

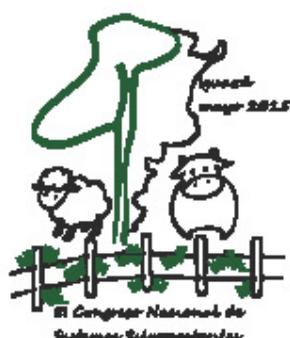


# 3° Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles



# VIII Congreso Internacional Sistemas Agroforestales





## **3° CONGRESO NACIONAL DE SISTEMAS SILVOPASTORILES**



## **VIII CONGRESO INTERNACIONAL SISTEMAS AGROFORESTALES**

**Editor Dr. Pablo Luis Peri**

**7 , 8 y 9 de Mayo 2015  
Iguazú, Misiones - Argentina**



3° Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles : VII Congreso Internacional  
Sistemas Agroforestales / compilado por Pablo L. Peri. - 1a ed. – Santa Cruz :  
Ediciones INTA, 2015.  
716 p. ; 28x20 cm.

ISBN 978-987-521-611-2

1. Sistemas Silvopastoriles . 2. Sistemas agroforestales. 3. Ganadería. 4. Manejo  
Sustentable. I. Peri, Pablo L., comp. II. Título  
634.0

© Copyright 2015 INTA

Estación Experimental Agropecuaria Montecarlo, Misiones, Argentina

3° CONGRESO NACIONAL DE SISTEMAS SILVOPASTORILES

VIII CONGRESO INTERNACIONAL SISTEMAS AGROFORESTALES

ISBN:

978-987-521-611-2

Diseño

Rafael Carranza

Diseño y Servicios

carranza.rafael@gmail.com

Imprimió ErreGé & Asociados

erregeyasoc@aol.com

Fecha de impresión: Abril 2015

Cantidad de ejemplares: 400 ejemplares

Queda hecho el depósito que marca la Ley 11.723

Impreso en Argentina

# Herramientas para la conservación de la biodiversidad en bosques bajo uso silvopastoril de *Nothofagus antarctica* en Tierra del Fuego

G. Martínez Pastur; M.V. Lencinas; R. Soler; P.L. Peri; S. Schindler. \*

## Resumen

La propuesta de manejo para *Nothofagus antarctica* en Tierra del Fuego es el manejo silvopastoril, sin tener en cuenta aspectos de conservación. La elaboración de mapas de habitabilidad (habitat suitability) podría ser de utilidad para establecer diferencias en el potencial de conservación de los bosques. El objetivo fue elaborar un mapa de biodiversidad potencial en la zona central de Tierra del Fuego, y validarlo con muestreos independientes de plantas e insectos. A partir de censos en 87 estaciones de muestreo, se identificaron las especies de plantas del sotobosque con mayor cobertura y ocurrencia, generando 20 mapas de habitabilidad. Estos mapas se combinaron en un SIG. El mapa combinado fue validado a partir de 35 muestreos de campo independientes, analizando la riqueza de plantas e insectos. El mapa generado muestra un gradiente de biodiversidad potencial en tres calidades relacionado a la zona de contacto entre bosques de *N. antarctica* y *N. pumilio*, así como un gradiente oeste-este. Las calidades definidas pudieron ser relacionadas con variables topográficas y ambientales a escala de paisaje, y con los resultados de los censos de campo de plantas. Los modelos de habitabilidad son una potente herramienta para la predicción de nichos de diferentes especies, y a través de ellos sería posible establecer mejores estrategias que combinen el uso silvopastoril y la conservación a escala de paisaje.

