

REVISIÓN

RETENCIÓN VARIABLE EN BOSQUES DE *NOTHOFAGUS PUMILIO* (POEPP. & ENDL.) KRASSER EN PATAGONIA SUR: ESTRUCTURA FORESTAL, ESTABILIDAD ESTRUCTURAL Y REGENERACIÓN

VARIABLE RETENTION IN *NOTHOFAGUS PUMILIO* (POEPP. & ENDL.) KRASSER FORESTS OF SOUTH PATAGONIA: FOREST STRUCTURE, REMNANT TREE STABILITY AND REGENERATION

Juan Manuel Cellini¹
Guillermo Martínez Pastur²
Rosina Soler²
Marcelo Daniel Barrera¹
María Vanessa Lencinas²

Fecha recepción: 08/04/2013
Fecha de aceptación: 16/12/2013

1. Universidad Nacional de La Plata, Laboratorio de Investigación de Sistemas Ecológicos y Ambientales (LISEA), Diagonal 113 N° 469 (B1904DPS) La Plata, República Argentina, tel/fax +54-221-4271442, jmc@agro.unlp.edu.ar

2. CONICET- Centro Austral de Investigaciones Científicas. Bernardo Houssay 200, Ushuaia (V9410BFD), Tierra del Fuego, Argentina.

SUMMARY

Nothofagus pumilio forests are managed by shelterwood cuts and thinning, producing impacts on the original forest, transforming the primary forest on managed secondary forests with high timber productivity. The aim of this work is to analyze the management schemes, and propose an alternative that improves conservation taking into account current research on forest structure components, remnant tree stability and regeneration. The application of variable retention as alternative regeneration method minimizes the impacts of harvest on abiotic and biotic variables and in particular changes in forest structure, structural stability and regeneration. Natural regeneration is analyzed at all stages in the various sectors of the method and suggests guidelines for post-harvest monitoring, using results of long term research plots and publications.

Key words: forest management, silviculture, conservation, impact, lenga.

RESUMEN

Los bosques de *Nothofagus pumilio* son manejados mediante cortas de protección y raleos, produciendo impactos sobre el bosque original, transformando el bosque primario en bosques secundarios manejados con una alta productividad maderera. El objetivo de este trabajo es analizar las propuestas de manejo, planteando una alternativa que mejora la conservación a partir de las investigaciones actuales sobre los componentes de estructura forestal, estabilidad estructural y regeneración. Se evalúa la aplicación de la retención variable como método de regeneración alternativo, para minimizar los impactos de la cosecha sobre variables abióticas y bióticas y en particular las modificaciones en la estructura forestal, estabilidad estructural y regeneración. Se analiza la regeneración natural en todas sus etapas en los distintos sectores del método y se sugieren pautas para los monitoreos post-cosecha, utilizando resultados de parcelas de investigación a largo plazo y publicaciones.

Palabras clave: manejo forestal, silvicultura, conservación, impacto, lenga.

INTRODUCCION

Los bosques de *Nothofagus pumilio* de Patagonia Sur

Nothofagus pumilio (Poepp. & Endl.) Krasser (Lenga) es una especie con un rango de distribución en la Argentina desde el paralelo 36° 41' hasta el 54° 53' (UMSEF, 2002) que en Tierra del Fuego se extiende desde el nivel del mar hasta los 600 - 700 m.s.n.m. (BARRERA *et al*, 2000). En esta región es donde alcanza su mejor desarrollo, constituyendo la masa forestal de mayor importancia económica en superficie y volumen. Esta especie no es tolerante a la sombra al no poder reproducirse ni sobrevivir por largos períodos bajo una alta cobertura, pero tampoco heliófita debido a que su óptimo fotosintético se

encuentra en coberturas intermedias (MARTÍNEZ PASTUR *et al.*, 2007a).

La propuesta silvícola tradicional

Los bosques de *Nothofagus* suelen ser aprovechados, regenerados y manejados según múltiples propuestas (SCHMIDT y URZÚA, 1982; MARTÍNEZ PASTUR *et al.*, 2000; CELLINI *et al.*, 2003; GEA *et al.*, 2004; BAVA y LÓPEZ BERNAL, 2005) basadas principalmente en criterios económico - forestales (costos, rendimiento y crecimiento) para buscar transformar el bosque primario en bosques secundarios manejados con una alta productividad maderera. Uno de los métodos de regeneración más difundidos es la corta de protección, propuesta para *N. pumilio* por SCHMIDT y URZÚA (1982). Este método prioriza los valores económicos de producción por sobre el impacto en la diversidad de flora y fauna (PULIDO *et al.*, 2000; DEFERRARI *et al.*, 2001; SPAGARINO *et al.*, 2001; MARTÍNEZ PASTUR *et al.*, 2002; 2009; DUCID *et al.*, 2005). Se trata de una intervención progresiva del bosque a lo largo de su ciclo, que se inicia con una corta de regeneración que abre el dosel. La corta deja 30 m².ha⁻¹ de área basal (AB), con una distancia máxima entre árboles de 12 m uniformemente distribuidos, para la estimulación del crecimiento de la regeneración (MARTÍNEZ PASTUR *et al.*, 2007a). Luego la regeneración crece formando una población densa que cierra el dosel aplicándose en ese momento la corta de los individuos remanentes (corta final). Posteriormente se van aplicando los tratamientos intermedios (podas y raleos) hasta la aplicación de la corta de regeneración. Sin embargo, en Argentina no se realiza la corta final incorporando árboles remanentes.

