
EFFECTOS DEL APROVECHAMIENTO SOBRE LA ESTABILIDAD DE LOS BOSQUES DE LENGUA (*Nothofagus pumilio*) EN TIERRA DEL FUEGO

José Omar Bava¹ y Pablo López Bernal²

RESUMEN

Actualmente se plantea manejar los bosques de lenga de Tierra del Fuego con cortas de selección en grupos. Sin embargo, este tipo de manejo, que basa su éxito en la recuperación del volumen maderable a partir de los árboles remanentes, podría fracasar si el rodal sufre excesivos daños posteriores a la corta. Por ello se analizó el porcentaje de pérdidas (por caídas o mortalidad) posteriores al aprovechamiento en 60 parcelas de distintas estructuras y calidades de sitio, donde se estimaron los parámetros del bosque al momento de la corta y la intensidad de la misma, en términos de volumen maderable y porcentaje del área basal (AB) original extraída. No se hallaron correlaciones significativas entre la intensidad de corta y los efectos adversos en el rodal remanente. Si bien las pérdidas post-aprovechamiento varían considerablemente entre parcelas (10 a 60% del AB original), esta variación no muestra ninguna tendencia respecto del porcentaje del AB original que se extrajo durante la primera intervención. La magnitud de los daños tampoco parece estar relacionada con la calidad de sitio del rodal. Sin embargo, al considerar la estructura que presentaba el bosque originalmente, se observa que los bosques irregulares presentan daños significativamente menores que los regulares y los biestratificados ($p < 0,05$). Esto estaría indicando que este tipo de estructuras soporta mejor los embates del viento, probablemente debido a que conserva de mejor manera su estabilidad colectiva al quedar en pie individuos pertenecientes a todos los estratos, y una mayor frecuencia de individuos que han crecido con bajos índices de competencia y soportando los efectos del viento de manera más solitaria.

Palabras clave: *Nothofagus pumilio*, aprovechamiento, estabilidad, estructura.

¹ Centro de Investigación y Extensión Forestal Andino Patagónico (CIEFAP), Argentina. jbava@ciefap.org.ar

² Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina.

EFFECTS OF HARVEST ON THE STABILITY OF LENGA FORESTS IN TIERRA DEL FUEGO

SUMMARY

At present the group selection cutting system is proposed as an alternative for the management of lenga forests in Tierra del Fuego, Argentina. Nevertheless, this type of management, that bases its success on yield recovery of timber volume from the remaining trees, could fail if the stand suffers excessive damages after harvest. Therefore the percentage of losses (by falls or mortality) after harvest was analyzed in 60 plots throughout different forest structures and site qualities. Forest parameters of the original stand and the harvest intensity in terms of volume and percentage of the original BA were estimated. Non significant correlation among the harvest intensity and adverse effects in the remaining stand were found. Although the after harvest losses vary considerably among plots (between 10 and 60% of original BA), this variation does not show any tendency regarding the percentage of the original AB that was harvested during the first intervention. The magnitude of the damages does not seem to be related to stand site quality either. Nevertheless, considering the original stand structure, uneven-aged stands present significantly smaller damages than even-aged ones and two stratified stands ($p < 0,05$). This would indicate that this type of structures bear the wind better. That's probably due to the fact that trees belonging to all the strata remain in the stand and between them a major frequency of trees grown under low competence levels that supported the wind effects alone.

Key words: *Nothofagus pumilio*, harvest, stability, structure.

INTRODUCCIÓN

Argentina dispone de casi 300.000 hectáreas de bosques productivos de lenga (*Nothofagus pumilio* (Poepp. et Endl.) Krasser), que se concentran en las provincias de Chubut y Tierra del Fuego (Dirección de Bosques Prov. De Tierra del Fuego, 1999; Collado, 2001; Antequera, 2002). Estos bosques sustentan una gran parte de la actividad industrial forestal de la zona andino-patagónica, y la madera de esta especie ha encontrado aceptación en mercados nacionales e internacionales (Jovanosvski *et al.*, 2003).

La incidencia de pudriciones blancas y castañas en los fustes es una característica de los bosques de lenga que determina que sólo una proporción relativamente pequeña de los árboles contenga rollizos aserrables de buena calidad (Cwielong y Rajchemberg, 1995). Por este motivo, y por la falta de políticas de control, el aprovechamiento de los bosques de lenga en Argentina se ha caracterizado hasta el presente por una extracción selectiva de los mejores árboles del rodal, práctica denominada "floreo", con cortas más intensas en los bosques de mejor calidad productiva (generalmente en Tierra del Fuego) (Bava *et al.*, 2005), provocando un empobrecimiento de los rodales aprovechados. Para revertir esta situación, es indispensable utilizar técnicas de manejo que aseguren la sustentabilidad de los bosques de lenga tanto en Chubut como en Tierra del Fuego.