**Palabras clave:** *hábitat de especies, plantas, insectos, variables climáticas, variables topográficas.*

## Tools for biodiversity conservation in silvopastoral managed *Nothofagus antarctica* forests in Tierra del Fuego

### Abstract

Silvopastoral use is the management proposal for *Nothofagus antarctica* in Tierra del Fuego, without any consideration of biodiversity conservation. The habitat suitability maps could be a useful tool to determine differences in the biodiversity conservation potentiality of the forests. The objective was to elaborate a potential biodiversity quality map for the central area of Tierra del Fuego, and to validate it independently through plant and insect surveys. Surveying 87 sites, it was possible to determine the most important plant species according to its cover and occurrence, and to generate 20 habitat suitability maps. These maps were combined into a biodiversity map in a GIS. The output map was validated using 35 field surveys, analysing plants and insects. The map showed a quality gradient classified in three classes related to the ecotone areas between *N. antarctica* and *N. pumilio*, as well as a west-east gradient. It was possible to relate the map qualities to the topographic and environmental variables at landscape level, as well as with the outputs of the field surveys, mainly with superior plants. The habitat suitability models were a potential tool for the prediction of the different niche species, and using them, it was possible to define better strategies that combine silvopastoral forest management and conservation at landscape level.

**Keywords:** *habitat suitability, plants, insects, climatic variables, topographic variables.*

\* Laboratorio de Recursos Agroforestales, Centro Austral de Investigaciones Científicas (CONICET). Houssay 200 (9410) Ushuaia, Tierra del Fuego. E-mail: gpastur@conicet.gov.ar.

## Introducción

La propuesta de uso para bosques de *Nothofagus antarctica* (ñire) en Tierra del Fuego es el manejo silvopastoril, proponiéndose diferentes alternativas que apuntan a aumentar los parámetros económicos, sin tener en cuenta aspectos de conservación (Martínez Pastur et al., 2013a). La falta de inclusión de parámetros de conservación dentro del manejo forestal llevará a la pérdida de la biodiversidad propia del lugar (Luque et al., 2010). Es por ello, que es necesario establecer alternativas de conservación dentro de la matriz productiva a los fines de generar estrategias efectivas que conserven la biodiversidad in situ sin detrimento de la industria (Lindenmayer et al., 2012). El primer paso es determinar las diferencias a escala de paisaje dentro del potencial de conservación (Lencinas et al., 2008; Peri et al., 2013), y posteriormente, generar herramientas

que permitan implementar diferentes estrategias de manejo de acuerdo a los tipos de bosques (Martínez Pastur et al., 2012a; 2012b). La elaboración de mapas de habitabilidad (habitat suitability maps) para especies en peligro son una útil herramienta de conservación (Hirzel et al., 2002) que ha sido propuesta previamente para los bosques fueguinos (Martínez Pastur et al., 2012c; 2013b). El objetivo de este trabajo fue elaborar un mapa de biodiversidad potencial a partir de plantas indicadoras para los bosques de *Nothofagus antarctica* en la zona central de Tierra del Fuego, y validarlo con muestreos independientes de censos de plantas del sotobosque e insectos (coleópteros epígeos caminadores); a los fines de proponerlo como herramienta de consulta para la elaboración de estrategias de manejo y conservación a escala de paisaje.

## Materiales y Métodos

Para la construcción de los mapas de biodiversidad potencial, se empleó como indicadoras a las plantas del sotobosque (riqueza y cobertura), debido a la disponibilidad de datos en la Red PEBANPA: "Parcelas de Ecología y Biodiversidad de ambientes naturales en Patagonia Austral" (INTA, UNPA, CADIC CONICET), que se encuentran distribuidas a lo largo de un amplio espectro ambiental. Para ello, se seleccionaron 87 censos realizados en bosques puros de *Nothofagus antarctica* en Tierra del Fuego, los cuáles se encontraban sometidos a uso silvopastoril. De estas especies se seleccionaron las 20 especies nativas más importantes dentro de estos bosques en términos de cobertura (% del suelo del bosque) y ocurrencia (% de veces que fueron censadas sobre el total de parcelas). Para cada una de estas especies nativas se generaron modelos de hábitat con el método Environmental Niche Factor Analysis (ENFA) empleando el software Biomapper 4.0 (Hirzel et al., 2002) basados en predictores climáticos, ambientales y forestales. Para los predictores climáticos se empleó la base de Worldclim (Hijmans et al., 2005), para los topográficos se emplearon imágenes de elevación de terreno de 90 x 90 m (Shuttle Radar Topography Mission), y para los forestales mapas generados por el Fragstat (McGarigal et al., 2012) y la cobertura forestal de Tierra del Fuego. Los mapas de habitabilidad generados para las 20 especies de plantas se