Nuevos interrogantes en el manejo forestal

A partir de la década de los '80 hubo un cambio de paradigma en lo referente a la necesidad de incluir a la conservación de la biodiversidad y los ciclos naturales del bosque dentro del manejo forestal, a fin de establecer nuevos métodos de regeneración (MARTÍNEZ PASTUR *et al.*, 2010, LINDEMAYER *et al.*, 2012). Estas nuevas alternativas de manejo implican buscar un método que posea un equilibrio entre los productos, el rendimiento industrial, los costos, la aceptación social, el valor de conservación de la biodiversidad y que genere una adecuada regeneración (MARTÍNEZ PASTUR y LENCINAS, 2005), logrando así la sostenibilidad del sistema bajo manejo (GUSTAFSSON *et al.*, 2012). La conservación de la biodiversidad a nivel de rodal implica retener sectores del bosque original, manteniendo elementos estructurales de los bosques manejados que satisfacen requerimientos de hábitat para ciertos organismos. Estos sectores de retención pueden ser de diferentes

grados y diseños, por ejemplo la retención dispersa (RD) en forma de árboles dispuestos en forma homogénea, o la retención agregada (RA) que consiste en dejar una porción remanente de la cubierta forestal luego del aprovechamiento, formando manchones o islas de distintas formas y tamaños (del 1% a más del 40% de la superficie bajo manejo) para mantener la biodiversidad del bosque, evitando la pérdida de especies y asegurando una eficiente recuperación del ecosistema después de la cosecha (FRANKLIN *et al.*, 1997, GUSTAFSSON *et al.*, 2012). El método de retención variable (RV) prioriza la conservación de la biodiversidad manteniendo sectores de retención en forma dispersa y agregada (MARTÍNEZ PASTUR *et al.*, 2005), pero también el rendimiento y los costos de cosecha.

La retención variable como alternativa al método tradicional

La propuesta para Tierra del Fuego (MARTÍNEZ PASTUR y LENCINAS, 2005; MARTÍNEZ PASTUR *et al.*, 2009) incluye dejar sectores circulares sin intervención de 60 m de diámetro (uno por hectárea), resguardando las características bióticas y abióticas del bosque original (RA). Este método incluye una RD de 10-15 m².ha⁻¹ compuesta por árboles dispersos entre la RA (Figura 1). Los árboles remanentes deben ser dominantes de amplia copa para protección y producción de semillas, árboles perchas, muy viejos, secos, o con huecos para la nidificación de varias especies de aves. En la zona de producción del sistema planteado se utiliza una producción basada en raleos, podas y una corta final (Figura 2). El método denominado retención variable (RV) es una combinación entre RD y RA (MARTÍNEZ PASTUR *et al.*, 2007b; LENCINAS *et al.*, 2007, 2008). Este método incluye la mantención de bosques de protección a orillas de ríos y humedales, los bosques de borde de pastizal o turbal, en pendiente o de baja calidad de sitio, y la retención de madera muerta, tocones, raíces y restos no maderables provenientes de las copas (GUSTAFSSON *et al.*, 2012).

La RV presenta rendimientos comparables con la corta de protección (MARTÍNEZ PASTUR *et al.*, 2009; LINDEMAYER *et al.*, 2012) y debido a la planificación de caminos y la mayor concentración de corte, un menor costo de volteo y rastreo (MARTÍNEZ PASTUR *et al.*, 2007b), además de conservar en forma eficiente la biodiversidad (LENCINAS *et al.*, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011; SIMANONOK *et al.*, 2011, DUCID *et al.*, 2005), así como también mejoras en los ciclos de producción de flores, semillas, regeneración (GONZÁLEZ *et al.*, 2006; MARTÍNEZ PASTUR *et al.*, 2008, 2011a, 2011b), microclima y ciclos de nutrientes (MARTÍNEZ PASTUR *et al.*, 2005, 2007a).

