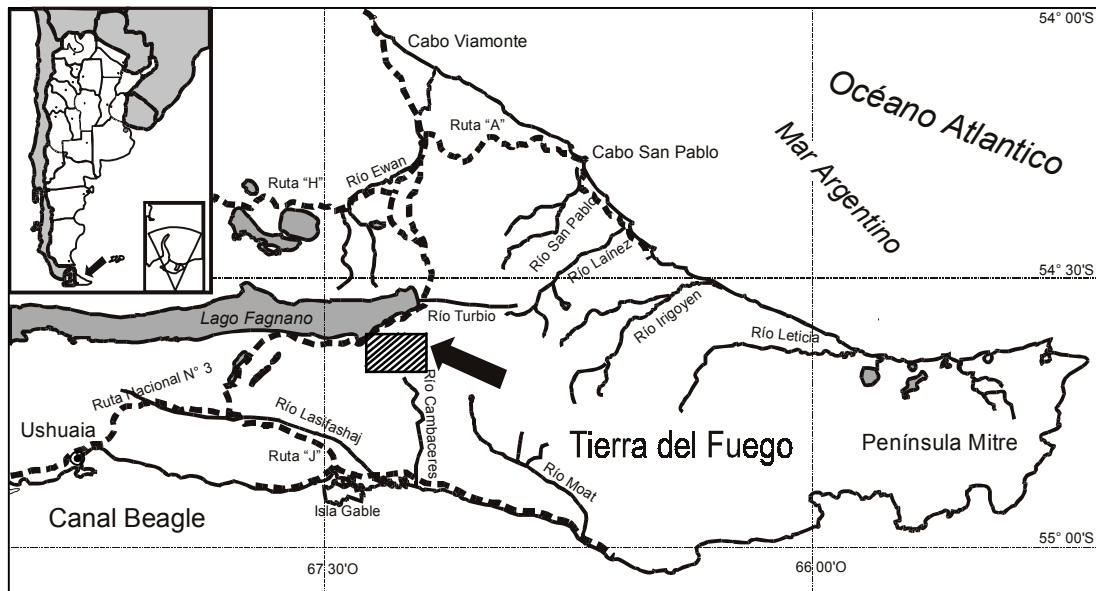


Figura 1. Ubicación general de la parcela de ensayo en Tierra del Fuego, Argentina.

Figure 1. Location of the study area in Tierra del Fuego, Argentina.

muertos en pie o con gran parte de la copa seca y/o dañada.

En la temporada 1984–1985, el Instituto Forestal Nacional instaló diferentes sistemas de raleos comerciales en la regeneración desarrollada (de aproximadamente 2 m de altura, 2.5 cm de DAP (diámetro a 1.3 m de altura) y 80000–100000 individuos/ha). Los ensayos se instalaron de a uno por faja sin repeticiones y fueron los siguientes: raleo fuerte por lo bajo (analizado en este trabajo), raleo suave por lo bajo, extracción de competidores, fajas de 2 m paralelas a las fajas madre, fajas de 2 m perpendiculares a las fajas madre y dameros (con fajas paralelas y perpendiculares cada 2 m). No se cuenta con datos publicados de la estructura original y remanente de los ensayos instalados. La instalación de estos ensayos no afectó la totalidad de la superficie de las fajas de tala rasa original, quedando sectores con renovales creciendo bajo una dinámica natural.

En 1999, el Centro Austral de Investigaciones Científicas y la Dirección de Bosques de Tierra del Fuego evaluaron el primer ensayo de 2350 m², donde se había dejado el 5% del área basal original. Se instalaron cuatro nuevos tratamientos sin repeticiones sobre el tratamiento analizado y el sector no intervenido dentro de la misma faja: un segundo raleo suave sin poda (375 m²) y otro con poda hasta

los 4–5 m de altura (310 m²), dejando un 68–75% del área basal del raleo realizado en 1984–1985, y dos testigos de 100 m² (uno en un sector raleado original del primer ensayo y otro en un sector sin intervención lindante con la parcela). Los nuevos tratamientos y las parcelas testigo se instalaron dentro de la superficie de la faja de tala rasa original. En la aplicación de los raleos se removieron individuos de mala sanidad (presencia de nudos, heridas, *Misodendrum* spp. o *Cyttaria* spp.), mala forma forestal (bifurcaciones, fuste tortuoso o retorcido) o clases de copa inferiores (intermedios o suprimidos), tratando de respetar un distanciamiento equivalente entre los individuos remanentes.

Toma de la muestra y biometría utilizada

Para el cálculo de la calidad de sitio se utilizó la clasificación y modelos propuestos por Martínez Pastur et al. (1997b). A tal fin, se seleccionaron los cinco árboles más altos de la clase dominante de la parcela raleada y se les realizó un análisis fustal (con un corte en la base y dividiendo el fuste principal en cinco partes iguales).