combinaron en un solo mapa (Poirazidis et al., 2011) empleando el software Arcview 3.0, donde cada pixel (90 x 90 m) representa el promedio de habitabilidad (índice de 1 a 100) para las especies estudiadas, e.g. un mayor valor nos indica que un mayor número de especies encuentra mejores condiciones de hábitat allí. El mapa generado (una grilla de 90 x 90 m) presenta la biodiversidad potencial de los indicadores seleccionados, y fue clasificado en baja, media y alta potencialidad para los análisis posteriores.

Para validar el mapa se utilizó una base de datos independiente, que consistía en 35 censos de plantas del sotobosque realizados por medio del método de relevé en una hectárea de bosque de *N. antarctica*, y donde se realizó la captura de coleópteros caminadores mediante un set de cinco trampas pitt-fall por una semana durante el mes de enero. Los sitios de muestreo se encontraban distribuidos a lo largo del rango de distribución de la especie en Tierra del Fuego. Para cada parcela se obtuvo la riqueza total de plantas vasculares discriminadas en dicotiledóneas, monocotiledóneas y helechos, así como la riqueza de especies de coleópteros. Con estos datos se llevaron a cabo análisis de la varianza (ANOVAs) considerando como factor la potencialidad de biodiversidad, habiéndose clasificado las parcelas de acuerdo al mapa generado anteriormente. Las medias se compararon mediante el test de Tukey a un  $p = 0,05$ .

## Resultados y Discusión

Las 20 especies nativas más abundantes y frecuentes del sotobosque se presentan en la Tabla 1, presentando en general una baja cobertura dentro de los rodales (0,3% a 6,3%) pero una alta ocurrencia (27,3% a 81,8%). Sin embargo, estas variaciones presentan diferencias significativas a diferentes escalas de paisaje, tanto a escala predial (Lencinas et al., 2008) como regional (Martínez Pastur et al., 2012b). Dentro de las especies

nativas más abundantes y frecuentes hay varias dicotiledóneas (e.g., *Cotula scariosa*, *Osmorhiza depauperata*, *Galium aparine*) y monocotiledóneas (e.g., *Trisetum spicatum*, *Festuca magellanica*), y un helecho (*Blechnum penna-marina*). El mapa de biodiversidad potencial generado (Fig. 1) muestra diferentes patrones de distribución de bosques al clasificarlos de acuerdo a su potencial para conservar biodiversidad. Esta

Tabla 1. Especies nativas del sotobosque que presentan la mayor relación de cobertura (COB) y ocurrencia (OCU) en bosques primarios de *Nothofagus antarctica* en Tierra del Fuego.

ESPECIE	COB	OCU	ESPECIE	COB	OCU
<i>Cotula scariosa</i>	6,32%	77,27%	<i>Cardamine glacialis</i>	0,69%	60,61%
<i>Osmorhiza depauperata</i>	5,01%	75,76%	<i>Deschampsia flexuosa</i>	2,02%	45,45%
<i>Galium aparine</i>	3,08%	81,82%	<i>Acaena ovalifolia</i>	1,31%	46,97%
<i>Blechnum penna-marina</i>	4,68%	51,52%	<i>Acaena magellanica</i>	0,72%	51,52%
<i>Trisetum spicatum</i>	3,46%	62,12%	<i>Bromus unioloides</i>	1,28%	40,91%
<i>Festuca magellanica</i>	2,63%	65,15%	<i>Cerastium arvense</i>	0,53%	46,97%
<i>Schizeilema ranunculus</i>	2,28%	63,64%	<i>Uncinia lechleriana</i>	0,89%	39,39%
<i>Berberis buxifolia</i>	1,19%	69,70%	<i>Galium fuegianum</i>	0,44%	40,91%
<i>Osmorhiza chilensis</i>	3,79%	37,88%	<i>Taraxacum gillesii</i>	0,60%	36,36%
<i>Phleum alpinum</i>	1,77%	59,09%	<i>Vicia magellanica</i>	0,33%	27,27%