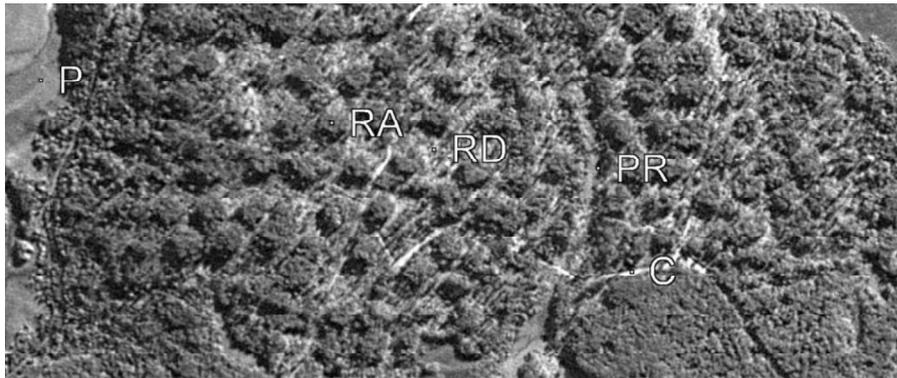


Figura 1: Retención variable aplicada en Tierra del Fuego (Argentina)

Figure 1: Variable retention applied in Tierra del Fuego (Argentina)

RD: áreas de cosecha con retención dispersa, RA: agregados de retención, PR: Protección riparia, P: pastizales, C: Camino forestal.

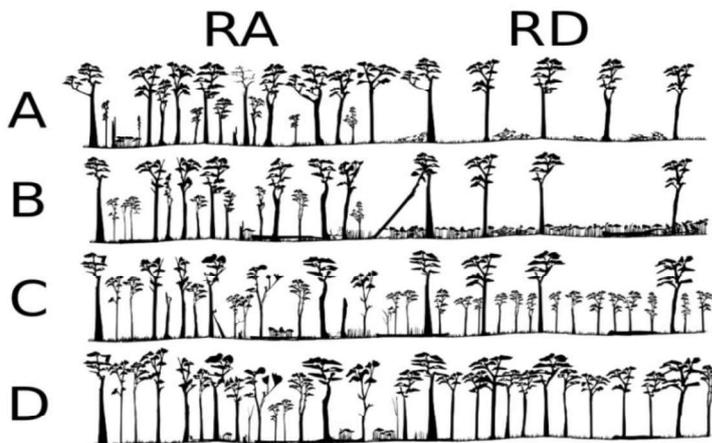


Figura 2. Propuesta de manejo silvícola mediante retención variable para bosques de *N. pumilio*

Figure 2. Variable retention silvicultural management for *Nothofagus pumilio* forests

RA: Retención agregada; RD: Retención dispersa; (A) Aplicación de la corta dejando intacta la RA y 10-15 $m^2 \cdot ha^{-1}$ de AB en RD, (B) Continuación de la dinámica natural en RA y Bosque regenerado en RD, (C) Continuación de la dinámica natural en RA y Bosque secundario con raleo y poda en RD (D) Continuación de la dinámica natural en RA y Bosque manejado con cobertura de árboles secundarios en RD.

Estabilidad estructural de la retención variable.

Las modificaciones de la estructura del bosque producto de la aplicación del método de regeneración, determina la estabilidad del dosel de protección donde el viento es un factor muy importante en esta dinámica (CENDOYA HERNÁNDEZ y MUÑOZ SAEZ, 2002). Durante la etapa de regeneración de un bosque manejado es necesario mantener por un determinado tiempo un dosel productor de semillas, siendo la estabilidad de los árboles un factor importante para obtener una regeneración adecuada. En bosques de *N. pumilio* aprovechados, los valores más altos de área basal

volteada se han observado en el primer año después de la corta (2002) tanto para los métodos de RD, RA y RV (CELLINI, 2010), disminuyendo en los años posteriores (Figura 3), ya que durante el primer año los árboles menos resistentes al viento ya habían sido volteados (WARDLE, 1984). El número de árboles caídos es menor para agregados en una RV que en agregados donde se realiza una tala rasa en su entorno, donde la mayoría de los volteos se producen en concordancia con los vientos dominantes de la región, y en mayor frecuencia en la periferia de los mismos debido a la disminución del viento dentro del agregado (CELLINI, 2010; CELLINI et al., 2010). En

los sectores aprovechados, el número de árboles caídos aumenta a medida que mejora la calidad de sitio (CELLINI, 2010) ya que los árboles más altos presentan una mayor resistencia al viento (MARTIN y OGDEN, 2005), mientras que aquellos con una alta relación altura total/DAP resultan más afectados. Asimismo, la caída de árboles se encuentra relacionada con los daños provocados por la maquinaria forestal en raíces y troncos durante las tareas de extracción, por lo que es necesario tomar precauciones a fin de evitar mayores daños en el dosel remanente (CELLINI *et al.*, 2010).