Para el cálculo de los crecimientos se recolectaron 30 rodajas cortadas a 1.3 m, a las cuales se les realizó el correspondiente conteo y medición de anillos, seleccionando individuos

Tabla 1. Estadísticos y parámetros del modelo de volumen total con corteza hasta 1 cm en punta fina para la parcela de ensayo en Tierra del Fuego. VTCC = volumen total con corteza. ESE = error estándar de la estimación. **: $P < 0.01$

Table 1. Statistics and parameters of the total over bark volume model up to 1 cm in the less diameter for the study plot in Tierra del Fuego. VTCC = total over bark volume. ESE = standard error for the estimation. **: $P < 0.01$

$VTCC (m^3) = 0.0001815211 * DAP (cm)^{2.286296}$		
$t_a = -82.36$ **	$r^2 = 0.9896$	DAP mín = 2.5 cm
$t_b = 42.44$ **	ESE = 0.1126	DAP máx = 17.5 cm
$F = 1801.4$ **	$n = 25$	

a lo largo del rango de frecuencias diamétricas. Estos crecimientos se utilizaron para modelar la evolución del incremento anual corriente del volumen total con corteza a partir del modelo desarrollado en este trabajo y los datos de estructura obtenidos en las parcelas.

Para calcular el volumen total con corteza, se aparearon 25 árboles a lo largo de todo el rango diamétrico, a los cuales se les midieron los diámetros cada metro hasta punta fina de 1.0 cm. Utilizando la fórmula de Smalian se obtuvieron los volúmenes individuales, con los que se construyó un modelo local de acuerdo a las metodologías planteadas y discutidas en la bibliografía (Fernández et al. 1995; Martínez Pastur et al. 1995; Peri et al. 1997).

Finalmente, se realizó un estudio comparativo de la calidad de las plantas remanentes del primer raleo y de las de la regeneración instalada sin intervención. Para ello, se las clasificó de acuerdo a su forma forestal (buena, regular o mala), a la necesidad de podas (de formación fuerte, de formación suave o de mejoramiento) y a su aptitud para ser seleccionadas en un futuro raleo. A través de la forma forestal se caracterizó la rectitud, sanidad y ramificaciones del fuste en formación. Se consideró como una poda de formación a aquella que implica la extracción de una rama verde no deseable que seguirá desarrollando si no se la elimina, y cuyo objetivo de extracción es mejorar la forma y aptitud forestal del árbol. Como poda de mejoramiento se consideró a aquella que implica la extracción de ramas finas (vivas o muertas), cuyo objetivo es obtener madera de calidad libre de nudos.

RESULTADOS

Modelo de volumen total con corteza

El modelo desarrollado para el cálculo del volumen es una ecuación local que utiliza como variable independiente al DAP, basado en una simplificación del modelo de Schumacher & Hall (1933), que fue seleccionado por el ajuste de sus estadísticos y el comportamiento biológico de la función (Tabla 1).

Evolución natural y silvícola de la parcela

El cálculo de la calidad de sitio arrojó un valor de $IS_{60} = 16.3$ m (clase de sitio III–II). La tasa anual de crecimiento en altura fue de 26.8 cm/año (Figura 2). De acuerdo al análisis de las rodajas, la edad promedio del rodal al DAP fue de 27 años (26 años DAP < 7.5 cm, 27 años para DAP 7.6–10.0 cm, y 28 años para DAP > 10.1 cm).

La parcela testigo sin intervención silvícola presentó una alta tasa de mortalidad (300 plantas/ha para la temporada 1999–2000; datos no publ.) de acuerdo al autorraleo natural que ha ocurrido año tras año, correspondiendo los valores dasométricos obtenidos (Tabla 2) a una estructura coetánea típica de un rodal en fase de crecimiento óptimo inicial (Figura 3). En este rodal se observó gran cantidad de individuos de diámetro muy pequeño (<4 cm de DAP) y muy pocos individuos mayores a los 10 cm de DAP. Este bosque sin intervención

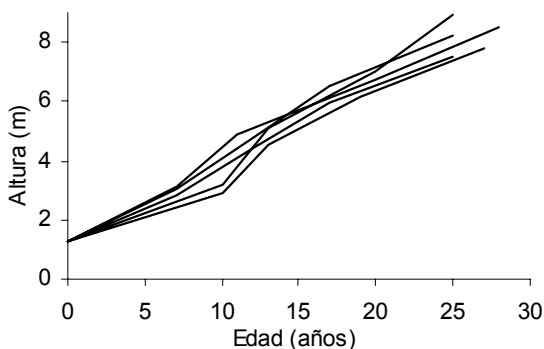


Figura 2. Crecimiento en altura de los árboles muestra para la determinación de la calidad de sitio en la parcela de ensayo en Tierra del Fuego. La edad está tomada al DAP.