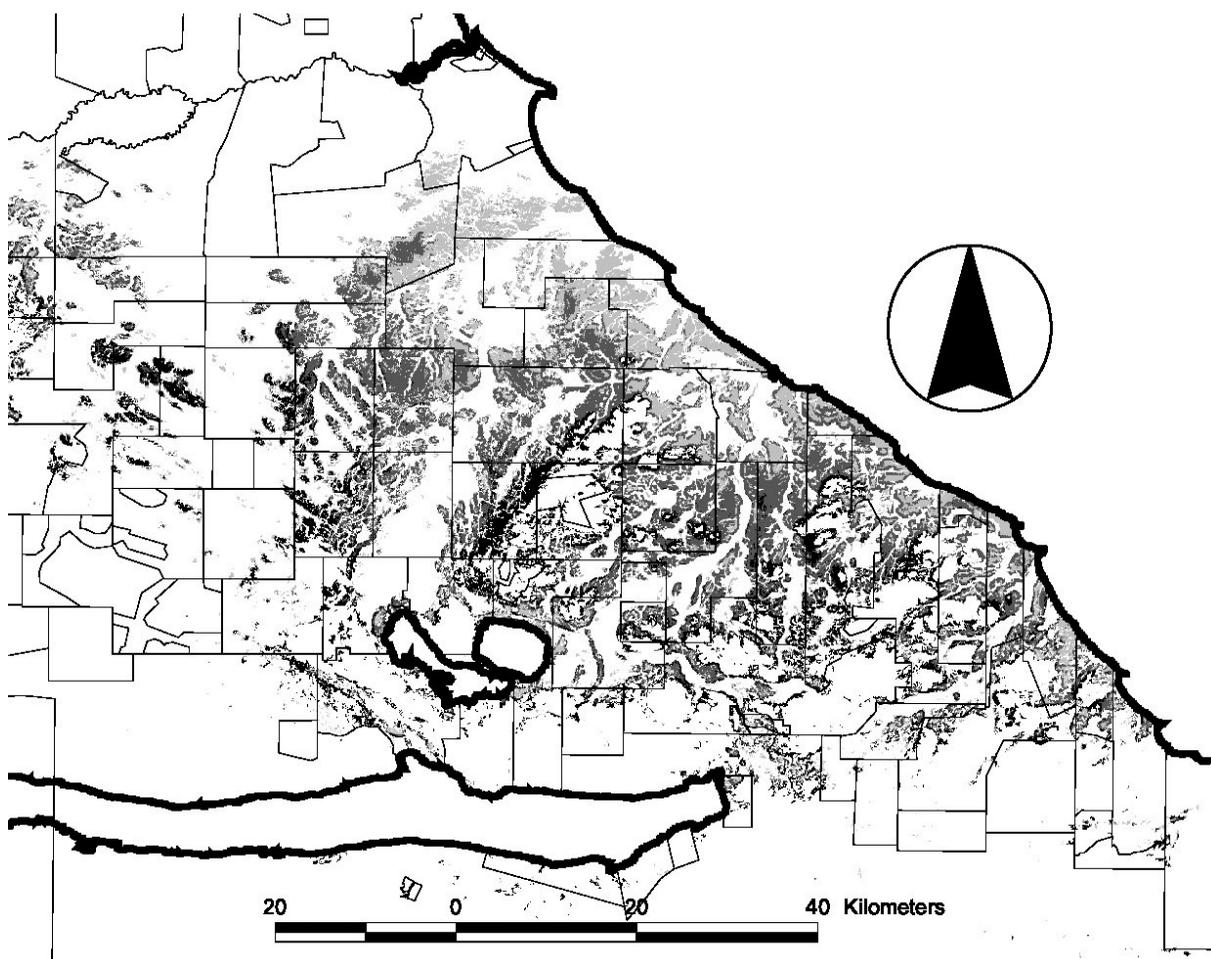


Figura 1. Mapa de potencial de biodiversidad para los bosques de *Nothofagus antarctica* en la zona central de Tierra del Fuego (negro = alta, índice 50-100; gris oscuro = media, índice de 42-50; gris claro = baja, índice de 1-42). Las líneas internas representan los límites de los establecimientos agropecuarios y otros (ejidos urbanos, parques y reservas nacionales).

clasificación se realizó de modo de obtener un mismo número de píxeles para cada clase: negro = alta, índice 50-100; gris oscuro = media, índice de 42-50; gris claro = baja, índice de 1-42. Los bosques de mayor potencial (color negro) se relacionan con las zonas de contacto o ecotonos entre bosques (*Nothofagus antarctica* - *N. pumilio*). Asimismo, se evidencia una declinación del potencial en un gradiente oeste - este, decreciendo el potencial a medida que los bosques se acercan a la costa atlántica.

La clasificación de biodiversidad potencial está íntimamente relacionada con los parámetros climáticos y topográficos empleados para el análisis, algunos de los cuáles se presentan en la Tabla 2. En la Tabla se puede ver el nicho que ocupan los bosques de *Nothofagus antarctica* respecto del promedio de Tierra del Fuego, y la forma en que la biodiversidad potencial se expresa en mayor medida; en la misma se ven reflejados claramente algunos de los gradientes que influyen en las diferentes calidades de los bosques (e.g., temperatura media anual, precipitación anual, precipitación del cuartil más cálido, evapo-transpiración global total, índice global de aridez o la altitud). Este análisis nos permitió establecer relaciones entre la biodiversidad y el ambiente, definiendo variables que influyen sobre la misma y que nos puedan orientar para la definición de estrategias de conservación a escala de paisaje