Una manera de decidir entre diferentes alternativas de manejo es optar por aquellas que más se corresponden con la dinámica natural de la especie. En el caso de la lenga, se ha reportado la ocurrencia de dinámica de claros (Veblen, 1989(a); 1989(b); Rebertus y Veblen, 1993; Veblen *et al.*, 1995; Bava, 1999), que origina bosques irregulares y la ocurrencia de disturbios masivos, que originan rodales regulares (Veblen *et al.*, 1996; Rebertus *et al.*, 1997; Bava, 1999). Es decir que desde el punto de vista biológico, el bosque de lenga podría ser manejado con éxito como bosque regular, a través de cortas de protección, o como bosque irregular a través de cortas de selección, dependiendo de las condiciones locales.

Al manejar el bosque a través de cortas de selección en grupos, se establecen unidades de regeneración a partir de la corta de varios árboles, incluyendo a los árboles aserrables de diámetros intermedios (Bava, 1999; Antequera, 2002; López Bernal *et al.*, 2003; Bava y López Bernal, 2005; Bava y López Bernal, en prensa(a)). La regeneración que se establece en los claros generados, junto con los individuos jóvenes con potencial maderable que quedan en pie luego de la corta, serán los encargados de proveer de madera en los próximos ciclos de rotación, por lo que constituyen la base para la sustentabilidad del sistema.

Los rodales intervenidos se ven afectados en su estabilidad, de manera diferente según la estructura original, la topografía y el tipo de intervención (Burschel y Huss, 1997; Smith *et al.*, 1997). Este debilitamiento provoca la caída de árboles con posterioridad al aprovechamiento, fenómeno que puede afectar seriamente la calidad del rodal remanente. En Tierra del Fuego los derrumbes por viento se producen aún en los bosques vírgenes, lo que plantea una duda lógica sobre la posibilidad real de implementación de este sistema. Para avanzar en el conocimiento sobre la estabilidad de los bosques fueguinos sometidos a aprovechamiento se cuantificaron las pérdidas por mortalidad y caída de árboles que se producen en los bosques aprovechados analizando rodales intervenidos con distintas intensidades de corta, con distintas estructuras iniciales y en distintas calidades de sitio.

MATERIAL Y MÉTODOS

Área de Estudio

Se seleccionaron 29 rodales de la comarca del Lago Fagnano que fueron aprovechados (intervenidos con cosecha) entre los años 1963 y 1988, y que no fueron afectados por cortas posteriores ("rehaches"). Las áreas recorridas se ubicaron sobre la margen Sur del Lago Fagnano, al Suroeste del Lago Yehuín y al Oeste de la localidad de Tolhuín (Figura N° 1) e incluyeron los cuarteles forestales Río Milna, Arroyo Chico, Río Valdés, Aguas Blancas y Río Turbio y los bosques ubicados en las estancias Carmen y María Cristina.

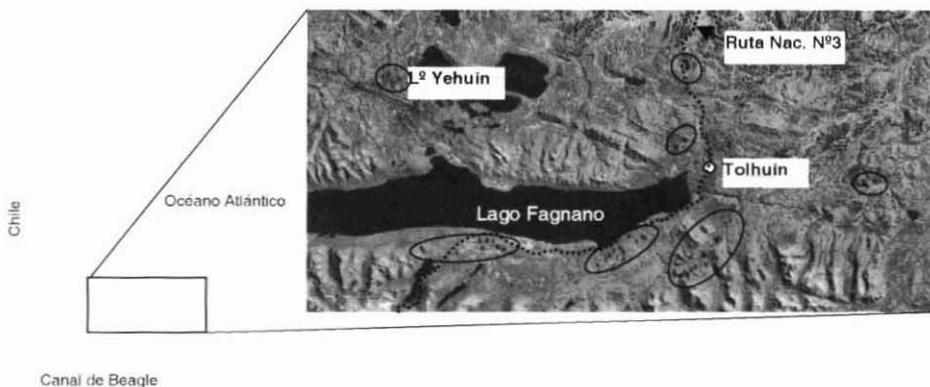


Figura N° 1
UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO (IZQ.) Y LAS PARCELAS DE MUESTREO (DER.) EN LA PROVINCIA DE TIERRA DEL FUEGO.

Diseño de Muestreo

Sobre cada rodal se instaló un promedio de dos parcelas cuadrangulares de 2.500 m² de superficie, totalizando 60 parcelas de medición. Las mismas fueron distribuidas de forma tal, que se repartieran en cuatro partes aproximadamente iguales entre las clases de antigüedad de los bosques intervenidos, situación definida a partir de las estadísticas disponibles en la Dirección de Bosques de la Provincia de Tierra del Fuego. Dichas clases de antigüedad tuvieron un rango de 5 años cada una y fueron desde 1987 (15 años de antigüedad) hasta 1968 (35 años de antigüedad).