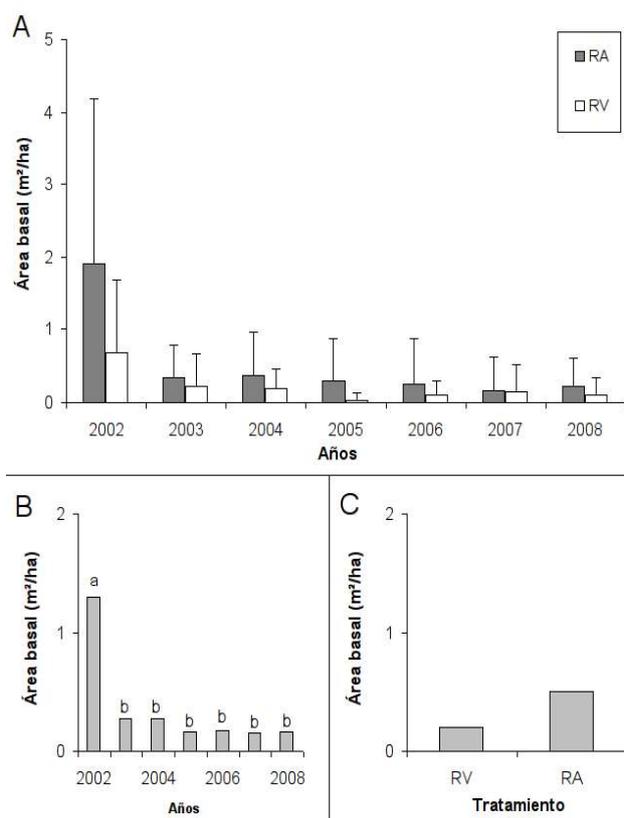


Figura 3. Seguimiento del área basal volteada por el viento para los métodos de regeneración de RA y RV

Figure 3. Basal area of windthrown trees in aggregate and variable retention along 7 years before harvest

A) Área basal ($m^2 \cdot ha^{-1}$) \pm desvío estándar volteada por el viento para los métodos de regeneración de RA y RV en 7 años de estudio para la Ea. San Justo (CELLINI, 2010), B) promedios anuales. C) promedios por tratamiento. RA: Método de regeneración de retención agregada, RV: Método de regeneración de retención variable, letras diferentes indican diferencias significativas a $p < 0,05$ según prueba de Tukey.

Cobertura Forestal de la retención variable

Los bosques sin intervención presentan valores de cobertura del orden de $84,4 \pm 0,6 \%$, valor que por la aplicación del método de RV se reduce en promedio a $54,7 \pm 3,2$ (CELLINI, 2010). Esta

disminución es de 78,5 % de cobertura en el centro de los agregados, decreciendo a medida que se acerca a los bordes del agregado o se aleja de su influencia, llegando a 51,0 % en la zona cercana al borde de los agregados y 43,1 % en la zona sin influencia de los agregados. Altos valores de cobertura retienen un alto porcentaje de la lluvia (13-25 % de intercepción y 15-50 % de evapotranspiración), reduciendo la humedad y la disponibilidad de luz a nivel del suelo (FRANGI y RICHTER, 1994; CALDENTEY *et al.*, 2005a; MARTÍNEZ PASTUR *et al.*, 2007a). En el sotobosque de un bosque aprovechado se incrementa la radiación fotosintéticamente activa en 2,4 a 2,9 veces más que en bosque sin intervención (CALDENTEY *et al.*, 2005a, 2009), mientras que la temperatura y la velocidad del viento aumentan en los bosques aprovechados (CALDENTEY *et al.*, 2005b; CELLINI, 2010), causando un aumento en la evapotranspiración influyendo en la dinámica de la regeneración y el crecimiento de *N. pumilio* (LENCINAS *et al.*, 2007; MARTÍNEZ PASTUR *et al.*, 2007a). *Nothofagus pumilio* es una especie semiheliófila que se establece en gran número en condiciones de elevada cobertura, pero que requiere un aumento progresivo en la disponibilidad de luz para poder desarrollarse (MARTINEZ PASTUR *et al.*, 2007a), siendo necesario en la planificación del manejo forestal mantener una cobertura de árboles remanentes.

Regeneración en la Retención variable

Luego de la aplicación de un método de regeneración, debería existir una cantidad de individuos remanentes para generar cobertura al suelo y producción de semillas para formar una población densa que origine el bosque futuro (CELLINI *et al.*, 2005). Los patrones de producción de semillas difieren año a año y en el gradiente de coberturas dado por el bosque sin intervención, sectores no cosechados (RA) y cosechados (RD). Los bosques primarios generan un banco de plántulas que se recambia en cortos periodos de tiempo. CELLINI, (2010) presenta valores modelizados para dentro del agregado, con una cobertura de 76,2 % en donde la producción promedio fue de 3,96 millones de semillas. ha^{-1} , mientras que fuera del agregado la producción de semillas decrece junto con la cobertura forestal (51,0 y 43,1% de cobertura cerca y lejos del agregado). Esta disminución resultó en una producción de 2,12 y 1,63 millones de semillas. ha^{-1} . La capacidad de dispersión de las semillas se encuentra en función del peso de las mismas, la altura de los árboles y la velocidad del viento. Esta dispersión es suficiente para cubrir el área cosechada entre los agregados (40 m de distancia entre los bordes de las RA), existiendo una disposición de los agregados para optimizar el aporte de semillas para que se concentre en los sectores aprovechados (CELLINI, 2010).