Figure 2. Height growth of the sample trees for the site index determination for the study plot in Tierra del Fuego. The age was measured at the DBH (1.3 m height).

Tabla 2. Estructura forestal de los rodales estudiados en la parcela de ensayo en Tierra del Fuego, antes y después de las intervenciones silvícolas. VTCC = volumen total con corteza.

Table 2. Forest structure of the sample stands in the study plot in Tierra del Fuego, after and before of the silvicultural cuts. VTCC = total over bark volume.

	Raleo s/poda	Raleo c/poda	Raleo testigo	Bosque s/intervención
Estructura inicial				
Densidad (árboles/ha)	4765	3895	4600	26700
DAP (cm)	7.6	8.4	7.9	4.2
Área basal (m ² /ha)	23.7	25.1	24.4	43.8
VTCC (m ³ /ha)	102.2	116.0	105.8	165.8
Estructura final				
Densidad (árboles/ha)	2461	2316	---	---
DAP (cm)	8.5	9.5	---	---
Área basal (m ² /ha)	15.9	18.9	---	---
VTCC (m ³ /ha)	69.7	90.5	---	---

corresponde a un rodal que se ha desarrollado en forma natural, desde la instalación de la regeneración luego de las cortas en los lugares donde se realizaron talas rasas. La estructura resultante de la aplicación del primer raleo en 1984–1985 desplazó la curva de estructura de diámetros hacia las clases diamétricas superiores. Al aplicar el nuevo raleo se eliminaron las clases diamétricas extremas, uniformando la masa forestal. Los diámetros menores (clase 2–4 cm) se eliminaron por su bajo DAP, mientras que la clase más grande (clase >16 cm) se eliminó por su baja calidad en la forma forestal.

En la Figura 4 se presenta la evolución de la densidad de rodales para *Nothofagus pumilio* de acuerdo a la metodología desarrollada por Reineke (1933) y los niveles máximos y mínimos de manejo propuestos para tratamientos intermedios según Fernández et al. (1997). En el mismo puede observarse la evolución del rodal manejado hasta el presente. La primer intervención (año 1984–1985) fue un raleo fuerte por lo bajo que llegó a niveles muy inferiores a los sugeridos en el citado trabajo. La estructura luego del raleo fue la de un rodal con árboles de 3–7 cm de DAP, con un distanciamiento medio de 1.5 x 1.5 m y un volumen

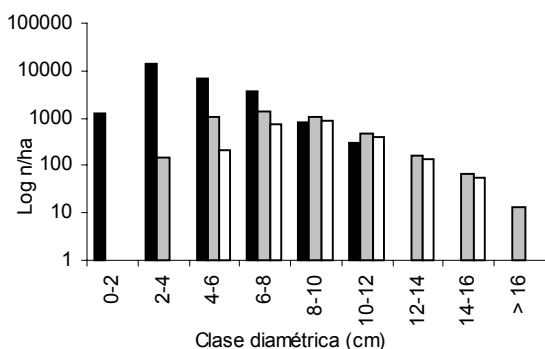


Figura 3. Distribuciones diamétricas de las parcelas bajo estudio en Tierra del Fuego para el tratamiento testigo sin intervención silvícola (barras negras), para el bosque intervenido en 1984–1985 (barras grises) y para la estructura resultante luego del raleo en 1999 (barras blancas).

Figure 3. Diameter distribution of the study plots in Tierra del Fuego for the control without silvicultural treatment (filled bars), the thinned stand in 1984–1985 (grey bars) and the resulting structure after the thinning in 1999 (open bars).

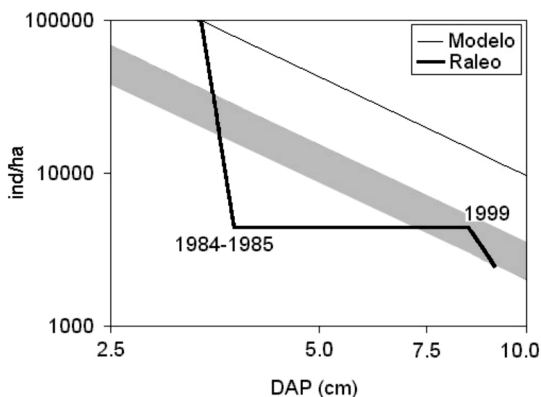


Figura 4. Evolución de la densidad de los rodales, niveles de raleo propuestos por Fernández et al. (1997) (zona sombreada) y de los tratamientos de raleo aplicados al rodal bajo estudio en Tierra del Fuego.

Figure 4. Evolution of stand density, thinning levels proposed by Fernández et al. (1997) (shadow area) and of thinning treatments applied to the studied stand in Tierra del Fuego.

de 25 m³/ha, habiéndose estimado los datos a partir de los análisis de anillos. En los 14 años subsiguientes no hubo mortalidad, llegando a 105.8 m³/ha. El segundo tratamiento silvícola realizado se mantuvo dentro de los límites de manejo propuesto (Figura 4), presentándose la estructura remanente en la Figura 3 y en la Tabla 2.