Caracterización de los Rodales Analizados

En primer lugar se determinó la distribución actual de frecuencias diamétricas del bosque mediante la medición del diámetro a la altura del pecho (DAP) de todos los árboles en pie de la parcela (se consideró como árboles a los individuos con DAP mayor a 10 cm).

En segundo lugar se estimó la distribución de frecuencias diamétricas en el momento anterior a la corta. Para ello se realizó una reconstrucción del DAP de todos los individuos

mediante tres procedimientos distintos:

Plantas actualmente en pié: Para determinar el DAP que tenían los individuos actualmente en pié en el momento en que se realizó el aprovechamiento, se le descontó a la medida actual el crecimiento del período posterior a la intervención.

Plantas caídas luego del aprovechamiento: Se utilizó directamente el DAP medido sobre dichas plantas.

Tocones de aprovechamiento: Se midió el diámetro (D) y la altura (H) de todos los tocones de aprovechamiento hallados dentro de la parcela y luego se utilizó la función (1), utilizada por Bava y López Bernal (en prensa (b)), para estimar el DAP del individuo apeado en función de esas dos variables.

$$(1) \quad DAP = 13,41846 + 0,76767 \times D - 15,17958 \times \left(\frac{130 - H}{130} \right)^{1,5}$$

Una vez obtenidas las distribuciones de frecuencias diamétricas que presentaba el bosque antes de ser intervenido se agruparon las parcelas de muestreo en 5 tipos de estructura:

Irregular: Las frecuencias diamétricas se distribuyen como una J invertida.

Irregular sobremaduro: Similar al del caso anterior, pero con una disminución en las frecuencias de las clases inferiores.

Latizal-fustal: Distribución bimodal, con un máximo en las clases inferiores y otro en las medias.

Oquedal-fustal: Distribución bimodal, con un máximo en las clases superiores y otro en las medias.

Fustal: Estructura regular, con un solo máximo en las clases intermedias.

Adicionalmente, se estimó la calidad de sitio de cada parcela a través de la altura dominante del rodal, calculada como el promedio de las cinco plantas con mayor DAP de la parcela. Utilizando la altura dominante del rodal se obtuvo una estimación del Índice de Sitio (IS_{50}) propuesto por Martínez Pastur *et al.* (1997).

Caracterización de las Intervenciones Observadas

Para cada parcela se estimó la antigüedad de la corta y la intensidad de la misma. La antigüedad de los aprovechamientos se determinó de dos formas: (i) usando los datos de la Dirección de Bosques de la Provincia de Tierra del Fuego y (ii) registrando en cada

parcela información de edad de renovales dominantes ubicados en claros abiertos durante la intervención, datos de edad de cicatrices de aprovechamiento y muestras de crecimiento de individuos jóvenes, para determinar el momento en que se produjo la liberación del rodal remanente. El valor final se determinó analizando la calidad de la información disponible para cada parcela.

La intensidad de la corta se calculó en términos absolutos (en m³/ha de madera aserrable extraída) y en términos relativos como el porcentaje del área basal (AB) original que fue extraído durante el aprovechamiento. Para el cálculo del volumen maderable se consideraron sólo individuos mayores a 30 cm de DAP, mientras que el AB extraída incluyó a todos los individuos apeados, incluyendo aquellos que por tener un DAP menor a 30 cm no fueron considerados maderables. Para determinados cálculos, el porcentaje del AB extraída fue agrupado en tres categorías: (i) Intensidad de corta fuerte (mayor al 30 % del AB), (ii) *moderada* (entre el 30 % y el 15 % del AB) y (iii) *suave* (menor al 15% del AB). Los límites de estas categorías se definieron arbitrariamente considerando el valor máximo de extracción propuesto para una corta de selección en grupo, que fue fijado en el 30 % del área basal (Bava y López Bernal, 2005). La cubicación se realizó mediante la función (2) de volumen total con corteza (VT) elaborada por Schmidh y Caldenty (1994) y la función (3) de volumen maderable sin corteza (VMSC) elaborada por Stoessel (2000).

$$(2) \quad VT = e^{\left(-9,66233 + 2,064678 \times \ln DAP + 0,728972 \times \ln H + \frac{(0,11828)^2}{2} \right)}$$

$$(3) \quad VMSC = 0,0014481 \cdot DAP^{1,82717459} \cdot IS^{0,28781921}$$

Daños Posteriores al Aprovechamiento

Los daños posteriores al aprovechamiento fueron evaluados como porcentaje del AB original. Para esto se midieron los árboles muertos con las metodologías antes descritas, considerando tres tipos de árboles dañados: (a) árboles caídos por descalce de sus raíces; (b) árboles quebrados debido generalmente a pudriciones y (c) árboles muertos en pie. Se evaluaron las posibles relaciones entre las pérdidas postaprovechamiento y la intensidad de la corta, la calidad de sitio y la estructura.

