

CRECIMIENTO DIAMETRICO DE *NOTHOFAGUS PUMILIO* PARA DOS CONDICIONES DE COPA EN UN SITIO DE CALIDAD MEDIA EN SANTA CRUZ, ARGENTINA

P.L. PERI

Universidad Nacional de la Patagonia Austral
Convenio UNPA-INTA-CAP
cc 332 (9400) Río Gallegos, Santa Cruz. ARGENTINA

G.J. MARTINEZ PASTUR

Centro Austral de Investigaciones Científicas
Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas
cc 92 (9410) Ushuaia, Tierra del Fuego. ARGENTINA

RESUMEN

Nothofagus pumilio es la especie de mayor distribución geográfica e importancia económica de los bosques patagónicos. Son pocos los modelos biométricos relacionados con la planificación del manejo forestal en la Patagonia, por lo que se decidió construir un modelo de crecimiento individual en diámetro para *N. pumilio* bajo dos condiciones de competencia de copa en un bosque de calidad media ($IS_{60} = 9,8$ m) de la Provincia de Santa Cruz (Argentina). El modelo de Chapman-Richards presentó muy buenos estadísticos y una excelente significación biológica. Al analizar los ritmos de crecimiento de acuerdo a su clase de copa, estos se comportaron de manera diferencial. La culminación del crecimiento fue a los 62 y 52 años para el estrato superior e inferior, siendo los crecimientos máximos promedios de 0,303 cm/año para árboles dominantes y de 0,192 cm/año para árboles intermedios. Al realizar una validación indirecta a partir del crecimiento volumétrico por hectárea aplicando el modelo construido, se detectaron diferencias que variaron entre el 2,5 p.100 y el 20,0 p.100 respecto del crecimiento real estimado a partir del análisis de tarugos.

PALABRAS CLAVE: *Nothofagus pumilio*
Patagonia
Crecimiento diamétrico
Modelo de Chapman-Richards
Clases de copa

Recibido: 22-3-96

Aceptado para su publicación: 2-11-96

INTRODUCCION

En los bosques australes de Argentina y Chile, *Nothofagus pumilio* (Poepp. et Endl.) Krasser comúnmente llamada «lenga», es la especie que tiene mayor distribución geográfica (36° 50' LS hasta 50° 00' LS) e importancia económica por poseer madera de buena calidad, de gran aceptación en el mercado local e internacional (Rechene, Gonda, 1992). En los rodales de los mejores sitios los árboles pueden arribar hasta los 130-150 cm de DAP y más de 30 m de altura total. Estos rodales están formados por pequeños manchones coetáneos, que en su conjunto pueden considerarse como disetáneos. Estos bosques ocupan cerca de tres millones de hectáreas, 23,7 p.100 de las cuales están en el sector argentino (Alonso, 1942; Fernández *et al.*, 1993; Martínez Pastur, Fernández, 1994).

Los modelos dendrométricos relacionados con la productividad son una herramienta eficaz para definir el potencial de un sitio, analizar el funcionamiento de los ecosistemas forestales (Becker, 1992; McDill, Amateis, 1992) y sentar pautas dentro de la planificación del manejo forestal (Cao, 1993; Gregoire, 1993). En lenga se han desarrollado numerosas ecuaciones de volumen, de altura total, de área de copa, de biomasa y de densidad de rodales (Mutarelli *et al.*, 1968; Schmidt, Urzúa, 1982; Orfila, 1987; Caldenty, Bown, 1991; Uriarte, Grosse, 1991; Chauchard, 1991; Rechene, Gonda, 1992; Fernández *et al.*, 1993; Martínez Pastur *et al.*, 1993; Schmidt, Caldenty, 1994; Martínez Pastur, Fernández, 1994; Peri, 1995a; 1995b; Chauchard *et al.*, 1995; Caldenty, Valenzuela, 1995). Existen también, unos pocos estudios de crecimiento (Uriarte, Grosse, 1991; Schmidt, Caldenty, 1994) que no discriminan las clases sociales en su análisis. La separación en clases de copa para la construcción de este tipo de modelos es imprescindible al tratar de estimar crecimiento de árboles individuales (Oliver, Powers, 1978; Chauchard, 1991; Martínez Pastur, Fernández, 1995). La falta de desarrollo de estos modelos biométricos en lenga, hace que en la planificación del manejo forestal se utilicen valores fijos (de 2 a 4 m³/ha) para calcular el crecimiento de los rodales o la posibilidad del bosque. Por ello, el objetivo de este trabajo fue la construcción de un modelo de crecimiento individual en diámetro para *Nothofagus pumilio* bajo dos condiciones de competencia de copa (clase de copa, clase social) en un bosque de calidad media de la Provincia de Santa Cruz (Argentina).

