

Bases ecológicas para el manejo del Bosque de *Nothofagus pumilio* de Tierra del Fuego

Laura L Richter ¹ y JL Frangi ²

¹ Centro Austral de Investigaciones Científicas (CADIC) CONICET. (9410) Ushuaia, Tierra del Fuego, Argentina.

² Area de Silvicultura. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales y Facultad de Ciencias Naturales y Museo, UNLP. CC 31, (1900) La Plata.

Recibido 13 de agosto de 1992, aceptado 18 de noviembre de 1992.

RESUMEN

Tradicionalmente en la Argentina, la ecología forestal y la silvicultura han marchado en general por caminos separados. La información ecológica apropiada puede ser aprovechada para un mejor manejo del bosque. La especie nativa *Nothofagus pumilio* (n.v. lenga) y los bosques que forma en la Tierra del Fuego poseen características biológicas y ecológicas favorables y desfavorables para la producción de madera que pueden diferir si son otros los objetivos del manejo. Estas características estructurales y funcionales están vinculadas con las duras condiciones ambientales crónicas (bajas temperaturas del aire y suelo durante la limitada estación de crecimiento, elevada nubosidad, bajo déficit de saturación atmosférica, elevada velocidad de los vientos del oeste, suelos variables pero generalmente ácidos y pobres en nutrientes) y disturbios (tormentas de viento y nieve, deslizamientos, fuego, claros generados por la caída de árboles). Entre las favorables pueden destacarse: disponibilidad de áreas extensas de bosque nativo aptas para la producción de madera, 1(2) especies de *Nothofagus* dominantes, gran producción de semillas y elevada regeneración natural, plántulas y árboles heliófilos, crecimiento posible desde suelos minerales hasta suelos ricos en materia orgánica con capa de mantillo o musgos, adaptaciones a suelos ácidos y pobres en nutrientes (micorrizas, alta retraslocación), baja concentración de nutrientes en troncos y ramas gruesas, individuos coetáneos formando rodales de estructura simple y distinta edad que integran mosaicos, ausencia de competidores tolerantes a la sombra, sucesiones simples predecibles, alta resiliencia (gran amplitud, baja maleabilidad e histeresis) bajo tensiones naturales. Entre los desfavorables: elevada heterogeneidad ambiental, masas discretáneas, irregular producción anual de semillas, tasas de crecimiento y descomposición bajas, escaso conocimiento biológico y genecológico de los árboles, significativas pudriciones de la madera causadas por hongos, baja elasticidad. Las prácticas de manejo -aplicación y/o remoción de tensiones- deben considerar a las acciones de los factores de tensión naturales a los que el bosque está preadaptado y tiene respuestas, de esta manera se puede sacar ventaja de las propiedades forestales, reduciendo costos y degradación ambiental, para alcanzar el nivel deseado de estructura y función. El almacenaje y dinámica de la materia orgánica y minerales de los restos gruesos y finos, resalta la atención que se debe prestar a aspectos del ecosistema habitualmente desatendidos, que juegan papeles cruciales en el bosque. Debido a las bajas tasas de productividad, para alcanzar un nivel de producción significativo y sustentable de madera es necesario ordenar grandes superficies forestales. La ordenación forestal de la Tierra del Fuego debe incluir no sólo una planificación para la obtención de recursos de la madera sino también otros recursos y condiciones que constituyen oportunidades futuras y la base de actividades económicas tales como las bellezas escénicas, el turismo, la recreación, el control de la calidad del agua y la conservación de la biodiversidad.

Palabras clave: Bosque de lenga, *Nothofagus pumilio*, Tierra del Fuego, ecología forestal, manejo forestal.

An ecological basis for *Nothofagus pumilio* Forest management in Tierra del Fuego

SUMMARY

Traditionally in Argentina, forest ecology and silviculture worked separately. Appropriate ecological information can be used for better management. The native *Nothofagus pumilio* (common name "lenga") species and forests in Tierra del Fuego, have favorable and adverse biological and ecological properties for the production of timber and other forest goods, that can differ if others are the management objectives. These structural and functional characteristics are linked to the harsh chronic environmental conditions (low temperature in the air and soil during the limited growing season, high cloudiness, low saturation deficit, high speed of westerlies, variable but generally nutrient-poor and acid soils) and disturbances (wind and snowstorms, landslides, fires, fallen-tree generated gaps). In the favorable side are mentioned: available natural forest lands suitable for timber production, 1(2) southern beech species dominance, high seeding and natural regeneration, high light requirement for seedlings and tree development, growth possible from exposed mineral soil to more organic-rich ones with a litter or moss layer, adaptive features to low nutrient-acid soils (mycorrhiza, high retranslocation), low nutrient concentration in trunks and big branches, even-aged individuals forming simple structured different-aged stands grouped in mosaics, absence of low-light tolerant competitors, simple and predictable successions, high resilience (high amplitude, low malleability and hysteresis) to natural stressors. In the adverse side: high environmental heterogeneity, low temperatures during the limited growing season, discontinuous stands, high annual variability in seed production, low growth and decomposition rates, scarce genealogical and biological knowledge of the tree species, high proportion of decayed-wood (trees) caused by fungi, low elasticity. Management practices - applications and/or removals of stress - must consider the natural stressors actions to what the forest is preadapted and has responses; in this way, we can take advantage of forest attributes, reducing costs and environmental degradation, to achieve the desired level of structure or function. The storage and dynamics of organic matter -and minerals- in coarse and fine debris, highlights the attention we must pay to ecosystem features normally unattended that play crucial roles in the forest. Due to low productivity rates, it is necessary to manage an extensive forest area to achieve a sustainable and significant timber production level. Forest management in Tierra del Fuego should include not only planning for wood resources but, for other important resources and conditions for future opportunities and support of economic activities like panorama, tourism, recreation, water quality control and biodiversity conservation.

Key words: Lenga forests, *Nothofagus pumilio*, Tierra del Fuego, forest ecology, forest management.

"Los motivos conscientes del hombre para el control de los bosques han cambiado drásticamente desde mediados de este siglo y continúan cambiando partiendo de una gestión primariamente orientada a los bosques con un concepto multiuso donde los recursos humanos e hidráulicos juegan un rol cada día más importante. Cualquiera que sea el propósito, obviamente, la acción basada en el conocimiento y la comprensión es mejor que aquella que no tiene ninguna base"

Spurr y Barnes (1982)

"...los silvicultores podrían buscar entender los principios ecológicos, las tendencias naturales relacionadas con los árboles y las comunidades forestales con las cuales trabajan. No infiero que estén obligados a seguirlas ciegamente pero pienso que no pueden ignorarlas. Entre los dos extremos de seguir pasivamente la naturaleza por un lado y oponérsele, por el otro, existe un área muy amplia para aplicar la filosofía básica de trabajar en armonía con las tendencias naturales."

Lutz (1959)

"...By gaining an understanding of the fundamental structures, processes, and relationships between forests, we will be better able to anticipate responses, management needs, and capabilities of forest ecosystems to buffer changes in the environment. By understanding the effects of humans on the forest, we will be better able to meet our needs and promote our long-term well being."

Committee on Forestry Research (1990)

INTRODUCCION

La superficie boscosa de la Tierra del Fuego, incluida aquella en explotación forestal, corresponde con exclusividad a masas nativas. Las especies introducidas son pocas, escasamente representadas y, en la actualidad, cumplen papeles secundarios no vinculados a la industria de la madera. Así los bosques nativos de la isla son la base de su economía forestal y es el objetivo de este trabajo destacar algunos aspectos ecológicos de la especie de mayor interés maderero - la lenga- como de los bosques que forma, estrechamente vinculados con el manejo silvícola. Este y los demás bosques fueguinos cumplen un papel relevante en otros sectores de la economía y ecología insular que es menester considerar.