(Martínez Pastur et al., 2012a; 2012c; Peri et al., 2013).

La validación independiente mostró diferencias significativas entre las tres clases de potencial de la biodiversidad para la riqueza total de plantas del sotobosque, la riqueza de dicotiledóneas y monocotiledóneas (Tabla 3). Estas diferencias fueron significativas mayormente, entre la clase más baja y las clases superiores (media y alta). No se encontraron diferencias para los coleópteros. Este análisis nos permite comparar los resultados del mapa y los censos de campo. Otros análisis realizados en trabajos previos mostraron ensambles de especies diferenciales para los bosques de *Nothofagus antarctica* del oeste y del este en la zona central de Tierra del Fuego (Martínez Pastur et al., 2013a; 2013b; Peri et al., 2013). Esto implica que podrían existir diferencias en los ensambles de especies que no impliquen diferencias en la riqueza total, siendo necesarios análisis posteriores.

Trabajos previos destacaron que las estrategias de conservación propuestas para las diferentes escalas en la actualidad son inefectivas para conservar gran parte de la biodiversidad en los bosques en Tierra del Fuego (Martínez Pastur et al., 2012b; 2012c), y donde tampoco se promueven prácticas diferenciales de acuerdo a la calidad de los bosques desde un punto de vista de la conservación. Es necesario establecer para los bosques de *Nothofagus antarctica*, políticas de mane-

Tabla 2. Promedios (desviación estándar) de las variables climáticas y topográficas empleadas en el ajuste de los mapas de las especies del sotobosque clasificadas de acuerdo al potencial de biodiversidad para el sector argentino de la Isla Grande de Tierra del Fuego y los bosques de *Nothofagus antarctica*.