MATERIAL Y METODOS

Toma de la muestra

La muestra fue obtenida en un rodal en fase de envejecimiento-desmoronamiento de un bosque virgen puro disetáneo de lenga ubicado en el sector de Stag River (72° 01'00" LO, 51° 39'53" LS) con un $IS_{60} = 9,8$ m (Índice de Sitio con

edad base a los 60 años) (Figs. 1 y 2). Se muestreó un total de 60 individuos, donde de 43 de los mismos (30 de la clase superior y 13 de la clase inferior) fue posible obtener datos de edad y crecimiento, debiendo desechar el resto de los árboles volteados por presentar pudriciones en el corazón del fuste. Si bien el muestreo debe de hacerse al azar, la selección y volteo de los árboles muestra fue dirigida de manera que cubriera el rango diamétrico (Clutter *et al.*, 1983; Fernández *et al.*, 1993), clasificando los individuos de acuerdo con la clase de copa en DOM (árboles dominantes y codominantes) e INT (árboles intermedios y suprimidos). La agrupación de individuos en categorías para construir los modelos parte del supuesto que los individuos que se encontraran en diferente condición de competencia de copa poseen ritmos de crecimiento diferentes, y que hubieran mantenido la misma clase social a lo largo de toda su vida.

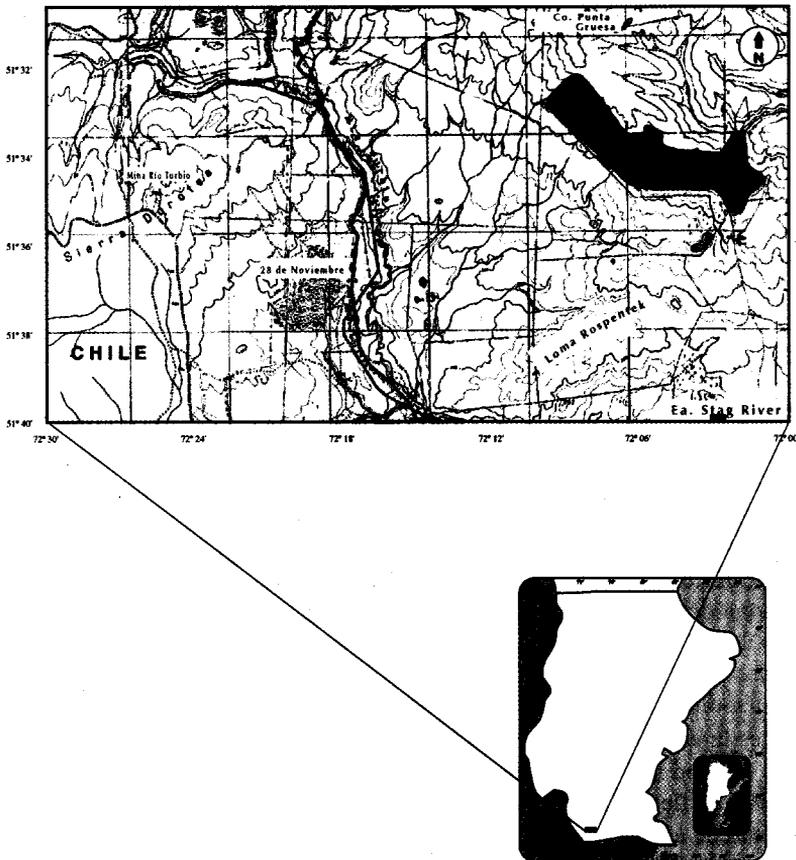


Fig. 1.- Ubicación del bosque de lenga bajo estudio (zona verde) en la Ea Stag River. Sta Cruz (Argentina)