Los estudios ecológicos en los bosques de nuestro país son escasos, en especial sobre *Nothofagus* (Morello, 1986b), y pocas veces han estado dirigidos a proveer información transferible al terreno aplicado. Asimismo sus resultados, con notables excepciones, raramente han sido considerados para establecer planes de manejo. La importancia de cerrar esa brecha se hace más evidente en tiempos en que resulta imprescindible mejorar los sistemas productivos haciéndolos sustentables y compatibilizando diversos objetivos de uso. Para ese fin, no sólo se requiere más conocimiento sino fundamentalmente una nueva y más integral visión del entorno humano que guíe la búsqueda del conocimiento apropiado. Este trabajo tiene la pretensión de hacer un aporte en esa dirección ya indicada por forestales y ecólogos.

MATERIALES Y METODOS

Los datos utilizados son resultado de los estudios sobre estructura y dinámica de un stand maduro de lenga ubicado en las inmediaciones de Laguna Victoria, sobre la vertiente norte de la Sierra de Sorondo. A ello se suma la experiencia regional recogida por los autores y, resultados y conclusiones de otros. Estos elementos permiten discutir algunas características ecológicas intrínsecas de los bosques de lenga que merecen ser considerados en proyectos de manejo y ordenación forestal de *Nothofagus pumilio* en la Isla. La condiciones del sitio y la metodología empleada en los estudios de Tierra del Fuego ya han sido informados (Frangi, 1992).

El medio ambiente físico fueguino

Ubicación. Entre los 54 y 56° S se encuentran la Tierra del Fuego y otros territorios insulares de menor envergadura en los que las condiciones climáticas para el desarrollo forestal son extremas. Llegan a formar sus bosques -que ocupan en el territorio argentino unas 635.000 ha- sólo tres especies de *Nothofagus*, dos de ellas caducifolias (*N. pumilio*, la lenga; *N. antarctica*, el ñire) y una perennifolia (*N. betuloides*, el guindo) (IFONA, 1988).

Clima. La presente descripción se apoya principalmente en los trabajos de Schwerdtfeger (1976a), Burgos (1985), Servicio Meteorológico Nacional (1986) y Walter *et al.* (1975). El clima en la región fueguina es parte del clima general subpolar del hemisferio

sur, con fuerte influencia de la masa de hielo antártico. Las corrientes oceánicas occidentales frías que bañan sus costas y la alta relación masa oceánica/masa terrestre inciden decisivamente en aquél. Las temperaturas medias a nivel del mar son de ca. 5-6 °C y la amplitud térmica anual es de 8-10 °C; los veranos son frescos con temperaturas medias que no superan los 10 °C, los inviernos no son excesivamente fríos con medias entre 0-2 °C y mínimas extremas de hasta -14 °C. Los vientos occidentales predominan durante todo el año con velocidades medias en Ushuaia de 14,3 km/h, y mayores en Río Grande y en sectores menos abrigados del oeste y del Canal Beagle. La Cordillera de los Andes, de dirección N-S, toma dirección O-E en el sur de la isla, paralelamente a los vientos dominantes; se destaca en el sector chileno, la Cordillera Darwin -con picos de más de 2000 m sm- y sus glaciares y, en el sector argentino, el monte Olivia de 1476 m sm al NE de la ciudad de Ushuaia. El relieve afecta la magnitud de las precipitaciones anuales que, homogéneamente distribuidas a lo largo del año, son mayores en las costas del Océano Pacífico (ej. Bahía Morris, 1748 mm; Pisano Valdés, 1971, 1972) donde hay sectores con precipitaciones superiores a los 2000 mm, en el S sobre el Canal Beagle (Moat, 800 mm), la isla de los Estados (1000-1700 mm) y a mayor altitud (El Martial 550 m sm, 1135 mm; Iturraspe *et al.*, 1989) reduciéndose hacia el paisaje colinado y llano del centro y norte insular (350-500 mm) (cf. Map 2 en Walter *et al.*, 1975). Asimismo, la nubosidad anual es superior al 70% de cobertura en la zona boscosa insular (Prohaska, 1976) y la heliofania relativa se reduce al 33% del brillo solar máximo (Schwerdtfeger, 1976b). La horas de brillo solar varían estacionalmente desde 5 h 30'/día en el verano a solo 1 h/día en el invierno (Ushuaia; Schwerdtfeger, 1976b). Hacia el centro y NE de la isla se encuentran las

temperaturas invernales más bajas y los veranos más templados. Como consecuencia de las bajas temperaturas la evaporación y transpiración son reducidas, en especial sobre la zona cordillerana; de esto resulta que particularmente en el oeste, y sur en general no hay limitaciones por falta de agua sino más bien por exceso, cuando la topografía o la textura del suelo producen un drenaje deficiente.

El bosque de lenga y su medio ambiente

Las condiciones climáticas y topográficas se reflejan en cambios florísticos y fisonómicos (Frangi y Richter, 1992a) con el bosque caducifolio alto de lenga ocupando faldeos y terrazas de las áreas montanas con mayor amplitud térmica que los sectores costeros con condiciones oceánicas extremas o ciertas situaciones -sin mínimas extremas de temperatura- de media ladera con clima frío isoterma ocupados ambos por bosques de guindo. El bosque de lenga va reduciéndose en extensión hacia el centro de la isla ocupando algunas lomas en el "país" del ñire; esta última especie predomina en las colinas del centro y E de la isla con menores lluvias y suelos que se congelan en invierno.

A las condiciones climáticas y orográficas de por sí severas en que viven los bosques fueguinos, se suman suelos en general ácidos, con abundante materia orgánica en los horizontes superficiales, que contribuye a que puedan tener una elevada capacidad de intercambio catiónico, pero que suelen poseer un bajo porcentaje de saturación en bases (Frederiksen, 1988; Frangi y Richter 1992 b). Sin embargo, *N. pumilio* ocupa también regolitos no edafizados recientemente expuestos como consecuencia de movimientos de remoción en masa.

Los suelos de los bosques caducifolios

de lenga presentan variación mensual de la tensión de succión de agua y de la temperatura edáfica (Frangi y Richter, 1992b). Si bien la temperatura del suelo, a altitudes de 50 m sm, pueden alcanzar valores bajo cero durante los meses más fríos del año, estas son menos extremas en duración e intensidad que en los de ñire a similar altitud.

A los factores de tensión ⁽¹⁾ crónicos de naturaleza edáfica y climática (suelos ácidos, amplia variación estacional del fotoperíodo, limitada heliofanía relativa, estación de crecimiento con valores relativamente bajos de temperatura, vientos fuertes, etc.) se suman otros de carácter agudo como fuegos, avalanchas de nieve y movimientos de remoción en masa.

Estos factores de disturbio influyen en la composición florística, la estructura de los rodales, la sucesión y el patrón espacial de la vegetación. Muchos de estos factores son comunes con los activos en la zona continental que ocupan los bosques de *Nothofagus* en Chile y Argentina y diversos autores se han ocupado de ello (cf. Frangi, 1992).

Las condiciones de tensión naturales crónicas y agudas en las áreas ocupadas por la lenga limitan la riqueza de especies, obteniéndose bosques con estratos arbóreos monoespecíficos o biespecíficos, y una sucesión -tanto primaria como secundaria- integrada por pocas etapas aún en ausencia de factores agudos de disturbio.