Modificación del crecimiento debido al raleo

En el rodal estudiado, el crecimiento diamétrico promedio varió, de acuerdo a las clases diamétricas consideradas, entre 0.23 y 0.45 cm/año para el rodal antes de la intervención silvícola. Estos crecimientos se modificaron significativamente al realizarse el raleo, inmediatamente después de la intervención (Figura 5). El incremento anual corriente aumentó entre un 116% para diámetros <7.5 cm y un 153% para diámetros >7.5 cm, respecto de los observados antes de la aplicación del raleo. El máximo incremento diamétrico fue de 1.00 cm/año. El efecto del raleo alcanzó el máximo tres años después de la intervención para los diámetros más grandes (>7.5 cm) y cuatro años después para los diámetros más pequeños (<7.5 cm). El efecto positivo sobre el crecimiento diamétrico se diluyó al cabo de ocho a nueve años para todas las clases diamétricas, volviendo las tasas normales de crecimiento a las existentes en el rodal sin intervención.

Tal como se mencionó anteriormente, el rodal estudiado se clasifica en fase de crecimiento óptimo inicial, encontrándose aún en un crecimiento exponencial (Figura 6). En esta figura se modela la evolución en crecimiento a nivel del rodal de los individuos seleccionados durante el raleo, hacia los que se quiso redirigir la acumulación de volumen, y no incorpora aquellos árboles eliminados durante la intervención silvícola. El incremento volumétrico anual aumentó paulatinamente hasta el presente, llegando a una tasa de 10.0 m³.ha⁻¹.año⁻¹ antes de la segunda intervención. En la Figura 6 puede observarse la modificación del crecimiento volumétrico del rodal actual debida a la intervención silvícola, con la presencia de un máximo que alcanzó los 12.7 m³.ha⁻¹.año⁻¹. El incremento volumétrico promedio para el período de influencia del raleo (los nueve años posteriores a la realización del tratamiento) fue de 9.3 m³.ha⁻¹.año⁻¹,

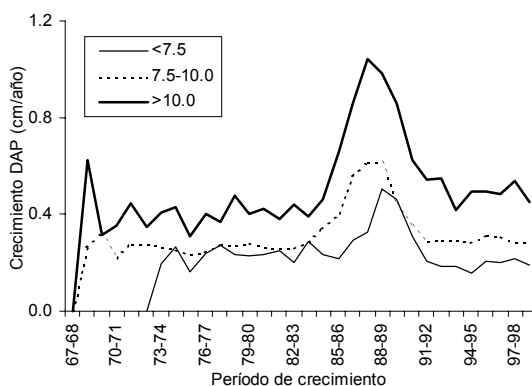


Figura 5. Efecto del raleo sobre el incremento corriente anual a la altura del DAP, discriminado en clases diamétricas, a lo largo de las temporadas de crecimiento desde el comienzo del ensayo en Tierra del Fuego.

Figure 5. Thinning effect over the annual current increments at DBH (1.3 m) height classified on diameter classes along the growing seasons from the beginning of the assay in Tierra del Fuego.

mientras que el mismo hubiese sido de 6.1 m³.ha⁻¹.año⁻¹ de no haberse realizado ninguna intervención. Esto último se calculó considerando la evolución del crecimiento en el rodal sin tratamientos intermedios. Esto representó un aumento en la tasa del crecimiento del 52% respecto de los mismos individuos creciendo en un rodal sin intervención.

Modificación de la calidad de fustes debida al raleo

Las intervenciones silvícolas modificaron la calidad de las plantas del rodal. En el bosque testigo sin intervención el 11% de los árboles se clasificó como de buena forma (3000 ind/ha) y un 58% como de forma regular (15500 ind/ha). No se cuenta con datos de la calidad original de las plantas antes del primer raleo en 1984–1985, pero dada la intensidad de la intervención existió un alto grado de selección, eliminándose los árboles de mala calidad dejando solo individuos de excelente forma forestal (N Urquía, com. pers.). Sin embargo, con el paso del tiempo, gran parte de esta mejora en calidad se perdió, arribando al cabo de 14 años a un bosque con solo el 17% de los individuos con buena forma (800 ind/ha) y el 50% con forma regular (2300 ind/ha). El rodal manejado perdió la calidad de plantas obtenida durante la primera intervención, recuperando las proporciones de calidad de fuste que se encontraron en el bosque sin intervención.