Sample site of Lenga forest (green zone) within Ea Stag River. Sta Cruz (Argentina)



Fig. 2.- Foto de las masas de *Nothofagus pumilio* objeto del estudio
 Photograph of the *Nothofagus pumilio* studied wood stands

Estimación de los crecimientos individuales y modelo ajustado

A los individuos muestra se le tomaron los crecimientos periódicos cada cinco años en dos radios de 90° sobre el DAP (diámetro a la altura del pecho). Los crecimientos se recalcularon de manera de representar el crecimiento promedio (mediciones de dos radios) del radio promedio (en relación al DAP promedio) (Martínez Pastur, Fernández, 1995).

El ajuste se realizó sobre la base de regresión no lineal, utilizándose como base el modelo biológico de Chapman-Richards, presentado por Mitscherlich en 1919 y posteriormente por Richards en 1959 (Rayner, 1991; Zaide, 1993), siendo su forma original:

$$y = a(1 - e^{-bt})^c \quad (1)$$

donde y es la variable dependiente (DAP), e es la base de los logaritmos neperianos, t es la edad (E) y abc son los parámetros de la ecuación. Esta ecuación se destaca por su flexibilidad y su exactitud, siendo la más utilizada en estudios de crecimiento de árboles (Zeide, 1993). Para evaluar el ajuste del modelo ensayado se utilizaron los siguientes estadísticos: prueba de F, coeficiente de determinación (r^2), desviación típica de los residuos (DER) y el análisis de los residuos (ANARE) (Sokal, Rohlf, 1981).

Validación indirecta del modelo

Para analizar el comportamiento del modelo se realizó una validación indirecta a partir del crecimiento volumétrico por hectárea (m^3/ha), comparando el crecimiento real estimado y el modelizado. Se establecieron cuatro parcelas de 500 m^2 (tamaño comúnmente utilizado en los inventarios forestales patagónicos) para obtener el crecimiento real estimado. A cada individuo se le midió el DAP, clase de copa y el incremento periódico de los últimos cinco años por medio de una barrena de Pressler.

Para estimar el volumen individual (m^3) (volumen total con corteza) se utilizó una ecuación presentada por Peri (1995b) que utiliza el DAP (cm) como única variable predictora y cuyo rango de utilización va desde los 15 a los 80 cm:

$$\begin{aligned} \text{VTCC} &= 0,000027112925 \text{ Ln (DAP)}^{8,12263} \\ \text{ESE} &= 0,149 \\ r^2 &= 0,981 \end{aligned}$$

mientras que para estimar el diámetro de corteza (cm) para los diferentes DAP (cm) se construyó el siguiente modelo a partir de la muestra obtenida:

$$\begin{aligned} C &= 0,043635 \text{ DAP} \\ \text{ESE} &= 0,168 \\ r^2 &= 0,959 \end{aligned}$$

RESULTADOS Y DISCUSION

Modelo obtenido

El modelo generado (Tabla 1) presentó un buen ajuste y dentro de sus estadísticos la prueba de F fue altamente significativa con coeficientes de determinación muy buenos. El modelo no pudo explicar el 4 p.100 de la variación de los valores para las dos condiciones de copa. Cuando se analizó el ANARE se visualizaron tendencias a lo largo de la predicción (correlacionada al aumento de la edad), que son comunes de obtener en la construcción de estos modelos, dadas las características propias de la función utilizada (Fig. 3).