Los *Nothofagus* de mayor interés silvícola -la lenga y el guindo- tienden a formar rodales de edad y estructura uniforme bajo condicio-

nes de tensiones agudas, y discetáneos menos regulares cuando es menor o está ausente la acción de dichos factores. En otros casos, bajo la acción de factores crónicos como vientos fuertes, se forman bandas de bosque de distinta altura; dicha estructura es el resultado de la distinta susceptibilidad al disturbio de plantas de diferente tamaño y resulta de un impacto rítmico (agudo) debido al propio desarrollo de los árboles. Gallart (1990) ha simulado el efecto del viento en bosques de guindo de la isla y obtenido la estructura forestal de "ondas de viento" en la cual fajas de árboles de distinta edad se disponen transversalmente a la dirección del viento dominante. Odum (1983) considera que estos son casos de *sucesión cíclica* en la cual la totalidad del faldeo montano constituye un estado estable en equilibrio con su entorno. La altura de los árboles disminuye en las localidades a mayor altitud o menos protegidas. Los fustes están encorvados en la base en los sitios de mayor pendiente como consecuencia del peso de la nieve y la soliflucción hasta que, en la faja superior de distribución del bosque, llegan a conformar un matorral bajo o bosque achaparrado y denso donde apenas el extremo de los tallos adopta una posición erecta. Deformaciones de esta naturaleza han sido descriptos por varios autores (Costantino, 1950; Veblen, *et al.*, 1977) para el sector continental. Si bien no se dispone de datos de la zona, pueden presumirse las tendencias estructurales del bosque considerando datos obtenidos por Frangi y Barrera (com. pers., 1992) en Chalhuaco, Bariloche. En 1989, ellos observaron que la densidad de *Nothofagus pumilio* en los bosques fustales a 1310 m sm, era de 350 ind/ha, con un área basal de 68 m²/ha y una altura máxima del dosel de 22 m; en tanto que a 1510 m sm la densidad del lengal achaparrado era de 2930 ind/ha, con un área basal de 42,5 m²/ha y una altura máxima de 2,2 m.

⁽¹⁾ Factor de tensión o *stressor*: factor ecológico que causa drenaje de energía potencial (*stress*) que de otra manera podría hacer trabajo útil en el sistema. La respuesta de los sistemas al *stressor* puede ser la adaptación (para sobrellevarlo o evitarlo) o el desorden funcional (que debe ser reducido o en su defecto puede provocar el agotamiento y la muerte) (cf. Lugo, 1978).

La presencia de disturbios antrópicos de acción continua como el pastoreo en áreas quemadas y/o taladas provoca primero la retrogresión y luego el establecimiento de *sucesiones detenidas* (cf. Westman, 1985) en etapas de herbáceas, a partir de las cuales la rehabilitación del bosque queda seriamente comprometida. Los animales que pastorean bajo bosque disponen de una muy baja biomasa de hierbas (tabla 1) y su efecto de pastoreo y pisoteo elimina la regeneración del árbol; en los sitios talados y quemados la cobertura herbácea visiblemente aumenta sin llegar a constituir una disponibilidad de forraje relevante con lo cual el impacto del pastoreo lleva rápidamente al deterioro del suelo. Según Contreras *et al.* (1975, fide Donoso, 1990) la tala de bosques de lenga en Magallanes, Chile, resulta en la pérdida del 53-59% del nitrógeno del suelo; indicando además pérdidas por incendios. Estas situaciones de reemplazo ejemplifican la alta maleabilidad -y posiblemente también histéresis- del nuevo estadio final, respecto del bosque maduro, cuando se incluye el pastoreo.

La reducida complejidad estructural y florística de estos bosques está primariamente determinada por la rigurosidad de los factores ecológicos omnipresentes. Los disturbios, cuando superan la inercia (sensu Westman, 1978) del ecosistema, retrotraen a etapas anteriores de la sucesión; el proceso de restauración a partir de disturbios naturales, no incluye más que una única etapa arbórea que es la misma que constituye el bosque maduro. Asimismo, la mortalidad periódica de las cohortes en bosques coetáneos afectados por disturbios agudos o la mortalidad por senescencia de ejemplares más viejos resultan en situaciones favorables para la regeneración de una especie con elevadas demandas de luz, ya que produce condiciones ideales para la perpetuación. La ausencia de espe-

cies más tolerantes a la sombra hace que el colapso eventual del bosque por disturbio, que provoca una regeneración en masa, ayude a mantener la heterogeneidad estructural dada por rodales en distinta fase de desarrollo sin modificar la composición florística arbórea. La escasa biomasa de los estratos inferiores (Frangi y Richter, 1992b) y la ausencia de *Chusquea* spp -frecuente en bosques subantárticos continentales a menor latitud- reducen las dificultades de instalación de plántulas de lenga. Es por ello que, si bien existen diferencias en la composición florística de los estratos bajos (Collantes *et al.*, 1989), son la estructura vertical y horizontal -determinada por la densidad, altura, diámetro y morfología de los árboles- y, la forma y distribución de los diferentes rodales en el paisaje, los que mejor expresan la combinación de los factores de tensión activos en cada porción del terreno. Esa combinación de tensiones naturales crónicas y agudas, se asocia con una considerablemente alta resiliencia ⁽²⁾ del ecosistema -amplitud alta, histéresis y maleabilidad bajas, pero elasticidad baja- respecto a la composición florística y estructura forestal.

Características del bosque de lenga y de la especie dominante

Biomasa y Mineralomasa. La estructura de la biomasa y mineralomasa de un rodal maduro de lenga (Tabla 1) permite advertir que la biomasa aérea representa el 87% de la biomasa total; conformada por 83% de *leño* grueso (ramas 19%, troncos 65%) y un 4% de hojas, ramitas finas y estructuras reproductivas.

⁽²⁾ Resiliencia: es el grado, manera y marcha de la restauración estructural y funcional en un ecosistema después de un disturbio. Tiene cuatro componentes: elasticidad, amplitud, histéresis y maleabilidad (Westman, 1978, 1985).

La biomasa subterránea (13% del total) es mayoritariamente de raíces gruesas.

La distribución de minerales totales (cenizas) (Tabla 1), demuestra un mayor almacenaje aéreo (58% del total) pero una mayor concentración en las estructuras subterráneas si se tiene en cuenta la proporción de materia seca en ambos compartimientos. No obstante, los nutrientes reportados sigue el siguiente orden decreciente de almacenaje Ca>N>K>P, con un 76-81% de su masa en los compartimientos aéreos. El leño aéreo grueso (ramas y troncos) acumula el 45% de la mineralomasa del bosque, denotando la baja

concentración de minerales de dicho compartimiento (ca. 3 kg cenizas/tn tronco seco, 14 kg cenizas/tn ramas gruesas secas). Las ramitas finas y hojas con sólo el 3% de la biomasa total, poseen el 13% de la mineralomasa del bosque. Las raíces delgadas tienen la mayor proporción de los minerales ligados a las estructuras subterráneas, con excepción del K, mostrando en todos los casos mayores concentraciones de nutrientes por unidad de biomasa. Las raíces delgadas vivas son más ricas en K, P y N respecto de las delgadas muertas.

Tabla 1: Biomasa y mineralomasa del bosque de *N. pumilio* de Laguna Victoria, Tierra del Fuego. Biomass and nutrient mass of the *N. pumilio* forest stand at Laguna Victoria, Tierra del Fuego.

Compartimiento vegetal	MS tn/ha	Ceniza	N	P	K	Ca
		 kg/ha			
Hojas	1.9	0.1	43	8	19	26
Ramitas (<1 cm)	15.2	0.5	94	14	58	175
Ramas (1-10 cm)	93.0	1.4	307	63	245	408
Tronco (>10 cm)	321.6	0.9	347	42	307	387
Hierbas	0.2					
Raíces delgadas vivas	13.1	1.1	125	20	50	98
Raíces delgadas muertas	4.7	0.6	35	3	6	73
Raíces gruesas	48.5	0.4	58	17	120	66
Total Aérea	431.9	2.9	791	126	629	997
Total Subterránea	66.3	2.1	218	40	176	238
Total	498.2	5.0	1009	166	806	1235

Aspectos autoecológicos y sus vinculaciones con la estructura de las poblaciones. La lenga es heliófila o intolerante (Costantino 1950) y presenta una alta regeneración natural (puede llegar a más de 500.000 plántulas/ha) (Schmidt, 1989). Las condiciones de iluminación requeridas pueden estar generadas por la caída de algún árbol, fenó-

menos de mayor superficie e intensidad como avalanchas o derrumbes, o también modificaciones de origen humano en forma de corredores (apertura de caminos y sendas) y explotaciones forestales. Son escasas las plántulas a la sombra del bosque cerrado. Donoso (1975, fide Donoso, 1990) señala que aparentemente las especies americanas de *Nothofagus* pro-

ducen plántulas que pueden mantenerse en un estado de semilatenencia durante muchos años a la sombra de los árboles padres o del sotobosque, y son capaces de reaccionar muy bien ante la corta o raleo de los árboles.