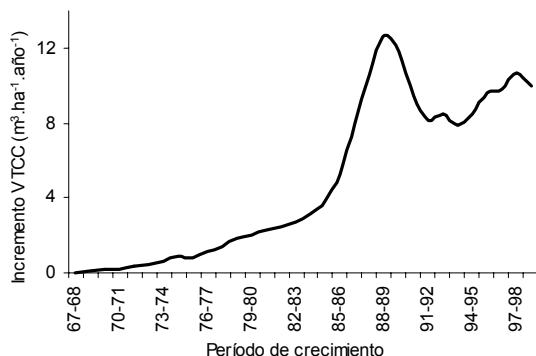


Figura 6. Evolución del incremento corriente anual volumétrico por hectárea de los individuos seleccionados durante la aplicación del raleo de 1984–1985 en la parcela bajo estudio en Tierra del Fuego. VTCC = volumen total con corteza.

Figure 6. Evolution of the total volume annual current increment of the selected trees during the thinning of 1984–1985 on the study plot in Tierra del Fuego. VTCC = total over bark volume.

Esto se debió a que se realizó un raleo muy fuerte por lo bajo en edades muy tempranas y se abrió demasiado el dosel, permitiendo la ramificación y bifurcación de los individuos de mayor porte.

En el rodal sin intervención silvícola, que presenta una alta densidad de individuos, los árboles solamente necesitaron podas mejoradoras, presentando ramas finas o muertas adosadas al fuste que son de fácil extracción. Sin embargo, en el bosque raleado, el 43% de los árboles precisó podas mejoradoras, mientras que el resto necesitó podas de formación (41% de formación suave y 16% de formación fuerte). Durante la aplicación del primer raleo no se realizaron podas. Es por ello que, al llevar a cabo el segundo tratamiento de raleo, se tuvo que dejar como remanentes no solo árboles de buena calidad (que representaron el 33% del total), sino también a muchos de calidad regular (66% de los individuos) para completar la tasa de ocupación deseada.

DISCUSIÓN

Las intervenciones silvícolas tempranas en rodales de *Nothofagus pumilio* resultan herramientas útiles para redirigir el crecimiento hacia individuos selectos, evitando la mortalidad natural del rodal. Se puede observar un

aumento significativo en el crecimiento corriente, llegando a duplicar los incrementos diamétricos y elevar un 50% los incrementos volumétricos a nivel del rodal para el período de influencia de la intervención. Los resultados obtenidos son consistentes con los presentados por Schmidt et al. (1995), donde rodales jóvenes de *Nothofagus pumilio* crecieron en altura a una tasa de 27–29 cm/año, mientras que las tasas de crecimiento en diámetro en un renewal raleado de *Nothofagus pumilio* en Monte Alto (XII Región, Chile) de 35–40 años de edad fueron de 0.52 cm/año, comparados a los 0.29 cm/año del testigo sin intervención. Cabe considerar que el sitio donde se llevó a cabo este trabajo es mejor que el promedio de los bosques productivos de Tierra del Fuego (en Argentina), que poseen un $IS_{60} = 13.1$ m (clase de sitio IV–III) (Martínez Pastur 1999).

Los crecimientos obtenidos y la posibilidad de aumentarlos mediante intervenciones silvícolas fuertes resultan atractivos por la disminución del turno forestal que podría lograrse al manejar intensivamente las superficies en regeneración. Sin embargo, estas intervenciones silvícolas fuertes no pueden llevarse a cabo sin la aplicación de podas que dejen al fuste libre de ramas, ya que *Nothofagus pumilio* posee un desrame natural muy pobre y una tendencia a bifurcarse formando copas globosas al crecer en estado libre o con escasa competencia. Esta es la principal causa de la pérdida de calidad de plantas, debiéndose eliminar en los sucesivos raleos individuos de gran porte y crecimiento por una mala formación del fuste, principalmente por el desarrollo de ramas secundarias. Esto mismo se plantea en *Castanea sativa* Mill. en Inglaterra y Francia, donde se recomienda la realización de podas intensas durante la ejecución de los raleos para obtener madera de calidad y una mayor ganancia económica (Everard & Christie 1995). Por otra parte, cabe considerar el corto efecto del raleo, que al cabo de tres años alcanza su máxima expresión para posteriormente comenzar a declinar, hasta desaparecer al octavo año. Esto debe tenerse en cuenta al realizar los correspondientes análisis económicos, a los que se suman las necesidades periódicas de podas y limpieza del fuste.

Otra alternativa implica realizar raleos tardíos cuando el rodal ya ha desarrollado el 80% de la altura total para una determinada cali-

dad de sitio (Peri et al. 2000). De esta forma se evita la realización de podas, perdiendo la posibilidad de capturar los crecimientos durante las primeras etapas de desarrollo del rodal y aumentando significativamente la duración del turno. La elección de dichas opciones debe ser analizada en un contexto económico que pondere el tipo de materia prima a obtener durante los aprovechamientos.