Para *N. pumilio* se desarrolló un modelo (CELLINI, 2010) que predice la supervivencia de renovales para una edad entre 1 y 12 años para una cobertura determinada (en un rango de coberturas de 29 al 91%) ingresando el dato promedio de reclutamiento en coberturas mayores al 70% (bosque sin intervención). El modelo presenta un aumento de la supervivencia de los renovales con el aumento de la edad hasta llegar a valores superiores al 95% de supervivencia para plántulas de 8 años de edad. La supervivencia de la regeneración en los distintos sectores del método de RV presenta diferencias ya que dentro de los agregados la mortalidad es mayor que en sectores con menor cobertura (Figura 4). Partiendo de un valor de 233671 plántulas.ha⁻¹ incorporadas un año después de la cosecha, la densidad disminuirá hasta 21110 plántulas a los 11 años. Para la zona de menor cobertura, la disminución será menos marcada, desde 19440 a 14770 plántulas.ha⁻¹ a los 11 años (CELLINI, 2010).

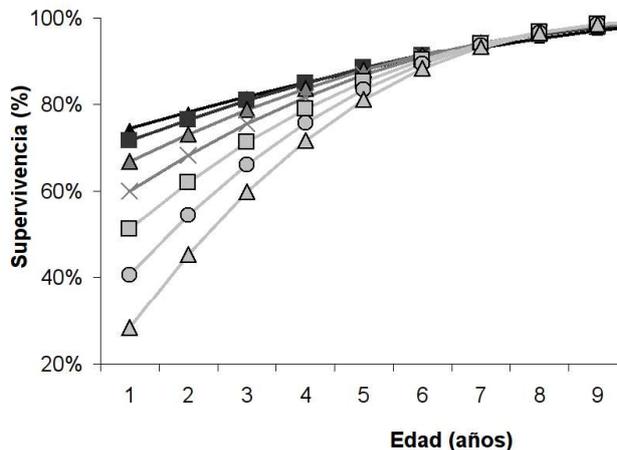


Figura 4. Modelo de supervivencia de renovales en relación a la cobertura y a la edad
Figure 4. Model of survival of seedlings in relation to the forest cover and age

Donde: cob: cobertura forestal en %.

El crecimiento en altura de los renovales responde a las diferencias de cobertura (MARTINEZ PASTUR *et al*, 2011b), ocurriendo el óptimo entre coberturas del 35 al 45% donde se alcanzan 20 cm de altura en plántulas de 8 años, mientras que el mínimo se observa en altas y bajas coberturas. En los sectores cosechados se observan dos clases de edades: plántulas sobrevivientes de la cosecha presentes en el bosque original (una disminución del 41,2 % de la regeneración, de 2,44 a 1,43 millones.ha⁻¹ según SKRT *et al*, 1997), y plántulas que se establecen con posterioridad a la cosecha (166±64 miles ha⁻¹ cerca del agregado y lejos de la influencia de los agregados 87 ± 29 miles ha⁻¹). Por otro lado, el daño sobre la regeneración pre instalada provocado por las tareas durante la cosecha, es un factor que influye en la

mortalidad y crecimiento de la regeneración debido a la remoción y compactación de suelo.

Dadas las características *N. pumilio* con relación a su capacidad de colonizar áreas disturbadas, esta especie presenta una tendencia a regenerar en áreas abiertas generadas con posterioridad a los aprovechamientos forestales. ROSENFELD *et al*, (2006) reporta 470000 plántulas.ha⁻¹ 5 años posterior al aprovechamiento en Chile, mientras que en Argentina variaron desde 50000 plántulas.ha⁻¹ (BAVA y PUIG, 1992) a 100000 plántulas (MUTARELLI y ORFILA, 1971; BAVA y HLOPEC, 1995; LÓPEZ BERNAL *et al*, 2003) 3 años después de realizadas las tareas de aprovechamiento. COLLADO *et al*, (2008) encontraron en la Ea. San Justo que la mayor parte del área cosechada (fuera de las picadas de extracción), valores de regeneración que superan los 113-332 mil.ha⁻¹. Una baja densidad de regeneración forma individuos aislados que crecen sin competencia, dando como resultado ejemplares con 5 a 20 troncos, presentando una copa amplia debido al gran espaciamiento. En caso de incorporar este tipo de bosque a bosques de producción, es factible aplicar en ellos tratamientos intermedios de poda y raleo para generar una masa forestal de 300-500 ind.ha⁻¹. La calidad forestal de los troncos centrales en cada individuo suele ser buena, siendo uno de ellos seleccionable para producir un árbol maderable. Una densidad de 10000 ind.ha⁻¹ de 2 años de edad o 3370 plántulas por hectárea de 11 años en forma homogénea, garantizaría un bosque futuro de buena forma forestal para producir madera de calidad.

Consideraciones finales

El método RV no se encuentra correctamente implementado en la actualidad, ya que se registran más daños sobre los árboles remanentes que lo deseado, resultando en una baja estabilidad de estos individuos y produciendo la caída en el componente RD. Es importante realizar una correcta selección de los individuos remanentes para asegurar la estabilidad del dosel luego del aprovechamiento, disminuyendo el daño a los árboles remanentes para asegurar mayor fuente de semillas y sostenibilidad del sistema completo. El impacto sobre los bosques manejados siempre es significativo, por lo cual el desafío sigue siendo encontrar un equilibrio entre las variables económicas, ecológicas y sociales, con el objetivo de diseñar alternativas para un uso responsable y sostenible. En este trabajo se presentó a la retención variable como una herramienta de conservación de la biodiversidad en equilibrio con la producción económica, para atenuar los impactos producidos por el uso que hace el hombre.