TABLA 1

MODELOS DE CRECIMIENTO INDIVIDUAL PARA ARBOLES DOMINANTES Y CODOMINANTES (DOM) E INTEMEDIOS Y SUPRIMIDOS (INT)

Individual growth models for dominant and codominant trees (DOM) and intermediate and suppressed trees (INT)

DOM	DAP	= 79,7475505 (1-e ^(-0,0066466 E))	1,5078566
	F	= 18666,36	
	r ²	= 96,2765	
	DER	= 2,91298	
INT	DAP	= 58,0409639 (1-e ^(-0,0051307 E))	1,2992665
	F	= 7778,512	
	r ²	= 96,7829	
	DER	= 1,79866	

DAP = cm; E = años, 2 years; DER = cm

Análisis biológico del modelo

Más importante que los valores alcanzados por los estadísticos, lo es la buena significación biológica del modelo. La multiplicidad de factores que inciden en el crecimiento pudieron ser explicados con un grado de error aceptable a partir de la simple discriminación de dos clases de copa (de fácil determinación en los inventarios forestales), al trabajar sobre bosques puros donde no se habían realizado aprovechamientos forestales.

Dentro del muestreo realizado fue posible determinar edades mayores a 250 años en individuos de la clase superior y edades de hasta 220 años en individuos de la clase inferior. Los ritmos de crecimiento se comportaron de manera diferencial de acuerdo con la clase de copa, siendo imposible tratar de estimar el crecimiento individual de árboles sin discriminar su clase social (Fig. 4). La segregación del análisis del crecimiento en diámetro por clases de copa fue hecho por Oliver, Powers (1978), encontrando diferencias de hasta un 100 p.100 entre árboles suprimidos y dominantes a edades tempranas. En *N. antarctica* se detectaron ritmos de crecimiento diferenciales entre las distintas clases de copa (dominantes, codominantes e intermedios) para un amplio rango de sitios (Martínez Pastur, Fernández, 1995, 1996). Debido a esto, hacer modelos de crecimiento individual segregando la posición del árbol da resultados mucho más fiables (Curtis, 1976). Los árboles suprimidos mantienen un menor ritmo de crecimiento, arribando a diámetros menores (hasta 35 cm DAP a los 220 años) y sin llegar a edades avanzadas debido a la supresión por los árboles dominantes (falta de luz). Estos individuos que se encuentran en el estrato inferior suelen sobrevivir durante mucho

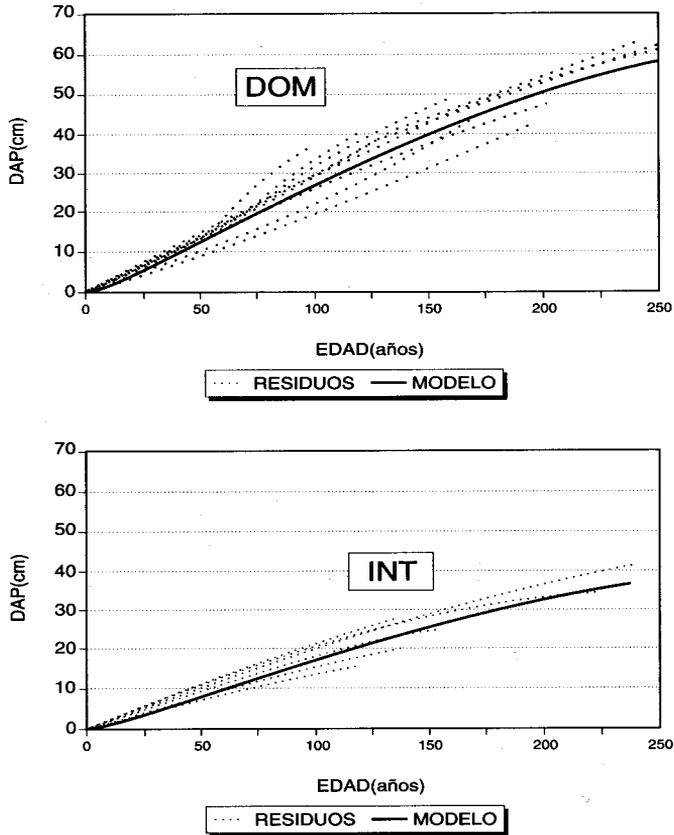


Fig. 3.- Crecimiento individual para árboles dominantes y codominantes (DOM) y para árboles intermedios y suprimidos (INT)
Individual growth for dominant and codominant trees (DOM) and intermediate and suppressed trees (INT)