Produce semillas abundantes de elevada viabilidad en años pico (similar a los *mast years* de *Nothofagus* no sudamericanos, cf. Poole, 1948; Wardle, 1970; Howard, 1973; Hickey *et al*, 1982), alternando con años de baja producción y baja viabilidad, que van desde medio millón a 12 millones de semillas por hectárea (Schmidt, 1989); es longeva, supera los 400 años de edad, aunque son raros los árboles de más de 300 años; dan árboles de hasta unos 25 m de alto y fustes rectos dependiendo ambas características de las condiciones de cada sitio. En la condición de bosque maduro la densidad de fustes es de 400-500 ejemplares por hectárea (Tabla 2).

Es posible que la producción de semillas y la viabilidad de ellas y de sus plántulas disminuya con la altitud, como se ha verificado en especies no sudamericanas de *Nothofagus* (Manson, 1974). No se observaron plántulas de lenga en los sectores achaparrados a mayor altitud.

Vinculado al tema de las formas de crecimiento de la lenga, Morello (1986b) des-

taca que el conocimiento argentino sobre el germoplasma de *Nothofagus* es nulo y según Donoso (1990) en Chile es muy escaso (Donoso, 1979a, 1979b); consecuentemente se ignora si las formas achaparradas tienen base genética (verdaderos *krummholz*, sensu Norton y Schonenberger, 1984) o constituyen respuestas plásticas a las condiciones ambientales. Además de esas consideraciones morfológicas, vale la pena reiterar el valor silvicultural de la información genética desconocida. Las diferentes respuestas en las procedencias de *N. obliqua* y *N. procera* -y probables híbridos- introducidas en Europa (Tuley, 1980; Morello, 1986a; Murray *et al*, 1986; Destremau, 1987), muestran que existen variaciones de utilidad para su plantación en distintos ambientes que requieren explicación.

Los sistemas de raíces gruesas son extensivos y subsuperficiales concentrándose en los primeros 40 a 50 cm del suelo. Forman plataformas de apoyo eficaces en la sustentación de los grandes árboles, en especial cuando se encuentran dentro de una masa forestal, pero son más susceptibles al volteo por el viento cuando se encuentra aislado o emergiendo del dosel. Schmidt (1989) por el contrario opina que la resistencia al volteo de los árboles jóvenes es menor debido a la

Tabla 2: Parámetros estructurales de un rodal maduro del bosque de *N. pumilio* de Laguna Victoria. Densidad, área basal, diámetro medio de los árboles a la altura del pecho (DAPm), altura media del dosel (ALTm), altura media de los árboles más altos (ALTmax), Índice de complejidad (IC) de Holdridge, e índice de área foliar (IAF).

Structural parameters of mature *N. pumilio* forest stand at Laguna Victoria, Density, basal area, mean tree diameter at breast height (DAPm), canopy mean height (ALTm), mean height of the highest trees (ALTmax), Holdridge Complexity Index (IC), and leaf area index (IAF).

Bosque	Densidad (ind./ha)	Area Basal (m ² /ha)	DAPm (cm)	DAPmax (cm)	ALTm (m)	ALTmax (m)	IC	IAF
<i>N. pumilio</i>	407	57.3	42.3	84.0	24.5	27	5.8	1.7

escasa resistencia del sistema de raíces; esto se contrapone a su vez con lo sostenido para diversas especies por autores que explican fenómenos de *die-back* causados por el viento (ej. Gallart, 1990; Jane, 1986). Schmidt (1989) considera que globalmente el dosel con árboles maduros y sobremaduros es más estable y ofrece mejores posibilidades de permanencia como dosel de protección.

Estas características ayudan a comprender la tendencia a la coetaneidad y homogeneidad estructural de los rodales afectados por disturbios -fenómeno también descrito por Wardle (1982) para *Nothofagus* de Nueva Zelanda-, con una distribución en el espacio que refleja el patrón de aquel tipo de tensores (canales de avenida en los derrumbes y aludes de nieve, ondas de viento por la acción de este factor). La formación de masas discretas, a veces con mosaicos conteniendo pequeños manchones de distinta edad con individuos coetáneos, se observa en condiciones en que la dinámica forestal no parece estar necesariamente sujeta a aquellos pulsos y obedece a factores de mortalidad -extrínsecos o intrínsecos- de efecto más bien individual que colectivo (por ejemplo caída de árboles aislados por senescencia o viento en pequeños huecos del dosel o *gaps*).

La característica monoespecífica-biespecífica de los bosques que forma y la propia estrategia vital del árbol, hacen que sus masas tengan una tendencia cíclica integrada por cuatro fases (cf. Schmidt y Urzúa, 1982; Schmidt, 1987): desmoronamiento con regeneración, crecimiento óptimo, envejecimiento, e inicio de desmoronamiento. El reconocimiento de la fase en que se encuentra el bosque y de la heterogeneidad resultante de la organización espacial de los bosquetes, es de gran relevancia para la cartografía e inventario forestal; esto permite establecer unidades de manejo, y también la selección de técnicas

silviculturales (Schmidt y Urzúa, 1982; Schmidt, 1987, 1989).

Crecimiento, productividad y descomposición. Las condiciones climáticas de la estación de crecimiento y los factores edáficos no favorecen altas velocidades en las funciones biológicas. Las tasas de crecimiento (Muttarelli y Orfila, 1969, 1973) y de productividad de hojarasca (Frangi y Richter, 1992b) en la isla son bajas: un árbol tarda 25 años en alcanzar de 3 a 5 m de altura, necesita aproximadamente 80 años en alcanzar 30 cm de diámetro a la altura del pecho (Barrera M, com. pers., 1991) y el bosque produce unas 3,7 tn/ha año de caída de hojarasca fina y 2-5 m³/ha año de crecimiento promedio de madera. Las tasas de caída de hojarasca fina son las más altas de los bosques de la isla pero las más bajas reportadas para bosques de *Nothofagus* (Frangi y Richter, 1992 b; cf. también con datos en Donoso, 1990).

El retorno de nutrientes al suelo se ve afectado negativamente por las bajas tasas de descomposición. Los troncos tardan casi 500 años para perder el 99 % de su peso y las ramas gruesas unos 270 años para igual pérdida (Tabla 3). Si bien los compartimientos más finos son de descomposición más rápida (Frangi y Richter, 1992b) - por ej. la vida media de las hojas en descomposición es de 1,2 años-, están algo debajo de los valores indicados para bosques templados caducifolios sobre suelos con humus de tipo *mully* por encima de las tasas de los mismos bosques sobre suelos con humus de tipo *mor* (cf. Swift *et al*, 1979).

La cantidad de restos orgánicos gruesos (troncos y ramas) almacenada sobre el suelo en un bosque maduro supera en un orden de magnitud al mantillo fino y representan más del 90% de los detritos totales (Tabla 4). A pesar de tener una mineralomasa supe-

Tabla 3: Parámetros de descomposición de *N. pumilio* en Tierra del Fuego.
Decomposition parameters of *N. pumilio* in Tierra del Fuego.

Compartimiento	a (%)	b (%)	r ²	k año-1	0.658/k	1/k años	3/k	5/k	1/L año-1
hojas	115.35	-0.0015	0.58	0.560	1.2	1.8	5.3	8.9	0.99
ramitas (@)				0.470	1.4	2.1	6.4	10.7	0.30
ramas gruesas (n:13)	74.00	-0.0188(*)	0.67	0.019	35.0	53.0	159.0	266.0	
troncos (n:16)	82.50	-0.0101(*)	0.66	0.010	65.0	99.0	297.0	496.0	

(%) parámetros de la ecuación exponencial

(*) tiempo en años

(@) 3 grupos de 1-10 mm diám., puestas el 7-5-87 al 5-5-89 (729 días).

rior a la almacenada en los materiales finos, proporcionalmente dicho almacenaje (75%) es más bajo que el de materia orgánica (93%), reiterando la inferior concentración de nutrientes en los tejidos leñosos. Esa abundancia de madera caída en el bosque fueguino es un rasgo estructural y fisonómico evidente que se puede asociar a la dinámica del bosque en su totalidad, es decir con componentes autógenos y alogénicos de carácter permanente, periódico y esporádico.