BIBLIOGRAFÍA

BAVA J., y R. Hlopec. 1995. El Manejo Sustentable de la Lengua en Tierra del Fuego, Jornadas

- Forestales Patagónicas. San Martín de los Andes, Argentina. 1: 81-96.
- BAVA J., P.M. López Bernal. 2005. Cortas de selección en grupo en bosques de lenga. IDIA-XXI 5(8): 39-42.
- BAVA J., C. Puig. 1992. Regeneración natural de lenga. Análisis de algunos factores involucrados. Centro de Investigación y Extensión Forestal Andino Patagónico. Publicación Técnica 8: 85-110.
- BARRERA M., J. Frangi, L. Richter, M. Perdomo, L. Pinedo. 2000. Structural and functional changes in *Nothofagus pumilio* forest along an altitudinal gradient in Tierra del Fuego, Argentina. *Journal of Vegetation Science* 11:179-188.
- CALDENTEY J., M. Ibarra, A. Promis, P. Hernández. 2005a. Effects of shelterwood system on photosynthetically active radiation (PAR) and plan regeneration in *Nothofagus pumilio* stands in Chile. *International Forestry Review* 7(5): 46.
- CALDENTEY J., M. Ibarra, A. Promis. 2005b. Microclimatic variations in a *Nothofagus pumilio* forest caused by shelterwood systems: Results of seven years of observations. *International Forestry Review* 7(5): 46.
- CALDENTEY J., H. Mayer, M. Ibarra, A. Promis. 2009. The effects of a regeneration felling on photosynthetic photon flux density and regeneration growth in a *Nothofagus pumilio* forest. *European Journal of Forest Research* 128: 75-84.
- CENDOYA HERNANDEZ P., F. Muñoz Saez. 2002. Modelamiento del efecto del viento sobre árboles jóvenes de *Pinus radiata* D. Don. *Bosque* 23 (2): 51-56.
- CELLINI J.M., G. Martínez Pastur, R. Vukasovič, M.V. Lencinas, B. Díaz, E. Wabö. 2003. Hacia un manejo forestal sustentable en los bosques de Patagonia. Área B: Bosques para el Planeta. Actas XII Congreso Forestal Mundial. Trabajo 0013. Québec, Canadá. 21-28 Septiembre. pp 413.
- CELLINI J.M., G. Martínez Pastur, R. Vukasovič, M.V. Lencinas, B. Díaz, E. Wabö. 2005. Pautas de sustentabilidad en el manejo forestal de los bosques de *Nothofagus pumilio* (Poepp. et Endl.) Krasser. *Yvyretá* 13: 77-82.
- CELLINI J.M. 2010. Estructura y regeneración bajo distintas propuestas de manejo de bosques de *Nothofagus pumilio* (Poepp et Endl) Krasser en Tierra del Fuego, Argentina. Tesis doctoral. Fac. Ciencias Naturales y Museo. Universidad Nacional de La Plata. La Plata, Buenos Aires, Argentina.
- CELLINI J.M., M.D. Barrera, H. Ivancich, G. Martínez Pastur, R. Vukasovic. 2010. A4M-20. Estabilidad de la estructura forestal remanente en bosques de *Nothofagus pumilio* aprovechados con los métodos de regeneración de retención variable y retención dispersa en Tierra del Fuego. Actas I Jornadas Forestales de Patagonia Sur: "El bosque como bien social, fuente de trabajo y bienestar" Ushuaia, 10-12 Noviembre de 2010. p 99.
- COLLADO L., S. Farina, F. Jaras, H. Vargas. 2008. Monitoreo del estado de intervención y de la regeneración de *Nothofagus pumilio* en un plan de manejo forestal en el ecotono estepa-bosque de Tierra del Fuego, Argentina. *Bosque* 29(1): 85-90.
- DEFERRARI G., C. Camilion, G. Martínez Pastur, P. Peri. 2001. Changes in *Nothofagus pumilio* forest biodiversity during the forest management cycle: *Birds. Biodiv. Conserv.* 10(12): 2093-2108.
- DUCID G., M. Murace, J.M. Cellini. 2005. Diversidad fúngica en el filoplano de *Osmorhiza* spp. relacionado con el sistema de regeneración empleado en bosques de *Nothofagus pumilio* en Tierra del Fuego, Argentina. *Bosque* 26(1): 33-42.
- FRANGI J., L. Richter. 1994. Balances hídricos de bosques de *Nothofagus* de Tierra del Fuego, Argentina. *Revista de la Facultad de Agronomía de La Plata* 70: 95-79.
- FRANKLIN J.F., D.R. Berg, D.A. Thornburgh, J.C. Tappeiner. 1997. Alternative silvicultural approaches to timber harvesting: variable retention harvest systems. En: *Creating a Forestry for the 21st Century* (KOHM K.A., J.F. Franklin. Eds.). Island Press, Washington, US. Pp. 111-139.
- GEA G., G. Martínez Pastur, J.M. Cellini, M.V. Lencinas. 2004. Forty years of silvicultural management in southern *Nothofagus pumilio* (Poepp. et Endl.) Krasser primary forests. *For. Ecol. Manage.* 201(2-3): 335-347.
- GONZÁLEZ M., C. Donoso, P. Ovalle, G. Martínez Pastur. 2006. *Nothofagus pumilio* (Poepp. et Endl) Krasser - lenga, roble blanco, leñar, roble de Tierra del Fuego - Familia: Fagaceae. En: *Las especies arbóreas de los bosques templados de Chile y Argentina: Autoecología* (DONOSO C., Ed.). Marisa Cúneo Ediciones, Valdivia, Chile. pp. 486-500.
- GUSTAFSSON L., S. Baker, J. Bauhus, W. Beese, A. Brodie, J. Kouki, D. Lindenmayer, A. Löhmus, G. Martínez Pastur, Ch. Messier, M. Neyland, B. Palik, A. Sverdrup-Thygeson, J. Volney, A. Wayne, J.F. Franklin. 2012. Retention forestry to maintain multifunctional forests: a World perspective. *Bioscience* 62(7): 633-645.
- LENCINAS M.V., G. Martínez Pastur, E. Gallo, A. Moretto, C. Busso, P. Peri. 2007. Mitigation of biodiversity loss in *Nothofagus pumilio* managed forests of South Patagonia. En: *Understanding biodiversity loss: An overview of forest fragmentation in South America* (PACHA M.J., S. Luque, L. Galetto, L. Iverson Eds.). IALE Landscape Research and Management papers, Grenoble, Francia. Pp 112-120.
- LENCINAS M.V., G. Martínez Pastur, R. Solán, E. Gallo, J.M. Cellini. 2008. Forest management with variable retention impact over moss communities of *Nothofagus pumilio* understory. *Forstarchiv* 79: 77-82.