tiempo mientras las condiciones ecológicas se mantengan en ciertos límites, al igual que lo que sucede en *N. antarctica* y *N. alpina* (Chauchard, 1992, Martínez Pastur, Fernández, 1995). El punto de culminación en DAP fue a los 62 años para el estrato superior y a los 52 años para el estrato inferior. Asimismo, los puntos donde se igualaron el incremento corriente anual (IC) y el incremento medio anual (IM) fue a los 117 y 98 años para dominantes e intermedios (Fig. 4). En *N. alpina* los puntos de culminación de crecimiento de individuos suprimidos y dominantes fueron de 38 y 56 años, respectivamente (Chauchard, 1991). En *N.*

antarctica se determinaron entre 20-37, 21-39 y 16-17 años para las clases dominantes, codominantes e intermedios para sitios entre 5,6 y 13,0 m de altura dominante (Martínez Pastur, Fernández, 1996). Los crecimientos máximos promedios alcanzados para lenga fueron de 0,305 cm/año, para árboles dominantes y codominantes y de 0,193 cm/año, para árboles intermedios y suprimidos. El efecto de la clase social fue determinado en *N. alpina*, donde se determinó 0,27 cm/año al DAP para el estrato inferior y 0,40 cm/año al DAP para el estrato superior (Chauchard, 1991). En *N. antarctica* se determinaron entre 0,23-0,37, 0,18-0,30 y 0,16-0,17 cm/año para las clases dominantes, codominantes e intermedios para sitios entre 5,6 y 13,0 m de altura dominante (Martínez Pastur, Fernández, 1996).

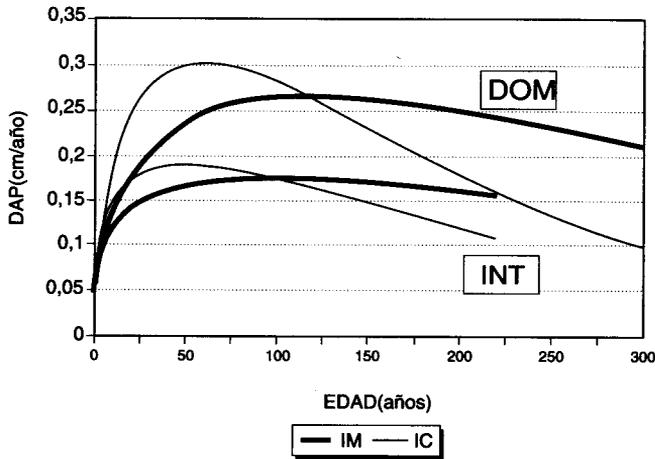


Fig. 4.- Incremento medio (IM) e incremento corriente (IC) para árboles dominantes y codominantes (DOM) y para árboles intermedios y suprimidos (INT)
Mean increment (IM) and current increment (IC) for dominant and codominant trees (DOM) and intermediate and suppressed trees (INT)

Validación indirecta del modelo

Se obtuvieron los crecimientos volumétricos por hectárea modelizados (utilizando los modelos de crecimiento, corteza y volumen) y los reales estimados a partir del análisis de los tarugos, detectándose diferencias que variaron entre 2,5 p.100 y el 20,0 p.100 dependiendo de las características dasométricas de las parcelas (Tabla 2). Las parcelas de validación indirecta se realizaron en sectores con una cobertura elevada para determinar los niveles máximos de error, ya que al calcularse el crecimiento del rodal a partir de crecimientos individuales el error

aumenta al aumentar el número de individuos por hectárea. Una parte importante del error se deriva del supuesto de que los individuos mantienen la misma clase social a lo largo de toda su vida. Esta suposición tiene más validez para la clase superior que para la clase inferior. Dada la dinámica de competencia de los árboles, los que actualmente son individuos suprimidos, un tiempo atrás debieron ser intermedios y codominantes, correlativamente. Los individuos que mueren por competencia son individuos suprimidos. Dadas estas causas, el modelo que representa el crecimiento de árboles INT produce una sobreestimación en edades tempranas (primeros 70 años) (cuando los árboles seguramente eran codominantes), representando bien los crecimientos en edades avanzadas (donde efectivamente pertenecían al estrato inferior).