Los resultados aquí presentados plantean la factibilidad de poder realizar un manejo forestal en bosques de clase de sitio media–alta, compuesto de las siguientes fases: 1) raleos fuertes (más intensos que los propuestos por Fernández et al. 1997) acompañados por frecuentes podas en etapas tempranas (a partir del año 20–25) y hasta la finalización de la etapa de crecimiento óptimo inicial (hacia el año 40); 2) raleos suaves dentro de los rangos de raleo propuestos, sin la necesidad de aplicación de podas durante la etapa de crecimiento óptimo final (hasta los 70 años); y 3) aclareos sucesivos hasta la realización de la corta de protección (año 80) para comenzar un nuevo ciclo de manejo al llevarse a cabo la corta final. Los tiempos de rotación planteados son similares a los que se manejan para *Quercus petraea* Libl. y *Quercus robur* L. en Austria (120–150 años) (Hochbichler 1993), y para *Quercus petraea* y *Quercus pedunculata* Erh. en Alemania (80–140 años) (Kenk 1993). Es probable que de haberse aplicado los niveles de raleo propuestos por Fernández et al. (1997) la necesidad de realización de podas se viese disminuida o eliminada, evitándose las pérdidas de individuos por mala forma forestal. Por otra parte, cabe destacar que el raleo efectuado en el rodal bajo estudio perdió su efecto un poco antes de que los árboles alcanzaran el N_{max} planteado por Fernández et al. (1997) (Figura 4), que realizaron sus estudios sobre la base de datos obtenidos de un raleo en un rodal creciendo en fase de crecimiento óptimo final. Al no mantener un comportamiento constante, es probable que sea necesario definir nuevas líneas de N_{max} para las diferentes fases de crecimiento de un rodal.

De acuerdo a los resultados obtenidos en este trabajo y a los presentados en la bibliografía, podría esperarse que en un rodal como el estudiado y bajo un manejo forestal sostenido se logren: tasas de crecimiento volumétrico

promedio de 2–4 $m^3 \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$ para los primeros 20 años (antes del primer raleo), de 8–12 $m^3 \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$ para los siguientes 20 años (etapa de raleos fuertes y podas), y posteriormente una tasa de crecimiento de 10–15 $m^3 \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$ (etapa de raleos suaves) hasta la corta final. Esto es consistente con lo presentado para un raleo de un fustal de *Nothofagus pumilio* en Monte Alto (Magallanes, Chile) de 103 años de edad, donde se obtuvieron incrementos volumétricos de hasta 8 $m^3 \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$ (Schmidt et al. 1996). Otras especies nativas presentan tasas de crecimiento similares, como *Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst., *Nothofagus nervosa* (Phil.) Dim. et Mil. y *Nothofagus dombeyi* (Mirb.) Oerst., que son las que presentan los mejores crecimientos y potencial productivo, llegando a valores que oscilan entre 6–20 $m^3 \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$ en Valdivia (Chile) (Donoso et al. 1993), y entre 9–17 $m^3 \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$ en plantaciones en Inglaterra (*Nothofagus obliqua* y *Nothofagus nervosa*) (Tuley 1980). Por otra parte, si comparamos estos resultados con otras fagáceas, se puede observar que no son muy diferentes a los aquí planteados para *Nothofagus pumilio*. Por ejemplo, *Castanea sativa* alcanza crecimientos de 13 $m^3 \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$ (en el sur de Inglaterra) y de 16 $m^3 \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$ (en el norte de Francia), siendo las principales razones para promover su desarrollo el rápido crecimiento observado, la facilidad de su instalación y la calidad de su madera (Everard & Christie 1995).

Nothofagus pumilio es una especie de alto potencial productivo, con características adecuadas como para poder ser incorporada dentro de un manejo forestal intensivo. Al comparar los crecimientos obtenidos con otras especies nativas y exóticas, no se observaron grandes diferencias, considerando las condiciones ambientales y climáticas adversas que existen en Tierra del Fuego. Consecuentemente, se hace necesario: 1) realizar estudios de ecofisiología para determinar las limitaciones del crecimiento de los renovales creciendo en masas compactas sin intervención silvícola; 2) ampliar el desarrollo de modelos de simulación que busquen la optimización de los momentos e intensidades de los raleos; 3) ampliar los estudios y ensayos de raleo a lo largo de un gradiente de calidades de sitio y de alternativas de manejo silvícola; y 4) establecer políticas de incentivo por parte de la autoridad

forestal para el manejo de los bosques de segundo crecimiento en Tierra del Fuego, buscando usos alternativos para el producto de los raleos tempranos, como la fabricación de tableros de partículas a partir de renovales (Peredo et al. 1993).

AGRADECIMIENTOS

A todos aquellos que desde la década de los sesenta trabajaron para las ciencias forestales, en especial a Enio Mutarelli, realizando estudios e instalando ensayos para las generaciones futuras de Tierra del Fuego. A Néstor Urquía, Luis Colombo, Ricardo Hlopec y Héctor Vargas de la Dirección de Bosques de la Provincia de Tierra del Fuego, y a Cecilia Fernández y Fabián Jaras por el apoyo recibido y la confianza brindada para la realización de este trabajo.