RESULTADOS

El Bosque Original

El muestreo realizado mostró una amplia variedad de estructuras iniciales, con una proporción de parcelas similar para cada una de ellas. Para facilitar la interpretación de los resultados se agruparon las estructuras mencionadas en tres categorías:

Irregulares: Agrupa las estructuras irregulares e irregulares sobremaduras (21 parcelas).

Biestratificadas: Agrupa las estructuras Latizal-Fustal y Oquedal-Fustal (25 parcelas).

Regulares: Agrupa a las estructuras con un solo estrato (Fustales) (14 parcelas).

La calidad de sitio de las parcelas de muestreo, estimada a través de la altura dominante del rodal, presentó una distribución de frecuencias con un máximo en la clase intermedia. Para facilitar la interpretación de los resultados, se agruparon las categorías de calidad de sitio en tres clases:

Clase 1: Calidades I y II (8 parcelas).

Clase 2: Calidad III (29 parcelas).

Clase 3: Calidades IV y V (23 parcelas)

El Cuadro N° 1 muestra los parámetros dasométricos que presentaba el bosque justo antes de ser intervenido, clasificando la muestra en las estructuras encontradas. A través de un ANOVA de un factor se detectaron diferencias significativas para las variables abundancia y el volumen maderable sin corteza del rodal, mientras que no se detectaron diferencias para las variables área basal ni volumen total.

Las estructuras con mayor *stock* maderable fueron las biestratificadas (Oquedal-Fustal y Fustal-Latizal) con alrededor de un 60% más de volumen maderable que las estructuras irregulares o irregulares sobremaduras, mientras que los rodales regulares presentaron valores intermedios. No se encontró una relación entre la calidad de sitio y el volumen maderable al momento de la corta.

Cuadro N° 1
PROMEDIOS DE LOS PARÁMETROS DASOMÉTRICOS ESTIMADOS DEL BOSQUE ORIGINAL
DISCRIMINADOS POR LA ESTRUCTURA ORIGINAL

Estructura	Abundancia (N/ha)*	Área Basal (m ² /ha)	Volumen Total (m ³ /ha)	Volumen Maderable (m ³ /ha)*
Irregular	900 ^{ab}	48,9	401,8	60,5 ^a
Irregular sobremaduro	669 ^a	55,4	498,5	55,9 ^a
Oquedal-Fustal	655 ^a	50,5	472,2	100,5 ^b
Fustal-Latizal	956 ^b	52,5	444,3	90,2 ^{ab}
Regular	671 ^a	54,7	471,0	69,7 ^{ab}
Promedio general	792	52,1	450,4	76,4

* Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas.

Las Intervenciones

La antigüedad de las cosechas analizadas en las 60 parcelas se ajustó satisfactoriamente a lo previsto en la metodología. Hubo un porcentaje de las mismas que se excedió de los tiempos deseados, no obstante el 92% se encontró dentro del rango previsto. Las parcelas con aprovechamientos más antiguos igualmente fueron incluidas en el análisis.

El volumen maderable extraído presentó diferencias significativas según la estructura del rodal, las intervenciones más intensas se observaron sobre bosques biestratificados (88,5 m³/ha), las menos intensas sobre los bosques irregulares (56,2 m³/ha) y en los bosques regulares se observaron intensidades intermedias (67 m³/ha) (Cuadro N°2). La intensidad relativa de aprovechamiento no mostró diferencias significativas según la estructura, aunque sí se correlacionó significativamente con el volumen maderable inicial ($R^2 = 0,467$, $\alpha < 0,001$). Su intensidad promedio fue del 26,4% del AB original, variando entre 5 y 72%.

Cuadro N°2.
INTENSIDAD DE CORTA ABSOLUTA (m³/ha), INTENSIDAD DE CORTA RELATIVA (PORCENTAJE DEL ÁREA BASAL ORIGINAL) Y DIÁMETRO CUADRÁTICO MEDIO (DCM) DE LOS INDIVIDUOS APEADOS PARA CADA TIPO DE ESTRUCTURA, AGRUPADAS EN IRREGULARES, BIESTRATIFICADAS Y REGULARES

Estructura	Intensidad de Corta (m ³ /ha)*	Intensidad de Corta (% del AB)	DCM de los Individuos Apeados (cm)
Irregular	56,2 ^a ± 5,6	22,5 ± 2,4	38,89 ± 1,03
Biestratificada	88,5 ^b ± 7,4	28,9 ± 2,2	37,19 ± 1,15
Regular	67,0 ^{ab} ± 13,1	28,0 ± 5,1	38,43 ± 1,59
Total	72,2 ± 5,0	26,4 ± 1,7	38,13 ± 0,70

* Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas.
 Los valores indican el promedio ± error estándar.