Almacenaje y ciclaje de nutrientes de la necromasa del piso forestal. Los detritos

finos -un 7% del total almacenado en el piso forestal- contienen el 25% de las cenizas totales del mantillo, y puede verse que son particularmente ricos en P (28%), algo menos en N (18%) y K (21%), y menos en Ca (14%), siempre respecto al almacenaje total de detritos (Tabla 4). Estos restos finos, a pesar de constituir una masa exigua, son de extraordinaria relevancia en el aporte anual de nutrientes como producto de una descomposición más rápida. Algunas estimaciones preliminares de la descomposición del mantillo (Tabla 5) permiten reconocer ese papel; de unas 2,9-3,4 tn/ha de materia seca que se descomponen

Tabla 4: Materia seca y mineralomasa del mantillo de bosque de *N. pumilio*, Laguna Victoria. El valor de los detritos finos es la media de dos muestreos (mayo de 1987 - marzo de 1988). Los datos de los materiales gruesos corresponden a un muestreo estival.

Litter dry weight and nutrient mass of the *N. pumilio* forest, Laguna Victoria. Fine debris figure is the mean of two samplings (may 1987 - march 1988). Coarse woody debris data were obtained in one austral summer sampling.

Tipo de material	M.S. ... tn/ha	ceniza	N	P	K	Ca
	 kg/ha	
Restos gruesos	58	1.3	152	14	57	347
Restos finos	4	0.4	32	6	15	58
Total	63	2.0	184	20	72	406

anualmente, el 68-80 % corresponde a la fracción fina asumiendo un cálculo conservador (si se usara el I/L del material fino, la descomposición total y la contribución de dicho material serían mayores); y el 82-97% de los principales nutrientes que salen del mantillo son aportados por el mencionado compartimiento.

El mantillo tiene un formidable depósito leñoso de renovación muy lenta y un pequeño, pero dinámico compartimiento de hojarasca fina de extraordinaria significancia en el aporte de nutrientes en el corto plazo. Cabe destacar que es posible que la descomposición de raíces finas dentro del suelo pueda tener también un papel relevante de aporte de nutrientes al suelo, ya que su biomasa y concentración mineral es significativa (Tabla 1).

Los suelos ácidos favorecen el desarrollo fúngico con diverso papel trófico. Entre ellos son importantes los Macromycetes (Gamundí 1975, 1986; Horak, 1979; Gamundí *et al*, 1991) , y están presentes hongos formadores de micorrizas, habiéndose descrito la presencia e importancia del complejo ectotrófico en *Nothofagus* y en particular bajo condiciones

húmedas y frías heterotérmicas (Singer y Morello, 1960).

Las limitaciones nutritivas de los suelos son afrontadas por la lenga con varias adaptaciones. Posee una elevada biomasa de raíces finas concentradas en los 30 cm superiores del suelo; sus raíces presentan abundantes micorrizas; retrasloca del 40 al 60% del almacenaje de nutrientes críticos -nitrógeno, potasio y fósforo- presentes en las hojas y otros materiales finos antes de voltearlas, y tiene una muy baja concentración de nutrientes en la madera (Frangi y Richter, 1992b).

Baja productividad, baja concentración de nutrientes en los tejidos leñosos de acumulación, absorción de nutrientes en suelos pobres facilitada por organismos simbiotes, y elevada retraslocación a partir de las estructuras de renovación anual, representan un complejo de adaptaciones que reduce la absorción de nutrientes desde el suelo necesaria para satisfacer la demanda para la productividad y el incremento neto de biomasa.

La acción de los hongos de la madera. Los ataques de hongos descomponedores

Tabla 5: Descomposición de materia orgánica (expresado como materia seca) y aporte de nutrientes al suelo por descomposición del mantillo en el bosque maduro de *N. pumilio*, Laguna Victoria. Los valores de K anuales empleados han sido: el de troncos y ramas gruesas para los detritos gruesos y una tasa pesada de hojas y ramitas para los detritos finos. Se asume una tasa similar de circulación de materia seca y nutrientes.

Organic matter decomposition (as dry weight) and nutrient contribution to the soil by litter decomposition in a *N. pumilio* mature forest stand, Laguna Victoria. Annual k values used were those of trunks and big branches for coarse woody debris, and a weighted rate of leaves and twigs for fine debris. A similar nutrient and organic matter turnover was assumed.

Tipo de material	Descomposición		Aporte mineral			
	materia seca t/ha.año	Cenizas t/ha.año.	N	P	K	Ca
			kg/ha.año	kg/ha.año	kg/ha.año	kg/ha.año
Restos Gruesos	0.58-1.1	0.01-0.03	1.5-2.9	0.1-0.3	0.6-1.1	3.5-6.6
Restos Finos	2.3	0.22	16.5	2.9	7.7	29.8

y consecuentes daños en el leño y desvalorización de los árboles en pie, que afectan y disminuyen el depósito de madera útil de los rodales, alcanzan porcentajes elevados (Pesutic, 1978, fide Schmidt y Urzúa, 1982) que son mayores (43% del volumen maderable bruto) en los bosques multietáneos que en los bosques de estructura más simple, y en los bosques en fase de desmoronamiento respecto de las etapas anteriores. Schmidt y Urzúa (1982) indican un aprovechamiento del 10-20% de las existencias de madera de los rodales de Magallanes, adjudicando a los ataques de hongos una gran parte de la causa de esa baja proporción de madera útil. En Tierra del Fuego el volumen de trozas extraídas en los floreos en relación a las existencias es de ca. 15% (Aloggia, com. pers., 1990), verificándose en los aserraderos un volumen de madera aserrada del 25-35% de lo cortado, o sea ca. 4-5% de las existencias.

Desde el punto de vista ecológico, la acción de los hongos adquiere un papel relevante si se advierte que los árboles constituyen organismos longevos, con estructuras leñosas cuya composición química los hace difíciles de mineralizar y bajo un clima que determina un fuerte control físico de los procesos biológicos. El árbol se va descomponiendo mucho antes de morir sin que esto cause aparentes inconvenientes en la continuidad del crecimiento de árboles adultos. Con bajas tasas de descomposición del leño, puede estimarse que la pudrición "anticipada" de la madera en pie contribuye a acelerar el aporte de nutrientes al suelo del bosque y reduce el tiempo efectivo de permanencia de la madera caída. La mayor frecuencia de pudriciones fúngicas en los árboles de mayor edad especialmente en bosques multietáneos (Schmidt y Urzúa, 1982), parecen indicar mecanismos de retorno de nutrientes al suelo acoplados con la etapa de regeneración subsiguiente al

desmoronamiento. Asimismo, y sin perjuicio de la continuidad del crecimiento, es probable que el grado de ataque fúngico sea una causa directa de muerte y regulación poblacional en rodales jóvenes de elevada densidad donde la cercanía facilita el roce, daño e infección fúngica. Además, la degradación de la madera, con los consiguientes cambios en las propiedades físico-mecánicas de la misma, facilitan la quebradura de los árboles por la acción del viento.

Balance hídrico. El balance hídrico anual (fig. 1) de un bosque maduro (Frangi y Richter, 1992b) permite advertir que la intercepción de agua de lluvia en sus copas alcanzó al 19% de las precipitaciones, que el flujo de tallos es insignificante (<0.5%), y que el escurrimiento superficial en terrenos con pendientes del 10-

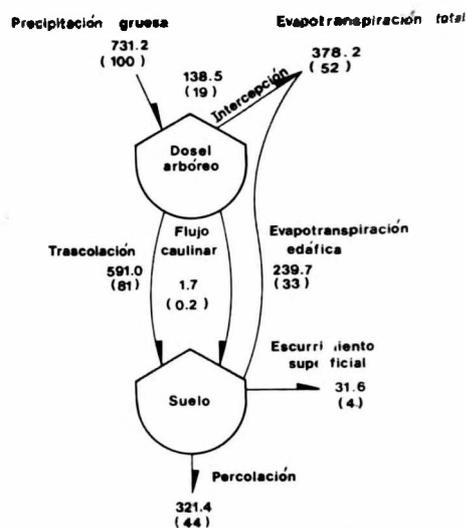


Figura 1: Balance Hídrico anual del rodal de *N. pumilio*, Laguna Victoria. Los flujos se indican en mm / año y entre paréntesis, como porcentaje de la precipitación gruesa.