- LENCINAS M.V., G. Martínez Pastur, E. Gallo, J.M. Cellini. 2009. Alternative silvicultural practices with variable retention improve bird conservation in managed South Patagonian forests. *For. Ecol. Manage.* 258: 472-480.
- LENCINAS M.V., G. Martínez Pastur, J.M. Cellini, E. Gallo, C. Busso. 2010. Diversidad de lepidópteros en bosques aprovechados: Variación en el corto plazo por aplicación de retención variable. *Revista Investigaciones Científicas de la UNERMB* 1(1): 87-101.
- LENCINAS M.V., G. Martínez Pastur, E. Gallo, J.M. Cellini. 2011. Alternative silvicultural practices with variable retention to improve understory plant diversity conservation in southern Patagonian forests. *For. Ecol. Manage.* 262: 1236-1250.
- LINDENMAYER D., J.F. Franklin, A. Löhmus, S. Baker, J. Bauhus, W. Beese, A. Brodie, B. Kiehl, J. Kouki, G. Martínez Pastur, Ch. Messier, M. Neyland, B. Palik, A. Sverdrup-Thygeson, J. Volney, A. Wayne, L. Gustafsson. 2012. A major shift to the retention approach for forestry can help resolve some global forest sustainability issues. *Conservation Letters*. doi: 10.1111/j.1755-263X.2012.00257.x.
- LÓPEZ BERNAL P.M., J. Bava, S.H. Antequera. 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.
- MARTIN T.J., J. Ogden. 2005. A blast from the past: A dendroecological reconstruction of forest windthrow, North Island, New Zealand. En: CALVER M., H. Bigler-Cole, G. Bolton, J. Dargavel, A. Gaynor. (Eds.) *A forest conscienceness: 6th National Conference of the Australian Forest History Society Inc.* pp. 543-553. Millpress Science Publishers, Rotterdam, Netherlands.
- MARTÍNEZ PASTUR G., J.M. Cellini, P. Peri, R. Vukasovic, C. Fernández. 2000. Timber production of *Nothofagus pumilio* forests by a shelterwood system in Tierra del Fuego (Argentina). *For. Ecol. Manage.* 134: 153-162.
- MARTÍNEZ PASTUR G., P. Peri, C. Fernández, G. Staffieri, M.V. Lencinas. 2002. Changes in understory species diversity during the *Nothofagus pumilio* forest management cycle. *For. Res.* 7(3): 165-174.
- MARTÍNEZ PASTUR G., M.L. Lencinas. 2005. El manejo forestal en los bosques de *Nothofagus pumilio* en Tierra del Fuego. *IDIA-XXI* 5(8): 107-110.
- MARTÍNEZ PASTUR G., P. Peri, R. Vukasovic, J.M. Cellini, M.V. Lencinas, E. Gallo. 2005. Sistemas de regeneración con retención agregada en bosques de *Nothofagus pumilio*: Una alternativa que combina parámetros económicos y ecológicos. En: *Dinámicas mundiales, integración regional y patrimonio en espacios periféricos* (ZÁRATE R., L. Artesi, Eds.) Universidad Nacional de la Patagonia Austral, Río Gallegos, Argentina. Pp 260-271.
- MARTÍNEZ PASTUR G., M.V. Lencinas, P. Peri, M. Arena. 2007a. Photosynthetic plasticity of *Nothofagus pumilio* seedlings to light intensity and soil moisture. *Forest Ecology and Management*. 243(2): 274-282.
- MARTÍNEZ PASTUR G.; M.V. Lencinas, P. Peri, A. Moretto, J.M. Cellini., I. Mormeneo, R. Vukasovic. 2007b. Harvesting adaptation to biodiversity conservation in sawmill industry: Technology innovation and monitoring program. *Tech. Manage. Innov.* 2(3): 58-70.
- MARTÍNEZ PASTUR G., M.V. Lencinas, P. Peri, J.M. Cellini. 2008. Flowering and seeding patterns in unmanaged and managed *Nothofagus pumilio* forests with a silvicultural variable retention system. *Forstarchiv* 79: 60-65.
- MARTÍNEZ PASTUR G., M.V. Lencinas, J.M. Cellini, P. Peri, R. Soler. 2009. Timber management with variable retention in *Nothofagus pumilio* forests of Southern Patagonia. *For. Ecol. Manage.* 258: 436-443.
- MARTÍNEZ PASTUR G., M.V. Lencinas, P. Peri, J.M. Cellini, A. Moretto. 2010. Long-term forest management research in South Patagonia - Argentina: Lessons from the past, challenges from the present. *Rev. Chil. Hist. Nat.* 83: 159-169.
- MARTÍNEZ PASTUR G., J.M. Cellini, M.V. Lencinas, M. Barrera, P. Peri. 2011a. Environmental variables influencing regeneration of *Nothofagus pumilio* in a system with combined aggregated and dispersed retention. *For. Ecol. Manage.* 261: 178-186.
- MARTÍNEZ PASTUR G., P. Peri, J.M. Cellini, M.V. Lencinas, M. Barrera, H. Ivancich. 2011b. Canopy structure analysis for estimating forest regeneration dynamics and growth in *Nothofagus pumilio* forests. *Ann. For. Sci.* 68: 587-594.
- MUTARELLI E.J., E.N. Orfila. 1971. Observaciones sobre la regeneración de lenga, *Nothofagus pumilio* (Poepp. et Endl.), Oerst. en parcelas experimentales del lago Mascaradi, Argentina. *Revista Forestal Argentina* 15(4): 109-115.
- PULIDO F., B. Díaz, G. Martínez Pastur. 2000. Incidencia del ramoneo del guanaco (*Lama guanicoe*) sobre la regeneración de lenga (*Nothofagus pumilio*) en bosques de Tierra del Fuego, Argentina. *Inv. Agr.: Sist. Rec. Ftales.* 9(2): 381-394.
- ROSENFELD J.M., R.M. Navarro Cerrillo, J.R. Guzman Alvarez. 2006. Regeneration of *Nothofagus pumilio* [Poepp. et Endl.] Krasser forests after five years of seed tree cutting. *Journal of Environmental Management* 78: 44-51.
- SCHMIDT H., A. Urzúa. 1982. Transformación y manejo de los bosques de Lenga en Magallanes.