Las Pérdidas Post-aprovechamiento

Se observó un porcentaje significativamente mayor de árboles caídos (desraizados) que quebrados (Figura N° 2), aunque tomando como parámetro al área basal, las diferencias entre ambas disminuye considerablemente. Los árboles muertos en pie luego del aprovechamiento presentaron valores menores para ambos parámetros. No se encontraron diferencias significativas entre las distintas categorías de árboles dañados (caídos, quebrados o muertos) comparando las distintas intensidades de corta, las distintas calidades de sitio o las distintas estructuras iniciales.

Para los análisis subsiguientes las tres categorías mencionadas se agruparon en una única categoría "pérdidas".

Las pérdidas posteriores al aprovechamiento, expresadas como porcentaje del AB original que representan los árboles muertos o abatidos por el viento, variaron entre el 10% y el 60%. Se encontraron diferencias en el porcentaje de pérdidas separando la muestra en clases de estructura (Cuadro N° 3).

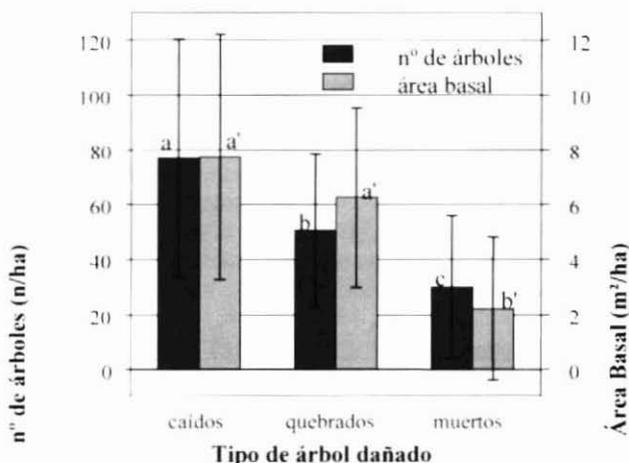


Figura N° 2

NÚMERO DE ÁRBOLES Y ÁREA BASAL PERDIDOS POR CAÍDA, QUEBRADURA O MUERTE CON POSTERIORIDAD AL APROVECHAMIENTO. LETRAS DISTINTAS INDICAN DIFERENCIAS ESTADÍSTICAMENTE SIGNIFICATIVAS.

Cuadro N° 3

PÉRDIDAS POST-APROVECHAMIENTO, EXPRESADA COMO PORCENTAJE DEL AB ORIGINAL, ORIGINADAS POR LA CAÍDA O MUERTE DE INDIVIDUOS EN CADA CLASE DE ESTRUCTURA.

	Pérdidas post-aprovechamiento (% del AB original)	Min. (%)	Máx. (%)
Irregular	26,3 ^a ± 1,8	14,1	48,8
Biestratificada	32,9 ^{ab} ± 2,7	11,6	58,9
Regular	37,1 ^b ± 3,1	18,2	54,8
Total	31,6 ± 1,6	11,6	58,9

^a Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas.
Los valores indican el promedio ± error estándar.

No se observó influencia directa de la intensidad de la corta ni de la calidad de sitio, sobre las pérdidas posteriores al aprovechamiento ocasionadas por la muerte de individuos,

o la caída de los mismos por efecto del viento. Sin embargo, clasificando los datos según la estructura original del rodal, agrupadas en las categorías "Regular", "Biestratificado" e "Irregular", se observa una leve tendencia que indicaría que las estructuras regulares son más susceptibles a los daños post aprovechamiento que las estructuras irregulares (diferencias con nivel de significancia $< 0,05$). Esta tendencia se hace más definida cuando sólo se toma el rango de intensidades de aprovechamiento propuesto para una corta bajo el sistema de selección en grupos, es decir cortas suaves a moderadas, de menos del 30% del AB (diferencias con nivel de significancia $< 0,01$) (Figura N° 3). En este segmento se observa que casi la totalidad de las parcelas con estructura irregular presenta pérdidas inferiores al 40% del AB inicial, mientras que la mayoría de las parcelas con estructura regular, presenta pérdidas superiores a este valor. Las estructuras biestratificadas presentaron una situación intermedia, sin que se observen tendencias entre las variables analizadas.