REFERENCIAS

- ALFONSO, J. 1942. Los bosques de Tierra del Fuego. *Revista Suelo Argentino* 1:47–51.
- ALONSO, O; E MUTARELLI & E ORFILA. 1968. Resultado de los tres primeros años del plan de investigaciones silviculturales y dasométricas necesarias para la organización económica de los bosques subantárticos argentinos. *Revista Forestal Argentina* 12(1):3–31.
- BAVA, J & R HLOPEC. 1995. El manejo sustentable de la Lengua en Tierra del Fuego. Pp. 81–96 en: *Actas IV Jornadas Forestales Patagónicas*. San Martín de los Andes, Argentina.
- COSTANTINO, I. 1950. La lengua: estudio forestal y método de tratamiento. *Revista de la Facultad de Agronomía de La Plata* 27(2):197–220.
- COZZO, D; E MUTARELLI & E ORFILA. 1967. Plan de Investigaciones silviculturales y dasométricas necesarias para la organización económica de los bosques subantárticos argentinos. Segundo Informe. Plan nº 118. Convenio Cátedra de Dasonomía–UBA y CAFPTA. 260 pp.
- COZZO, D; E MUTARELLI & E ORFILA. 1969. Plan de Investigaciones silvo-dasocráticas en las etapas de ordenación, recuperación y reproducción económica de los bosques Andino-Patagónicos. Plan nº 129. Convenio Cátedra de Dasonomía–UBA y CAFPTA. 150 pp.
- DONOSO, P. 1988. Caracterización y proposiciones silviculturales para renovales de Roble (*Nothofagus obliqua*) y Raulí (*Nothofagus alpina*) en el área de protección "Radal-Siete Tazas". *Bosque* 9(2):103–114.
- DONOSO, P; C MAUREIRA; P BARRÍA & E HERNÁNDEZ. 1995. Desarrollo inicial de plantaciones de *Nothofagus* en la provincia de Valdivia. *Actas IV Jornadas Forestales Patagónicas. Documento complementario*. San Martín de los Andes, Argentina.
- DONOSO, P; T MONFIL; L OTERO & L BARRALES. 1993. Estudio de crecimiento de plantaciones y renovales manejados de especies nativas en el área andina de las provincias de Cautín y Valdivia. *Ciencia e Investigación Forestal* 7(2):253–287.
- EVERARD, J & JM CHRISTIE. 1995. Sweet chestnut: silviculture, timber quality and yield in the forest of Dean. *Forestry* 68(2):133–144.
- FERNÁNDEZ, C; G MARTÍNEZ PASTUR; F BOYERAS; M ALLOGGIA & R VUKASOVIC. 1995. Estimación de la producción para ñire en Tierra del Fuego: 1. Análisis de forma y ecuaciones locales de volumen para diferentes condiciones de sitio. Pp. 137–144 en: *Actas IV Jornadas Forestales Patagónicas*. San Martín de los Andes, Argentina.
- FERNÁNDEZ, C; G MARTÍNEZ PASTUR; P PERI & R VUKASOVIC. 1997. Thinning schedules for *Nothofagus pumilio* forest in Patagonia, Argentina. *Actas XI Congreso Forestal Mundial. Volumen 3: D. Función productiva de los bosques*. En CD-ROM. Antalya, Turquía.
- GROOSE, H. 1987. Desarrollo de renovales de Raulí raleados. *Ciencia e Investigación Forestal* 1(2):31–43.
- HOCHBICHLER, E. 1993. Methods of oak silviculture in Austria. *Ann. Sci. For.* 50:583–591.
- KENK, G. 1993. New perspectives in German oak silviculture. *Ann. Sci. For.* 50:563–570.
- MARTÍNEZ PASTUR, G. 1999. *Biometría del Inventario Forestal de la Provincia de Tierra del Fuego—Campaña 1996–1997*. Dirección de Bosques—Subsecretaría de Recursos Naturales y Ambiente Humano—Gobierno de Tierra del Fuego. 25 pp.
- MARTÍNEZ PASTUR, G; J CELLINI; P PERI; R VUKASOVIC & C FERNÁNDEZ. 2000. Timber production of *Nothofagus pumilio* forests by a shelterwood system in Tierra del Fuego (Argentina). *For. Ecol. Manage.* 134(1–3):153–162.
- MARTÍNEZ PASTUR, G; C FERNÁNDEZ; F BOYERAS & M ALLOGGIA. 1995. Estimación de la producción para ñire en Tierra del Fuego: 2. Ecuaciones estándar de volumen. Pp. 145–150 en: *Actas IV Jornadas Forestales Patagónicas*. San Martín de los Andes, Argentina.
- MARTÍNEZ PASTUR, G; C FERNÁNDEZ; R VUKASOVIC & P PERI. 1997a. First responses to thinning in *Nothofagus betuloides* of Tierra del Fuego (Argentina). *Actas XI Congreso Forestal Mundial. Volumen 6: H. Examen por ecoregiones*. En CD-ROM. Antalya, Turquía.
- MARTÍNEZ PASTUR, G; P PERI; R VUKASOVIC; S VACCARO & V PIRIZ CARRILLO. 1997b. Site index equation for *Nothofagus pumilio* Patagonian forest. *Phyton* 6(1/2):55–60.
- MUTARELLI, EJ & E ORFILA. 1971. Observaciones sobre la regeneración de Lengua, *Nothofagus pumilio* (Poepp. et Endl.) Oerst., en parcelas experimentales del lago Mascardi, Argentina. *Revista Forestal Argentina* 15(4):109–115.
- MUTARELLI, EJ & E ORFILA. 1973. Algunos resultados de las investigaciones de manejo silvicultural que se realizan en los bosques andino-patagónicos de Argentina. *Revista Forestal Argentina* 17(3):69–75.