Annual water budget for a *N. pumilio* forest stand, Laguna Victoria. Fluxes are in mm / yr and, between brackets, as percent of bulk precipitation.

15% es del 4% de las lluvias. Someramente, puede destacarse que la intercepción es el resultado de la influencia positiva de un régimen de precipitaciones de baja intensidad y alta frecuencia, vientos fuertes, y una arquitectura de ramas y hojas dispuestas en planos horizontales, y la negativa del carácter caducifolio, un bajo índice de área foliar, y reducido déficit de saturación atmosférica. Por otra parte el escurrimiento superficial es bajo a pesar de pendientes del 19-21 %, lo que muestra el valor de la cobertura vegetal y del mantillo, la microtopografía poceada y la textura edáfica que se suman al régimen pluviométrico mencionado en la limitación del movimiento superficial del agua. Las pérdidas totales de agua por evapotranspiración se estimaron en 378 mm, o sea el 52% de las precipitaciones. Todo esto hace aparente el papel relevante del lenga en el movimiento del agua y control de erosión superficial y destaca la necesidad de considerar los cambios en las trayectorias y volúmenes de agua que pueden ocurrir con técnicas silviculturales de distinta intensidad de reducción de la cobertura arbórea.

Implicancias para el manejo del Ecosistema Forestal

El conocimiento de las características estructurales como funcionales de los colectivos de lenga en sus distintas fases o etapas de crecimiento y bajo diferentes condiciones ecológicas crónicas y agudas -dada la amplia distribución de sus masas- como también la genecología, adaptaciones morfológicas y funcionales de los individuos de dicha especie, tienen un gran interés para la restauración y rehabilitación (para estos conceptos vease Lugo, 1988) de tierras natural o antrópicamente disturbadas, el manejo de rodales y la ordenación forestal. Con estos últimos fines

son varios los autores (Costantino, 1950; Mutarelli y Orfila, 1969, 1971; Schmidt, 1987, 1989; Schmidt y Urzúa, 1982) que han reparado en algunos de aquellos aspectos y los han considerado en sus propuestas de manejo. Las variaciones de las condiciones locales se enmarcan en un cuadro de relaciones ecológicas regionales parcialmente diferentes respecto de las presentes en bosques de *Nothofagus* de latitudes más bajas que básicamente son: climas más fríos, más reducida diversidad y menor competencia interespecífica.

La zona boscosa de Tierra del Fuego presenta un clima que a nivel del mar (o bien en el límite inferior del bosque) difiere de aquéllos de bosques subantárticos de latitudes más bajas -cuyas temperaturas medias son más altas-, y se aproximan al límite frío de los bosques templados, es decir hacia las zonas de vida de bosque boreal (sensu Holdridge, 1978). En ese aspecto, su biotemperatura se corresponde mejor con las condiciones de los bosques de pisos de vegetación de mayor altitud en la zona continental y difiere de las condiciones de baja altitud de los otros bosques subantárticos no sudamericanos.

El manejo deberá considerar las condiciones favorables pero también desfavorables (Cuadro 1) que pueden comprometer la tarea. La aparente simplicidad de los bosques fueguinos puede hacer pasar inadvertidos a características y mecanismos claves del funcionamiento de estos bosques, que tienen rasgos de sistemas físicamente controlados (Sanders, 1969) y de sistemas bajo *stress* (Lugo, 1978).

Esa condición mixta de sistemas físicamente controlados y bajo tensión resulta sumamente atractiva en términos ecológicos y aplicados. Bajo ese marco ambiental aquí tienen éxito árboles con mezcla de rasgos de

Cuadro 1: Condiciones que influyen en el manejo y rehabilitación de los ecosistemas forestales de lenga de la Tierra del Fuego.

Conditions that influence the management and rehabilitation of lenga forest ecosystems in Tierra del Fuego.

Favorables

- Bosques mono-biospecíficos.
- Mosaico de Rodales de distinta edad.
- Rodales de estructura uniforme.
- Buena a alta regeneración natural.
- Heliofilia
- Baja concentración de nutrientes en el leño grueso.
- Adaptaciones a suelos ácidos y pobres: micorrizas, retraslocación elevada.
- Semillas abundantes y de alta viabilidad.
- Ausencia de competidores.
- Sucesiones simples, predecibles, pocas etapas serales.
- Gran amplitud, baja histeresis y maleabilidad (¹).

Desfavorables

- Estación de crecimiento limitada. Clima severo.
- Fuerte heterogeneidad ambiental.
- Rodales discretos.
- Procesos biológicos muy lentos: producción neta, descomposición.
- Pudriciones fúngicas de la madera frecuentes.
- Producción de semillas discontinua.
- Escaso conocimiento biológico de la sp. en especial de su genealogía.
- Baja elasticidad.

(¹) Las características de las propiedades de la resiliencia pueden variar con el tipo de disturbio (véase texto).

pioneras y de estrategias "más *k* propios de estadios sucesionales más maduros. En éste caso, libres de competidores en las fases de establecimiento y adulta de *N. pumilio*. Estas resultan ventajas comparativas para el manejo de la lenga respecto de otras localidades más continentales donde pueden aparecer especies del sotobosque y/o arbóreas que resultan competidoras eficaces durante la instalación de aquella, o que la desplazan del estrato arbóreo en fases más tardías de la sucesión como consecuencia de una mayor tolerancia a la baja iluminación. Estas situaciones, no presentes en la Tierra del Fuego, acerca de las dificultades de instalación de *Nothofagus* debido a la presencia de cañas del género *Chusquea* aún cerca del límite del bosque (Veblen *et al*, 1977, 1979; Veblen, 1979), o que explican la ocurrencia periódica de disturbios en áreas a media altitud y en la selva valdiviana donde se encuentran especies tolerantes dominantes con *Nothofagus* emergentes (Veblen y Ashton, 1978; Veblen *et al*, 1980; Veblen, 1985) representan realidades ecológicas más complejas para un eventual manejo. Por su parte Wardle (1982) seña-

la que en Nueva Zelanda el manejo de los *Nothofagus* es más fácil en aquellas especies de sitios a mayor altitud o más secos, y no en las especies de mejores suelos, a menor altitud y mayores lluvias donde hay condiciones óptimas para el desarrollo forestal, lo cual vincula a la competencia interespecífica.

Para el forestal, es posible aprovecharse de un sistema preadaptado a la explotación por disturbios naturales, imitándolos mediante técnicas silviculturales de alto sentido ecológico que otorguen mayor certeza de sustentabilidad del recurso, y que garanticen una menor inversión energética (y costo) al utilizar las adaptaciones, la propia capacidad regenerativa y de desarrollo natural del ecosistema forestal.

Si el manejo consiste en aplicar o remover factores de tensión para conducir al sistema manejado a la situación deseada, lo más adecuado parece ser remover o aplicar factores de tensión antrópicos que remedien a aquellos de la naturaleza para los cuales los bosques australes tienen respuestas predecibles y por ende de interés para el manejo. Dicha imitación debe ser no sólo cualitativa sino considerar el momento y perio-

dicidad, la duración y la intensidad del *stressor*.

Cuando se agregan factores de tensión inexistentes o cuantitativamente muy diferentes de los normalmente activos en el sistema, las consecuencias son en general de reemplazo del bosque por otros de interfase y menor estructura, que pueden estabilizarse temporariamente mientras persiste la intervención y cuya sustentabilidad y valor puede ser estimado con diferentes criterios.