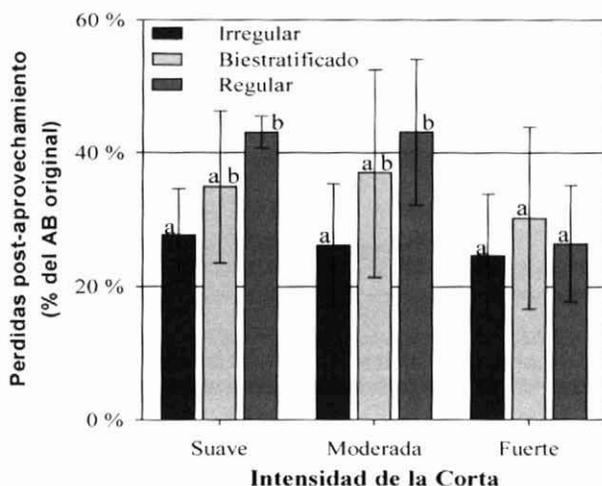


Figura N° 3
PORCENTAJE DEL ÁREA BASAL ORIGINAL CORRESPONDIENTE A LOS ÁRBOLES PERDIDOS LUEGO DEL APROVECHAMIENTO EN FUNCIÓN DE LA INTENSIDAD DE LA CORTA Y DE LA ESTRUCTURA ORIGINAL DEL BOSQUE. LETRAS DISTINTAS INDICAN DIFERENCIAS ESTADÍSTICAMENTE SIGNIFICATIVAS.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Consideraciones Metodológicas

El muestreo incorporó rodales que en su estado original presentaban un amplio rango de estructuras. De la misma manera, las calidades de sitio observadas abarcaron las cinco categorías mencionadas para la provincia (Martínez Pastur *et al.*, 1997), con una mayor frecuencia de calidades intermedias. Con respecto a las intervenciones analizadas, se ha

cubierto satisfactoriamente el rango de antigüedades propuesto (15 a 35 años). La intensidad de dichas intervenciones varió considerablemente, desde cortas suaves, de menos del 15% del AB, hasta cortas severas de más del 60% del AB, quedando aproximadamente la mitad de la muestra dentro del rango de intensidades de corta que se considera adecuado para un sistema de cortas de selección en grupo.

Con respecto a las condiciones actuales de los rodales analizados, la muestra incluye un amplio rango de AB, desde rodales totalmente subocupados por la masa forestal remanente hasta rodales con AB comparables a las de bosques vírgenes, situación que ya ha sido documentada por Yapura (1999; 2001), quien observó que los bosques irregulares aprovechados tienen una estructura similar a los bosques irregulares vírgenes. Esta diversidad es observable en los rodales intervenidos en la actualidad, donde la intensidad de la corta es altamente variable y depende mucho de la proporción de árboles con aptitud maderable presentes. En términos generales, la muestra parece representar adecuadamente los rangos de calidad de sitio e intensidad de corta que eran propios de los aprovechamientos realizados en la época considerada. La intensidad de corta promedio en las parcelas estudiadas (72,2 m³/ha), coincide con la que Jovanovski *et al.* (2003) señalan para las cosechas actuales.

La intensidad de corta parece ser independiente de la calidad de sitio. En sitios buenos se han realizado cortas de la misma intensidad que en sitios malos. Este parámetro es altamente variable y podría estar más relacionado con la estructura del bosque, o con aspectos relacionados a las decisiones tomadas por los permisionarios, tales como condicionantes macroeconómicas o de control por parte del Estado.

Los Daños Posteriores al Aprovechamiento

No se analiza la posible relación causal entre la cosecha y los daños que se producen sobre el rodal remanente después de esta. Sin embargo, se analizó el grado en que varían estos daños a medida que aumenta la intensidad de la cosecha, concluyéndose que no existiría incidencia directa de la intensidad de corta sobre los efectos adversos en el rodal remanente. Aunque estos varían considerablemente entre parcelas (entre el 10 y el 60% del AB original), esta variación no muestra ninguna tendencia respecto del porcentaje del AB original que se extrajo durante la primera intervención. Durante su crecimiento los árboles se adaptan a la presión que les ejerce el viento, pero esta tolerancia no siempre es suficiente para soportar condiciones más extremas que las que han experimentado durante su desarrollo (Wood, 1995). Las alteraciones estructurales producidas por la corta provocan una mayor exposición de los individuos al viento. Esta es diferente para cada planta en el rodal y no depende solo del tamaño de los claros abiertos por la corta. Otros factores que influyen son la relación altura-diámetro, los daños producidos durante el aprovechamiento y la homogeneidad de los parches remanentes. Estos factores enmascararían el efecto de la intensidad de cosecha. La magnitud de los daños tampoco parece estar relacionada con la calidad de sitio del rodal.