Variable	Tierra del Fuego	Baja	Media	Alta
TMA	4,6(1,1)	5,1(0,3)	5,0(0,2)	4,8(0,3)
MAXMC	13,2(1,3)	12,7(0,8)	14,0(0,2)	12,7(0,6)
MINMF	-2,5(1,1)	-2,1(0,3)	-2,1(0,3)	-2,3(0,3)
PA	452,8(97,0)	382,6(26,6)	390,6(15,7)	412,1(23,6)
PCC	126,4(24,5)	107,3(7,3)	129,3(11,9)	144,5(10,0)
EVTP	553,8(26,7)	577,1(8,8)	550,7(20,2)	549,7(13,2)
IGA	0,82(0,22)	0,65(0,08)	0,68(0,04)	0,72(0,04)
ALT	217,7(208,3)	103,2(51,2)	127,9(44,7)	163,7(55,9)

TMA = temperatura media anual (°C), MAXMC = max temperatura del mes más cálido (°C), MINMF = min temperatura del mes más frío (°C), PA = precipitación anual (mm.año-1), PCC = precipitación del cuartil más cálido (mm.año-1), EVTP = evapo-transpiración global total (mm.año-1), IGA = índice global de aridez, ALT = altitud (m.s.n.m.).

Tabla 3. ANOVAs simples analizando la riqueza total de plantas del sotobosque (PT), de dicotiledóneas (DICO), de monocotiledóneas (MONO), de helechos (HEL) y coleópteros epigeos caminadores (COL) para las tres clases de potencial de biodiversidad en bosques de *Nothofagus antarctica* de Tierra del Fuego.

Factor	PT	DICO	MONO	HEL	COL
Baja	10,8 a	7,2 a	3,4 a	0,2	6,7
Media	17,8 b	12,3 b	5,0 b	0,5	5,3
Alta	16,5 b	10,3 ab	5,5 b	0,7	6,4
F	12,60	8,28	4,85	0,73	0,61
(p)	<0,001	<0,001	0,015	0,490	0,553

F(p): Test de Fisher y probabilidad. Letras diferentes indican diferencias por el test de Tukey (p = 0,05).

jo y conservación con diferentes tipos y grados de retención que aseguren la conservación a escala de rodal, y adecuar la ordenación de los bosques que protegen sin un claro lineamiento algunos sectores de bosque sin valor de conservación.

En la actualidad, gran parte de los bosques categorizados en rojo por la ley 26331/07 son bosques marginales sin interés comercial y con muy bajo potencial de conservación (Martínez Pastur et al., 2013b).

## Conclusiones

Los modelos de hábitat son una potente herramienta para la predicción de nichos de diferentes especies, y combinando mapas para diferentes especies indicadoras es posible desarrollar herramientas potenciales para la determinación de la calidad de conservación potencial de la biodiversidad en bosques de *Nothofagus antarctica* en Tierra del Fuego. Los

resultados del mapa pueden ser explicados a partir de gradientes ambientales y topográficos, y pudieron ser parcialmente contrastados con datos de campo independientes. El empleo de este tipo de herramientas puede ser empleado para establecer mejores estrategias de manejo silvopastoril y de conservación, combinando ambos objetivos a escala de paisaje.