Si bien puede aumentarse de manera significativa el rendimiento por unidad de área de los bosques fueguinos mediante un manejo adecuado y un uso múltiple del mismo, hay que reconocer que existen limitaciones a la productividad debida a las rígidas condiciones del medio físico insular. Por ello es necesario efectuar planes de ordenamiento forestal que abarquen grandes superficies si se desea aumentar la producción total de madera ya que sus turnos son -sin manejo alguno- de 80 a 100 años, que contemplen la condición en que se encuentra cada rodal, los rasgos estructurales y funcionales de los bosques, las restricciones ambientales de los sitios y que evalúen el riesgo de daño ambiental de las tareas silvícolas. Se requiere un esfuerzo social de comprensión importante que advierta la trascendencia del período de transición prolongado necesario para lograr un ordenamiento forestal que conduzca a una silvicultura sustentable.

Tradicionalmente el uso del bosque de lenga ha sido en función de su reconocimiento como *recurso* maderero (esencialmente aserríos y debobinado). No obstante en la Tierra del Fuego constituye, además de un recurso, una *condición* para la protección ambiental, la conservación de diversas formas de vida, la provisión de recursos hídricos de calidad, y la actividad turística propia de la isla. Por ello la planificación debe integrar a otros objetivos de manejo del bosque como son, (a) su valor escénico y de soporte para las activi-

dades de recreación y el turismo de la naturaleza, deportivo y de aventura que constituye el atractivo insular, (b) regulador del balance hídrico y erosión de las cuencas -en especial en terrenos de fuertes pendientes-, (c) protector y mejorador de la calidad de vida de las zonas urbanas y, (d) otros. Dicha planificación debe integrar a todos los sistemas de las cuencas fueguinas, advertir las interrelaciones de aquellos y la fragilidad de cada sistema, pero además y fundamentalmente, tratar que las demandas que se pongan sobre ellos sean compatibles con sus posibilidades de satisfacerlas sin perderlos.

La lentitud de los procesos biológicos constituye un elemento crucial a considerar en la planificación del desarrollo urbano, turístico y recreativo. Como señala Morello (1986b), "todo lo que llamamos deterioro, desgaste, etc., son en realidad desajustes entre tasas de extracción y renovación de cualquier recurso". Las áreas deforestadas que perduran en los alrededores de Ushuaia por la extracción de leña efectuada hace casi medio siglo atrás, es un ejemplo de que los errores se pagan en décadas o centurias, más aún si se suma el pastoreo continuo. El interés y significado económico que la actividad turística tiene en la zona exige cuidados extremos para evitar su deterioro ya sea por destrucción como por contaminación, y así evitar perder los bienes y servicios que otorga el bosque como satisfactor de necesidades humanas. El manejo conservacionista del bosque y las cuencas en las áreas de mayor afluencia turística es un desafío para los administradores y técnicos forestales; allí deben buscar alternativas que balanceen posibilidades de protección de la naturaleza con el usufructo de otros recursos. Hoy un forestal debe comprometerse cada vez más, no sólo con lograr una producción sostenida de los árboles sino con el papel integral que los bosques, en este caso de lenga, juegan para beneficio del hombre.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la colaboración en el terreno de Claudio Bilos y Sergio Di Marco. Reconocemos especialmente a Mario Aloggia su disposición a ayudarnos en el campo y a suministrar su experiencia como forestal

fueguino a nuestro trabajo. La presente es una contribución del Proyecto *Subantarctis Forestal*, financiado por el CONICET (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Argentina).

BIBLIOGRAFIA

- Burgos JJ (1985) Clima del extremo sur de Sudamérica. En: Transecta Botánica de la Patagonia Austral. Ed O Boelcke, DM Moore y FA Roig 10-40 CONICET (Argentina) - Royal Society (Gran Bretaña) - Instituto de la Patagonia (Chilo), Buenos Aires 733 p
- Collantes MB, J Ontivero y O Bianciotto (1989) Análisis de las Comunidades de *Nothofagus* de Tierra del Fuego. *Parodiána* 6(1): 185-195
- Committee on Forestry Research (1990) *Forestry Research. A Mandate for Change*. Comm For Res, Board on Biol, Commission on Life Sci, Board on Agric, Nat Res Council. National Academy Press Washington DC 84 p
- Contreras H, R Borgel, M Quezada, W Bitterlich, J Toro y O Giusti (1975) Informe de la primera etapa del Proyecto sobre reforestación de la precordillera patagónica. Talleres gráficos Fac Agron y Fac de Cs Forestales Univ de Chile Santiago de Chile
- Costantino I (1950) La "Lenga". Estudio Forestal y método de tratamiento. *Rev Fac Agron La Plata* 27(2): 197-220
- Destremau DX (1987) La *Sylviculture des Nothofagus* en Europe. En: 1er Simp *Nothofagus* 23-28 de marzo de 1987 Villa La Angostura Argentina Secc Silvicultura 115-122
- Donoso C (1975) Aspectos de la fenología y germinación de las especies de *Nothofagus* de la zona Mesomórfica. *Boi Técn* No 34 Fac Cs Forestales Univ de Chile, Santiago de Chile
- Donoso C (1979a) Geneecological differentiation in *Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst. in Chile. *Forest Ecology and Management* 2: 53-66
- Donoso C (1979b) Variación y tipos de diferenciación en poblaciones de roble (*Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst.). *Bosque* 3(1): 1-14
- Donoso ZC (1990) Ecología Forestal. El Bosque y su Medio Ambiente. Edit Universitaria, Univ Austral de Chile 2a ed 369 p
- Frangi JL (1992) Ecología de Bosques: Estructura y Biogeoquímica. Objetivos, métodos y perspectivas del Proyecto. En: Resultados Preliminares del Proyecto Subantarctis. Ed F Garcia Novo, J Puigdefabregas, A Vila, J Rucabado y JL Frangi Convenio CONICET (Argentina)-CSIC(España), CSIC en prensa
- Frangi JL y LL Richter (1992a) Los ecosistemas forestales de la Tierra del Fuego. *Vida Silvestre (ICONA, España)* 72 2° sem): 36-43
- Frangi JL y LL Richter (1992b) Estructura y Función de Ecosistemas Forestales Fueguinos. Algunos resultados preliminares. En: Resultados Preliminares del Proyecto Subantarctis. Ed F Garcia Novo, J Puigdefabregas, A Vila, J Rucabado y JL Frangi Convenio CONICET(Argentina)-CSIC(España), CSIC en prensa
- Frederiksen P (1988) Soils of Tierra del Fuego, A satellite-based Land Survey Approach. *Fol Geog Dan* XVIII 159 p
- Gallart F (1990) Algunos ejemplos de utilización de técnicas de simulación en Geomorfología. I Reunión Nacional de Geomorfología Teruel España 773-782
- Gamundí IJ (1975) Fungi, Ascomycetes, Pezizales. En: Flora Criptogámica de Tierra del Fuego. Eds S Guarrera, IJ Gamundí y D Rabinovich 10(3) FECIC Bs As 184 p
- Gamundí IJ (1986) Fungi, Ascomycetes, Cyttariales, Helotiales: Geoglossaceae, Dermateaceae. En: Flora Criptogámica de Tierra del Fuego. Eds S Guarrera, IJ Gamundí y D Rabinovich 10(4) CONICET Bs As 126 p
- Gamundí I, AM Arambarrí y A Godeas (1991) Relevamiento micosociológico de los *Macromycetes* de los bosques de guindo, lenga y fire de Tierra del Fuego. XXIII Jornadas Argentinas de Botánica, S.C. de Bariloche Resúmenes 58
- Hickey JE, AJ Blakesley and B Turner (1982) Seedfall and germination of *Nothofagus cunninghamii* (Hook) Oerst., *Eucryphia lucida* (Labille.) Baill and *Atherosperma moscatum* Labill. Implications for regeneration practice. *Austr For Res* 13: 21-28
- Holdridge L (1978) Ecología basada en zonas de vida. IICA Costa Rica 216 p