No existe tendencia para respaldar que la frecuencia de árboles caídos o quebrados por efecto del viento se relacione con la intensidad de corta, calidad del sitio o estructura del rodal, aunque si se observa un mayor porcentaje de árboles caídos (desarraigados) que quebrados. Los troncos que se quiebran corresponden a individuos bien anclados, cuando la carga del viento no se puede transmitir por el tronco a la raíz y al suelo (Abetz, 1991), o a árboles muy

afectados por pudriciones, como es frecuente en bosques de lenga. Por su parte, el volteo por viento tiene lugar cuando su efecto es transmitida a la raíz, pero no puede ser transmitida al suelo (Abetz, 1991), lo que puede suceder en los bosques de lenga de Tierra del Fuego, caracterizados por tener sistemas radicales superficiales, desarrollados en suelos someros (Bava, 1999).

Al considerar las estructuras de los bosques originales, se observa que los rodales irregulares presentan daños menores que los regulares, mientras que los biestratificados presentan daños intermedios. Estas diferencias pueden tener su origen en fenómenos observados a dos escalas distintas. A escala de rodal, los bosques irregulares presentan una disminución más gradual de la velocidad del viento desde el techo del bosque hacia el interior del dosel, lo que permite una mejor adaptación mecánica de los árboles al viento, dando una mayor estabilidad al conjunto (Gardiner, 1995). Por otro lado, a escala de árbol individual, se ha observado que los árboles desarrollan fustes con la resistencia necesaria para soportar sólo las intensidades de viento que han recibido durante su crecimiento (Wood, 1995). De esta manera, la mayor heterogeneidad de situaciones presentes en un bosque irregular brindaría más oportunidades para el desarrollo de individuos más resistentes, principalmente debido a una baja relación altura - diámetro, que permanecen en pie después de las cortas, y que jugarían un rol muy importante en la estabilidad del rodal (Mattheck *et al.*, 1995; Burschel y Huss, 1997; Smith *et al.*, 1997).

La Estabilidad del Bosque y las Cortas de Selección

Se ha mencionado la importancia que tiene la estabilidad del bosque para la sustentabilidad de un manejo por cortas de selección, donde el potencial productivo para las futuras intervenciones está representado por los individuos maderables que quedan en pie luego de cada aprovechamiento. En este sentido, los resultados indican que las pérdidas post-aprovechamiento son un factor limitante para la aplicación de estas cortas, y que sólo sería recomendable realizarlas cuando el bosque presente una estructura irregular. Por otra parte, el éxito del sistema también depende de que los criterios de marcación sean respetados y que se realice un aprovechamiento cuidadoso.

Si estas condiciones están presentes, el sistema de selección en grupos sería una alternativa viable, que permitiría mantener la cobertura boscosa, con un ciclo de cortas de aproximadamente 35 años y extrayendo un volumen maderable equivalente al promedio histórico de los aprovechamientos realizados en Tierra del Fuego.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a aquellas personas que posibilitaron la ejecución del presente trabajo: a L. Colombo por su invaluable ayuda en la ubicación de las parcelas, a R. Hlopec por sus comentarios y a R. Roveta, S. Pérez, V. Albarracín, L. Collado, H. Vargas y P. Velásquez por la colaboración en las tareas de campo.

REFERENCIAS

Abetz, P. 1991. Sturmschäden aus waldwachstumskundlicher sicht. AFZ 12: 626-629.

Antequera, S. H. 2002. Efecto del tipo de corta sobre el rendimiento en madera rolliza y la regeneración natural de un bosque de lenga (*Nothofagus pumilio*) de calidad media en la provincia del Chubut. Argentina. Tesis de Maestría. Universidad de Göttingen. Göttingen, Alemania. 102 p.

Bava, J. O. 1999. Aportes ecológicos y silviculturales a la transformación de bosques vírgenes de lenga en bosques manejados en el sector argentino de Tierra del Fuego. CIEFAP. Esquel, Chubut, Argentina. 138 p.

Bava, J.; Collado, L.; Colombo, S.; Farina, S.; Favoretti, F.; Jaras, R.; Hlopec, P.; M. López Bernal, P. y Urquía, N. 2005. Historia y perspectivas del aprovechamiento forestal en tierras fiscales en Tierra del Fuego. AFOA. Actas 3º Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano. Corrientes, Argentina. AFOA.

Bava, J. y López Bernal, P. 2005. Cortas de selección en grupo en bosques de lenga. IDIA XXI 5(8): 39-42.

Bava, J. y López Bernal, P. En prensa (a) Cortas de selección en grupo en bosques de lenga de Tierra del Fuego. Quebracho.

Bava, J. y López Bernal, P. En prensa (b) Predicción del DAP en función de las dimensiones del tocón de árboles de lenga en Tierra del Fuego, Argentina. Quebracho.

Burschel, P. y Huss, J. 1997. Grundriß des Waldbaus. 2 neubearbeitete und erweiterte Auflage. 49 Parey Sudientexte. 487 p. p.