TABLA 2

CARACTERISTICAS DASOMETRICAS DE LAS PARCELAS DE VALIDACION INDIRECTA PARA LOS MODELOS DE CRECIMIENTO
Dasometric characteristics of the growth model validation plots

DAF (cm)	Frecuencia (n/ha)	Dominantes (%)	Volumen (m ³ /ha)	Crec. estimado (m ³ /ha/año)	Crec. real (m ³ /ha/año)
33,16	280	64,3	225,7	3,15	3,08
31,07	560	64,3	401,9	6,13	5,15
28,57	700	74,3	429,8	7,32	6,09
36,57	420	80,9	423,1	5,40	4,60

Los modelos de crecimiento individual generados en este trabajo son de fácil construcción (dado el bajo número de individuos utilizados en la muestra y la discriminación de sólo dos clases de copa) y son el punto de partida para la predicción de la potencialidad de la lenga en sitios de calidad media de Santa Cruz, siendo mucho más preciso que los valores fijos utilizados hasta el presente. A partir de el modelo generado se caracterizaron diez parcelas de inventario de la zona bajo estudio, obteniendo crecimientos volumétricos que van desde 1 m³/ha por año hasta 9 m³/ha por año, dependiendo de la fase de crecimiento del rodal y de sus características dasométricas.

La complejidad de los modelos biométricos parece no tener fin (Gale *et al.*, 1991), pudiendo encontrar en la bibliografía aquellos componentes del error segregados en los más modernos y complejos modelos y que no han sido considerados en este trabajo (Klepac, 1976; Herman *et al.*, 1978; Walters, 1980; Clutter *et al.*, 1983; Rayner, 1991; Hara *et al.*, 1991; Nicholas, Zedaker, 1992; Mayor, Roda, 1993; Lindgren *et al.*, 1994). Definir estos parámetros de crecimiento es lo más difícil e impreciso dentro de la biometría forestal (McDill, Amateis, 1992), por lo que estas curvas son el punto de partida de los futuros modelos.

SUMMARY

Diametric growth of two crown classes on half site quality *Nothofagus pumilio* forests in Santa Cruz (Argentina)

Nothofagus pumilio is the species of largest geographical distribution and economical importance of Patagonia forests. There are few biometric models related to the Patagonia forest management planning. Then, the aim of this work was to construct individual growth models in diameter for different crown classes of medium quality site ($SI_{60} = 9,8$ m) *N. pumilio* forest in Santa Cruz Province (Argentina). The Chapman-Richards model showed good biological significance and statistics. Diameter growth had different behaviour according to the crown classes. The peak of the growth was at 62 and 52 years for the superior and inferior strata, being the maximal averages growth of 0.305 cm/year for dominant trees and of 0.12 cm/year for intermediate trees. The indirect validation of volumetric growth of the trees threw an error that varied between the 2.5 p.100 and 20.0 p.100.

KEY WORDS: *Nothofagus pumilio*
Patagonia
Diameter growth
Chapman-Richards model
Crown classes