- Horak E** (1979) Fungi, Basidiomycetes, Agaricales y Gasteromycetes secotioides. En: Flora Criptogámica de Tierra del Fuego. Eds S Guarrera, J Gamundi y D Rabinovich 11(6) FECIC Bs As 522 p
- Howard TM** (1973) Studies in the ecology of *Nothofagus cunninghamii* Oerst. II. Phenology. Austr J Bot 21: 79-92
- IFONA** (1988) ARGENTINA FORESTAL. Síntesis de la situación actual, política y proyecciones. Documento de las Jornadas para el Desarrollo del Sector Forestal Argentino, 28 al 30 de noviembre de 1988 Corrientes, Argentina. Instituto Forestal Nacional (IFONA) Mimeografiado 66 p
- Iturraspe R, R Sottini, C Schroeder y J Escobar** (1989) Generación de información hidroclimática en Tierra del Fuego. En: Hidrología y Variables climáticas del Territorio de Tierra del Fuego, Información Básica. Ed CADIC (CONICET) Contrib Científ No 7 Ushuaia Argentina 4-170
- Jane GT** (1986) Wind damage as an ecological process in mountain beech forests of Canterbury, New Zealand. New Zealand J Ecology 9: 25-39
- Lugo AE** (1978) Stress and ecosystems. En: Energy and environmental stress in aquatic systems. Ed JH Thorp and JW Gibbons DOE Symp Ser. Conf-771114, NTIS 62-101
- Lugo AE** (1988) The future of the forest: ecosystem rehabilitation in the tropics. Environment 30 (7) September
- Lutz HJ** (1959) Forest ecology, the biological basis of silviculture. Publ Univ Brit Col 8 p
- Manson BR** (1974) The life history of silver beech (*Nothofagus menziesii*). Proc N Z Ecol Soc 21: 27-51
- Morello JH** (1986a) Las relaciones entre los Parques Nacionales y el proceso de evaluación del Patrimonio Natural. En: Patrimonio Natural y las Evaluaciones del Desarrollo. Doc Sem Latinoam de Sist Ambientales Buenos Aires 1-3 Dic 1986. Ed Subsecr Política Ambiental Pres de la Nación- Fundación Friedrich Ebert - Administración de Parques Nacionales 13-16
- Morello JH** (1986b) Patrimonio Natural y Áreas Protegidas. En: Patrimonio Natural y las Evaluaciones del Desarrollo. Doc Sem Latinoam de Sist Ambientales Buenos Aires 1-3 Dic 1986. Ed Subsecr Política Ambiental Pres de la Nación- Fundación Friedrich Ebert - Administración de Parques Nacionales 158-161
- Mutarelli EJ y EN Orfila** (1969) Los bosques de Tierra del Fuego y los primeros ensayos de tratamientos para su regeneración, conducción y organización. Rev For Argentina 13(4): 125-137
- Mutarelli EJ y EN Orfila** (1973) Algunos resultados de las investigaciones de manejo silvicultural que se realizan en los bosques andino-patagónicos de Argentina. Rev For Argentina 17(3): 69-74
- Murray MB, MGR Cannel and LJ Sheppard** (1986) Frost hardiness of *Nothofagus procera* and *Nothofagus obliqua* in Britain. Forestry 59(2): 209-222
- Norton DA and W Schonenberger** (1984) The growth forms and ecology of *Nothofagus solandri* at the alpine timberline, Craigieburn Range, New Zealand. Artic and Alpine Res 16 (3): 361-370
- Odum EP** (1983) Basic Ecology. CBS College Publ 613 p
- Pesutic S** (1978) Análisis de estructura- estado sanitario de un bosque de lenga. Tesis Ing For, Santiago, Univ de Chile, Fac Cs Forestales
- Pisano Valdéz E** (1971) Comunidades vegetales del área de fiordo Parry, Tierra del Fuego. Anal Inst de la Patagonia 2(1-2): 93-133
- Pisano Valdéz E** (1972) Comunidades vegetales de área de Bahía Morris, Isla Capitán Aracena, Tierra del Fuego. Anal Inst de la Patagonia 3 (1-2): 103-130
- Poole AL** (1948) The flowering of beech. New Zealand J Forestry 5: 442-447
- Prohaska F** (1976) The Climate of Argentina, Paraguay and Uruguay. En: Climates of Central and South America. World Survey of Climatology 12. Ed Schwerdtfeger, W Elsevier 13-112
- Sanders HL** (1969) Benthic marine diversity and the stability time hypothesis. En: Diversity and stability in ecological systems. Ed GM Woodwell and HH Smith USAEC Rep BNL-50175, Brookhaven Nat Lab NTIS 71-81
- Servicio Meteorológico Nacional** (1986) Estadísticas Meteorológicas 1971-1980. SMN Fuerza Aérea Argentina 36, 1a edición Bs As
- Schmidt H** (1987) Transformación silvícola y potencial productivo del bosque de Lenga. Univ de Chile, Fac Cs Agr y For- Corp For Nac, XII Reg Chile 57 p
- Schmidt H** (1989) Evaluación de los ensayos de manejo forestal de la lenga - XII Región. Univ de Chile, Fac Cs Agr y For- Corp For Nac, XII Reg Chile 20 p + tablas
- Schmidt H y A Urzúa** (1982) Transformación y Manejo de los bosques de lenga de Magallanes. Univ de Chile, Fac Cs Agr y For - Corp Nac For y Serv Planif y Coord, XII Reg Mag Ant Chil, Cien Agric 11, 62 p
- Schwerdtfeger W** (1976a) Introduction. En: Climates of Central and South America. World Survey of Climatology 12. Ed W Schwerdtfeger Elsevier 1-12
- Schwerdtfeger W** (ed) (1976b) Climates of Central and South America. World Survey of Climatology 12 Elsevier.
- Singer R and JH Morello** (1960) Ectotrophic forest tree mycorrhizae and forest communities. Ecology 41(3): 549-550

Richter y Frangi. Bases para manejo de N. pumilio...

- Spurr SH y BV Barnes (1982) *Ecología Forestal*. AGT Editores México 690 p
- Swift MJ, OW Heal and JM Anderson (1979) *Decomposition in terrestrial ecosystems*. Univ California Press Berkeley & Los Angeles 372 p
- Tuley G (1980) *Nothofagus* in Britain. Forestry Commission, Forest Record 122: 3-26
- Veblen TT (1979) Structure and dynamics of *Nothofagus* forests near timberline in south-central Chile. *Ecology* 60(5): 937-945
- Veblen TT (1985) Forest Development in tree-fall gaps in the temperate rain forests of Chile. *Natl Geogr Rev Spring*: 162-183
- Veblen TT and DH Ashton (1978) Catastrophic influences on the vegetation of the Valdivian Andes, Chile. *Vegetation* 36: 149-167
- Veblen TT, DH Ashton, FM Schlegel and AT Veblen (1977) Plant succession in a timberline depressed by vulcanism in south-central Chile. *J Biogeog* 4: 275-29
- Veblen TT, AT Veblen and FM Schlegel (1979) Understorey patterns in mixed evergreen-deciduous *Nothofagus* forests in Chile. *J Ecology* 67: 809-823
- Veblen TT, FM Schlegel and B Escobar R (1980) Structure and dynamics of old-growth *Nothofagus* forests in the Valdivian Andes, Chile. *J Ecology* 68: 1-31
- Walter H, E Harnickel and D Mueller-Dombois (1975) *Climate Diagram Maps*. Springer Verlag 36 p + 9 mapas
- Wardle JA (1970) Ecology of *Nothofagus solandri*. 3. Regeneration. *New Zealand J Bot* 8: 571-608
- Wardle J (1982) An ecological basis for beech management in New Zealand. *New Zealand J Forestry* 292-299.
- Westman WE (1978) Measuring the inertia and resilience of ecosystems. *BioScience* 28: 705-710
- Westman WE (1985) *Ecology, Impact Assessment, and Environmental Planning*. J Wiley 532 p