Collado, L. 2001. Los bosques de Tierra del Fuego. Análisis de su estratificación mediante imágenes satelitales para el inventario de la provincia. Multequina 10: 1-16.

Cwielong, P. y Rajchemberg, M. 1995. Wood-rooting fungi on *Nothofagus pumilio* in Patagonia, Argentina. European Journal of Forest Pathology 25(995): 47-60.

Dirección de Bosques Prov. de Tierra del Fuego. 1999. Estratificación de los bosques fiscales de Tierra del Fuego mediante el análisis de imágenes satelitales del inventario forestal de la Provincia. Dirección de Bosques, prov. de Tierra del Fuego. Tierra del Fuego, Argentina. 26 p.

Gardiner, B. A. 1995. The interactions of wind and tree movement in forest canopies. In: Coutts, M. P. and Grace, J. (Eds.). Wind and trees, pp. 41-59. Cambridge University Press, Cambridge.

Jovanovski, A.; Manfredi, R. y Villena, P. 2003. Evaluación de alternativas para aumentar la competitividad de la industria forestal de procesamiento primario en la provincia de Tierra del Fuego. Consejo Federal de Inversiones. Argentina. 97 p.



López Bernal, P.; Bava, J. y Antequera, S. 2003. Regeneración en un bosque de lenga (*Nothofagus pumilio* (Poepp. et Endl.) Krasser) sometido a un manejo de selección en grupos. *Bosque* 24(2): 13-21.

Martinez Pastur, G.; Peri, P.; Vukasovic, R.; Vaccaro, S. y Piriz Carrillo, V. 1997. Site index equation for *Nothofagus pumilio* forests. *Phyton* 6: 55-60.

Mattheck, C.; Behtge, K. y Albrecht, W. 1995. Failure models of trees and related failure criteria. *In:* Coutts, M. P. and Grace, J. (Eds.). *Wind and trees*. Cambridge University Press, Cambridge. Pp: 195-203.

Rebertus, A.; Kitzberger, T.; Veblen, T. y Roovers, L. 1997. Blowdown history and landscape patterns in the Andes of Tierra del Fuego, Argentina. *Ecology* 78(3): 678-692.

Rebertus, A. y Veblen, T. 1993. Structure and tree-fall gap dynamics of old-growth *Nothofagus* forests in Tierra del Fuego, Argentina. *Journal of Vegetation Science* 4: 641-654.

Schmidt, H. y Caldentey, J. 1994. Apuntes del tercer curso de silvicultura de los bosques de lenga. CONAF-CORMA-Universidad de Chile. 109 p.

Smith, D. M.; Larson, BC.; Kelty, MJ. Y Ashton, PM. 1997. The practice of silviculture. Applied forest ecology. John Wiley & Sons.

Stoessel, G. 2000. Función de volumen maderable con utilización de discriminantes para lenga (*Nothofagus pumilio* (Poepp. et Endl.) Krasser) en Tierra del Fuego, Argentina. Informe de Pasantía de Investigación *ad honorem*. Fac. de Cs. Agr. y Ftales. Univ. Nac. de La Plata. 11 p.

Veblen, T.T. 1989(a). *Nothofagus* regeneration in tree fall gaps in northern Patagonia. *Canadian Journal of Forest Research* 19: 365-371.

Veblen, T.T. 1989(b). Tree regeneration responses to gaps along a transandean gradient. *Ecology* 70: 541-545.

Veblen, T.T.; Donoso, C.; Kitzberger, Z., T. y Rebertus, A.J. 1996. Ecology of southern Chilean and Argentinean *Nothofagus* forests. *In:* Veblen, T.T.; Hill, R.S. and Read, J. (Eds.). *The ecology and biogeography of Nothofagus forests*. Yale University Press, London. Pp: 293-353

Veblen, T.T.; Kitzberger, T.; Burns, B.R. y Rebertus, A.J. 1995. Perturbaciones y dinámica de regeneración en bosques andinos del sur de Chile y Argentina. *In:* Armesto, J. J.; Villagrán, C. y Arroyo, M. K. (Eds.). *Ecología de los bosques nativos de Chile*. Editorial Universitaria, Chile. 470p.

Wood, C.J. 1995. Understanding wind forces on trees. *In:* Coutts, M. P and Grace, J. (Eds.). *Wind and trees*. Cambridge University Press, Cambridge. Pp: 133-164

Yapura, P. 1999. Evaluación del estado de cuarteles forestales aprovechados y sus áreas de influencia -primera etapa- Provincia de Tierra del Fuego. Informe Final Consejo Federal de Inversiones.

Yapura, P. 2001. Evaluación del estado de cuarteles forestales aprovechados y sus áreas de influencia -segunda etapa- Provincia de Tierra del Fuego. Informe Final Consejo Federal de Inversiones.