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ALONSO J. L., 1942. Los bosques de Tierra del Fuego. Rev. de Suelo Argentino 1, 47-51.
- BECKER M., 1992. Deux indices de compétition pour la comparaison de la croissance en hauteur et en diamètre d'arbres aux passésylvicoles variés et inconnus. Ann. Sci. For. 49, 25-37.
- CALDENTEY J., BOWN H., 1991. Ecuaciones para estimar la biomasa aérea en rodales naturales de lenga (*Nothofagus pumilio*) en Magallanes-Chile. En: Actas VI Jornadas Técnicas Inventarios - modelos de producción y crecimientos forestales, 9-11 octubre, Eldorado, pp. 13-25.
- CALDENTEY J., VALENZUELA P., 1995. Estimación de la extracción de biomasa y del contenido de nutrientes, por la utilización comercial de un bosque natural de lenga (*Nothofagus pumilio*) en Magallanes Continental - Chile. En: Actas IV Jornadas Forestales Patagónicas, 24-27 octubre, San Martín de los Andes. Vol. I, pp. 216-228.
- CAO Q. C., Estimating coefficients of base-age-invariant site index equations. Can. J. For. Res. 23, pp. 2.343-2.347, 1993.
- CHAUCHARD L., 1991. Familia de funciones de volumen de lenga (*Nothofagus pumilio*). En: Actas VI Jornadas Técnicas Inventarios - modelos de producción y crecimientos forestales, 9-11 octubre, Eldorado, pp. 26-39.
- CHAUCHARD L., SBRANCIA R., PEÑALBA M., RABINO A., MARESCA L., 1995. Dinámica y manejo del bosque de *Nothofagus*: Aplicación de leyes fundamentales de la densidad de rodales. En: Actas IV Jornadas Forestales Patagónicas, 24-27 octubre, San Martín de los Andes. Vol. I, pp. 106-115.
- CLUTTER J., FORTSON J., PIENAAR L., BRISTER G., BAILEY R., 1983. Timber management: a quantitative approach. Wiley 6 sons.
- CURTIS R., 1976. Growth and Yield in uneven-aged stands. In: Proceedings of Uneven-aged silviculture and management in the United States. Forest Service, USDA pp. 186-201.
- FERNANDEZ C., MARTINES PASTUR G., BOYERAS F., PERI P., 1993. Funciones de altura total y área de copa para lenga en Lago Gral Vintter - Cerro Colorado. Alcances por clases de exposición y altitud. Ciencia e Investigación Forestal 7 (2), pp. 315-337.
- GALE M., GRIGAL F., HARDING R., Soil productivity index: predictions of site quality for white spruce plantations. Soil Sci. Soc. Am. J. 55, pp. 1.701-1.708, 1991.
- GREGOIRE T., Estimation of forest growth from successive surveys. Forest Ecology and Management 56, pp. 267-278, 1993.