## Bibliografía

- Hijmans, R.J., Cameron, S.E., Parra, J.L., Jones, P.G., Jarvis, A., 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25, 1965-1978.
- Hirzel, A.H., Hausser, J., Chessel, D., Perrin, N., 2002. Ecological-niche factor analysis: How to compute habitat- suitability maps without absence data?. *Ecology*, 83, 2027-2036.
- Lencinas, M.V., Martínez Pastur, G., Rivero, P., Busso, C., 2008. Conservation value of timber quality vs. associated non-timber quality stands for understory diversity in *Nothofagus* forests. *Biodiversity and Conservation* 17, 2579-2597.
- Lindenmayer, D., Franklin, J., Löhms, A., Baker, S., Bauhus, J., Beese, W., Brodie, A., Kiehl, B., Kouki, J., Martínez Pastur, G., Messier, Ch., Neyland, M., Palik, B., Sverdrup-Thygeson, A., Volney, J., Wayne, A., Gustafsson, L., 2012. A major shift to the retention approach for forestry can help resolve some global forest sustainability issues. *Conservation Letters* 5(6), 421-431.
- Luque, S., Martínez Pastur, G., Echeverría, C., Pacha, M.J., 2010. Overview of biodiversity loss in South America: A landscape perspective for sustainable forest management and conservation in temperate forests. En: Li, C., Laforteza, R., Chen, J. (Eds.), *Landscape ecology and forest management: Challenges and solutions in a changing globe*, Springer, Amsterdam, Holanda, pp. 352-379.
- Martínez Pastur, G., Andrieu, E., Iverson, L., Peri, P.L., 2012a. Agroforestry landscapes and global change: Landscape ecology tools for management and conservation. *Agroforestry Systems* 85(3), 315-318.
- Martínez Pastur, G., Soler, R., Lencinas, M.V., Anderson, C.B., Peri, P.L., Cellini, J.M., Barrera, M., 2012b. Plant conservation in *Nothofagus* forests of Tierra del Fuego: The need for different landscape level analyses. *Actas IUFRO Landscape Ecology Conference*, Concepción, Chile, pp. 88.
- Martínez Pastur, G., Lencinas, M.V., Soler, R., Kreps, G., Schindler, S., Peri, P.L., 2012c. Biodiversity conservation maps using environmental niche factor analysis in *Nothofagus* forests of Tierra del Fuego (Argentina). *Actas IUFRO Landscape Ecology Conference*, Concepción, Chile, pp. 89.
- Martínez Pastur, G., Peri, P.L., Lencinas, M.V., Cellini, J.M., Barrera, M., Soler, R., Ivancich, H., Mestre, L., Moretto, A.S., Anderson, C.B., Pulido, F., 2013a. La producción forestal y la conservación de la biodiversidad en los bosques de *Nothofagus* en Tierra del Fuego y Patagonia Sur. En: Donoso, P., Promis, A. (Eds.), *Silvicultura en bosques nativos: Avances en la investigación en Chile, Argentina y Nueva Zelanda*, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile, pp. 155-179.
- Martínez Pastur, G., Schindler, S., Lencinas, M.V., Peri, P.L., Soler, R., Gamondés Moyano, I., Kreps, G., 2013b. Conservation value of *Nothofagus* forests in Tierra del Fuego: Differences between maps defined by niche factor analysis and Government policies. *Actas VII Southern Connection Congress*, Dunedin, New Zealand, pp. A-23.
- McGarigal, K., Cushman S.A., Ene, E., 2012. *FRAGSTATS v4: Spatial pattern analysis program for categorical and continuous maps*. University of Massachusetts, Amherst, US.
- Peri, P.L., Lencinas, M.V., Martínez Pastur, G., Wardell-Johnson, G., Lasagno, R., 2013. Diversity patterns in the steppe of Argentinean Southern Patagonia: Environmental drivers and impact of grazing. En: Morales Prieto, M.B., Traba Díaz, J. (Eds.), *Steppe ecosystems: Biological diversity, management and restoration*, Nova Science Publishers, New York, USA, pp. 73-95.
- Poirazidis, K., Schindler, S., Kati, V., Martinis, A., Kalivas, D., Kasimiadis, D., Wrba, T., Papageorgiou, A.C., 2011. Conservation of biodiversity in managed forests: developing an adaptive decision support system. En: Li, C., Laforteza, R., Chen, J. (Eds.), *Landscape ecology and forest management: challenges and solutions in a changing globe*. Springer, New York, USA. pp. 380-399.