- Universidad de Chile. Ciencias Agrícolas 11. 62 pp.
- SIMANONOK M., Ch. Anderson, G. Martínez Pastur, M.V. Lencinas, J. Kennedy. 2011. A comparison of impacts from silviculture practices and North American beaver invasion on stream benthic macroinvertebrate community structure and function in *Nothofagus* forests of Tierra del Fuego. *For. Ecol. Manage.* 262(2): 263-269.
- SKRT M.V., G. Staffieri, P. Ferrere, G. Martínez Pastur, P. Peri. 1997. Incidencia de la cobertura, el aprovechamiento y el ramoneo de *Lama guanicoe* sobre la regeneración de un bosque de *Nothofagus pumilio*. Actas II Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano. Tomo Bosques Nativos y Protección Ambiental. Posadas, 13-15 Agosto. pp 149-162.
- SPAGARINO C., G. Martínez Pastur, P. Peri. 2001. Changes in *Nothofagus pumilio* forest biodiversity during the forest management cycle: Insects. *Biodiv. Conserv.* 10(12): 2077-2092.
- UNIDAD DEL SISTEMA DE EVALUACIÓN FORESTAL (UMSEF). 2002. Cartografía y Superficie de Bosque Nativo de Argentina [en línea]. Dirección de Bosques, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Ministerio de Desarrollo Social. Buenos Aires, <http://www2.medioambiente.gov.ar/bosques/umsef/cartografia/default.htm> [Consulta: Argentina. Octubre 2005].
- WARDLE J.A. 1984. The New Zealand beeches: ecology, utilization and management. New Zealand Forest Service, Christchurch, N.Z. 447 pp.