- NAVARRO, C; C DONOSO; V SANDOVAL & C GONZÁLEZ. 1997. Evaluación de raleos en un renoval de canelo (*Drymis winteri* (Forst)) en la cordillera de la costa de Valdivia, Chile. *Bosque* 18(2):51–66.
- NUÑEZ, P & O VERA. 1992. Evaluación de intervenciones silvícolas en un renoval mixto de lenga (*Nothofagus pumilio*) y coihue (*Nothofagus dombeyi*), ubicado en la reserva forestal Coyaique, XI Región. Pp. 111–125 en: *Actas Manejo Forestal de la Lenga y Aspectos Ecológicos*. CIEFAP. Publicación Técnica n° 8.
- PEREDO, M; H POBLETE & L. NAVEILLÁN. 1993. Utilización de renovales de roble y raulí en la fabricación de tableros de partículas. *Ciencia e Investigación Forestal* 7(2):215–240.
- PERI, P; G MARTÍNEZ PASTUR; B DÍAZ & F FUCARACCIO. 1997. Uso del índice de sitio para la construcción de ecuaciones estándar de volumen total de fuste para lenga (*Nothofagus pumilio*) en Patagonia Austral. Pp. 309–316 en: *Actas II Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano. Tomo Bosques Nativos y Protección Ambiental*. Posadas, Argentina.
- PERI, P; G MARTÍNEZ PASTUR; R VUKASOVIC; B DÍAZ; MV LENCINAS & JM CELLINI. 2000. Use of a new thinning method to reduce risk of windthrow in lenga forests of Patagonia, Argentina. Pp. 24–25 en: *Actas Reunión Internacional: Modelos y Métodos Estadísticos Aplicados a Bosques Naturales*. Valdivia, Chile.
- RECHENE, D & H GONDA. 1992. Propuesta metodológica y plan de manejo preliminar para lenga en sitios de calidad media de Chubut. Pp. 126–159 en: *Actas Manejo Forestal de la Lenga y Aspectos Ecológicos*. CIEFAP. Publicación Técnica n° 8.
- REINEKE, L. 1933. Perfecting a stand-density index for even-aged forests. *J. Agricultural Research* 16(7):627–638.
- RUBILAR, J. 1992. Respuesta de la lenga (*Nothofagus pumilio* (Poepp et Endl) Krassser) ante intervenciones de raleo en la Provincia de Última Esperanza, XII Región. Tesis de Grado, Universidad de Chile. 63 pp.
- SCHMIDT, H & J CALDENTY. 1994. *Apuntes del tercer curso de silvicultura de los bosques de lenga*. CONAF-CORMA-Universidad de Chile. Punta Arenas, Chile. 118 pp.
- SCHMIDT, H; J CALDENTY & S DONOSO. 1995. *Informe: investigación sobre el manejo de la lenga-XII Región*. Universidad de Chile-CONAF. 40 pp.
- SCHMIDT, H; J CALDENTY; S DONOSO & K PEÑA. 1996. *Informe: seguimiento forestal y ambiental del uso de los bosques de lenga-XII Región*. Universidad de Chile-CONAF. 37 pp.
- SCHMIDT, H & A URZÚA. 1982. *Transformación y Manejo de los Bosques de lenga en Magallanes*. Ciencias Agrícolas 11. 62 pp.
- SCHUMACHER, F & F HALL. 1933. Logarithmic expression of timber-tree volume. *Journal of Agricultural Research* 47:719–734.
- TULEY, G. 1980. *Nothofagus in Britain*. Forest Record 122. Forestry Commission. Reino Unido. 26 pp.
- URIARTE, C & H GROSSE. 1991. *Los bosques de lenga (Nothofagus pumilio). Una orientación para su uso y manejo; recopilación bibliográfica*. CORFO-INFOR. Informe Técnico n° 126, Concepción, Chile. 92 pp.