- HARA T., KIMURA M., KIKUZAWA K., 1991. Growth patterns of tree height and stem diameter in populations of *Abies veitchii*, *A. mariessi* and *Betula ermanii*. *Journal of Ecology* 79, pp. 1.085-1.098.
- HERMAN F., CURTIOS R., DEMARS D., 1978. Height growth and site index estimates for noble fir in high-elevation forests of the Oregon-Washington Cascades. Research paper PNW-243. Forest Service-USDA. 15 pp.
- KLEPAC D., 1976. Crecimiento e incremento de árboles y masas forestales. Universidad Autónoma de Chapingo, 367 pp.
- LINDGREN D., YING C., ELFVING B., LINDGREN K., 1994. Site index variation with latitude and altitude in IUFRO *Pinus contorta* provenance experiments in western Canada and Northern Sweden. *Scand. J. For. Res.* 9, pp. 270-274.
- MARTINEZ PASTUR G., FERNANDEZ C., PERI P., BOYERAS F., 1993. Ecuaciones estándar de volumen total para la lenga (*Nothofagus pumilio*) de la margen sur del lago General Vintter y Cerro Colorado (Provincia del Chubut), Argentina. *Revista de la Facultad de Agronomía* 69 (1), pp. 5-12.
- MARTINEZ PASTUR G., FERNANDEZ C., 1994. Forest Management: Analysis of SDI's determination for Lenga forests. In: *Proceeding of International Symposium on Cold Region Development*. 13-16 June, at Espoo.
- MARTINEZ PASTUR G., FERNANDEZ C., 1995. Estimación de la producción para ñire en Tierra del Fuego: 3. Ecuaciones de crecimiento para diferentes sitios y primeros resultados en la construcción de Índices de Sitio. En: *Actas IV Jornadas Forestales Patagónicas*, San Martín de los Andes, 24-27 octubre, pp. 127-136.
- MARTINEZ PASTUR G., FERNANDEZ C., 1996. Crecimiento diamétrico de *Nothofagus antarctica* en Tierra del Fuego para diferentes sitios y status de competición. Inédito.
- MAYOR X., RODA F., 1993. Growth response of holm oak (*Quercus ilex* L) to commercial thinning in the Montseny mountains (NE Spain). *Ann. Sci. For.* 50, pp. 247-256.
- McDILL M., AMATEIS R., 1992. Measuring forest site quality using the paremeters of a dimensionally compatible height growth function. *Forest Science* 38 (2), pp. 409-429.
- MUTARELLI E., ORFILA E., ALONSO O., 1968. Tabla local de cubicación para lenga (*Nothofagus pumilio*) en la zona del Arroyo Llodcontó, cuenca del Lago Mascardi, provincia de Río Negro. *Revista Forestal Argentina* 12 (1), 22-31.
- NICHOLAS N., ZEDAKER S., 1992. Expected stand behavior: site quality estimation for southern Appalachian red spruce. *Forest Ecology and Management* 47, pp. 39-50.
- OLIVER W., POWERS R., 1978. Growth models for ponderosa pine: I. Yield of unthinned plantations in northern California. Research paper PSW-133. Forest Service-USDA. 21.
- ORFILA E., 1987. Tabla local de cubicación para *Nothofagus pumilio* en la margen sur del lago General Vintter Chubut-Argentina. *Revista de la Facultad de Agronomía* 63, pp. 62-68.
- PERI P., 1995a. Ecuaciones estándar de volumen bruto y neto para lenga (*Nothofagus pumilio*) del valle del río Las Vueltas, prov. de Santa Cruz, Argentina. En: *Actas IV Jornadas Forestales Patagónicas*, 24-27 octubre, San Martín de los Andes. Vol. I., pp. 194-204.
- PERI P., 1995b. Informe técnico: Ecuaciones locales de volumen bruto, neto y sin corteza para *Nothofagus pumilio* en la Ea Stag-River, Prov. de Santa Cruz. INTA-UFPa-CAP, 6 pp.
- RAYNER M., 1991. Site index and dominant height growth curves for regrowth karri (*Eucalyptus diversicolor* F Muell) in south-western Australia. *Forest Ecology and Management* 44, pp. 261-283.
- RECHENE D., GONDA, H., 1992. Propuesta metodológica y plan de manejo preliminar para lenga en sitios de calidad media de Chubut. En: *Actas Manejo Forestal de la Lenga y Aspectos Ecológicos Relacionados*, 23-24 junio, Esquel. CIEFAP, publicación técnica n.º 8: 126-159 pp.
- SCHMIDT H., URZUA A., 1982. Transformación y manejo de los bosques de lenga en Magallanes. Facultad de Ciencias Agrarias, Veterinarias y Forestales. Departamento de Silvicultura y Manejo. Corporación Nacional Forestal. *Ciencias Agrícolas* n.º 11, 62 p.
- SCHMIDT H., CALDENTEY J., 1994. Tercer curso de Silvicultura de los bosques de lenga. CONAF-CORMA Austral-U de Chile. Punta Arenas, 12 al 22 de enero, pp. 44.50.
- SOKAL R., ROHLF J., 1981. *Biometry*. 2nd ed. Freeman, San Francisco.
- URIARTE C., GROSSE H., 1991. Los bosques de lenga (*Nothofagus pumilio*). Una orientación para su uso y manejo; recopilación bibliográfica. CORFA-INFOR. Informe técnico n.º 126. Concepción.

- WALTERS G., 1980. *Saligna eucalyptus* growth in a 15-year-old spacing study in Hawaii. Research paper PSW-151. Forest Service. USDA, 11 p.
- ZEIDE B., 1993. Analysys of growth equations. *Forest Science* 39 (3), pp. 594-616.