

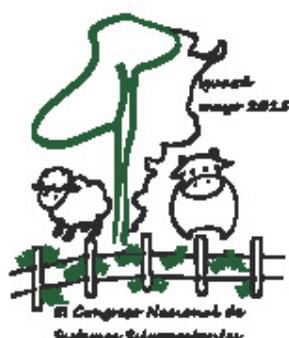


# 3° Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles



# 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

# Monitoreo de copas empleando fotos hemisféricas en raleos de *Nothofagus antarctica* en Tierra del Fuego

G. Martínez Pastur; J.M. Cellini; M.V. Lencinas; R. Soler; H.A. Bahamonde; P.L. Peri. \*

## Resumen

La propuesta de manejo para bosques de *Nothofagus antarctica* es el manejo silvopastoril, que incluye raleos. Sin embargo, no está claro que variables son las más efectivas para cuantificar la influencia de los raleos. El objetivo fue analizar el uso de fotos hemisféricas en monitoreos de largo plazo en bosques raleados en Tierra del Fuego. Se analizaron dos niveles de raleos y un testigo a lo largo de 6 años después de la corta mediante fotos hemisféricas. Se encontraron diferencias significativas en las variables analizadas (cobertura de copas, índice de área foliar relativo y diferentes medidas de radiación) entre tratamientos y años estudiados. El empleo de las fotografías permitió cuantificar la respuesta de las intervenciones silvícolas y el ataque de una plaga (*Ormiscodes amphimone*) frente a diferentes condiciones de rodal (bosques manejados vs. bosques no manejados). El uso de las fotos hemisféricas permitió, en forma económica y rápida, estimar variables que influyen sobre el sotobosque. El empleo de estos indicadores es una herramienta útil para diseñar nuevas estrategias de manejo forestal al predecir la respuesta del canopeo ante diferentes situaciones (e.g., ataque de plagas).

**Palabras clave:** cobertura, índice de área foliar, radiación, plagas, monitoreo.

## Overstory cover monitoring using hemispherical photographs in thinnings of *Nothofagus antarctica* in Tierra del Fuego

### Abstract

The proposals of use for the *Nothofagus antarctica* forests is the silvopastoral management, which includes thinnings. However, it is not clear which variables are the most effective to quantify the thinnings influence. The objective was to analyse the use of hemispherical photographs during long-term monitoring in thinned stands in Tierra del Fuego. Two levels of thinning were studied along six years after cuttings, as well as a control site, using hemispherical photographs. Significant differences were found in the studied variables (crown cover, relative leaf area index and different radiation measurements) between treatments and studied years. The employment of these photographs allows us to quantify the responses of the silvicultural interventions and the insect attack (*Ormiscodes amphimone*) in a wide range of stand conditions (managed vs. unmanaged stands). The use of hemispherical photographs give the chance, both quickly and feasible economically, estimate those variables that directly influence over the understory. The use of these indicators is a powerful tool that allowed developing new forest management strategies, due to they can predict the canopy response in different growth conditions (e.g., insect attack).

**Keywords:** crown cover, leaf area index, radiation, insect plague, monitoring.

\* 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 manejo para bosques de *Nothofagus antarctica* (ñire) en Patagonia Sur es el manejo silvopastoril, que apunta a favorecer las interacciones beneficiosas para lograr un incremento de la producción (Martínez Pastur et al., 2013b). Esta propuesta incluye la apertura del dosel (30% a 60% de cobertura final) para mejorar las pasturas, así como el crecimiento y la calidad maderera de los árboles remanentes (Peri et al., 2012). Al presente, es insuficiente la información acerca de la respuesta de los bosques de ñire ante la realización de este tipo de manejo (e.g., Ivancich et al., 2010; 2012; Peri et al., 2012; 2013; Martínez Pastur et al., 2013a; 2013b), y no está claro que tipo de indicadores son

los más adecuados para efectuar los monitoreos. Trabajos previos, establecieron que el uso de parcelas permanentes permite conocer la evolución y respuesta de los árboles a las intervenciones silvícolas, y frente a eventos naturales (bióticos o abióticos) que puedan afectar su estructura forestal (e.g. plagas) (Martínez Pastur et al., 2013a), así como cuantificar otras variables de alto impacto sobre la productividad del dosel arbóreo y del sotobosque (Bahamonde et al., 2013; 2015). El objetivo de este trabajo fue analizar la efectividad del uso de las fotos hemisféricas en monitoreos de largo plazo (6 años) en un bosque raleado de *Nothofagus antarctica* en la Ea. San Pablo (Tierra del Fuego).

## Materiales y Métodos

La Ea. Cabo San Pablo en la provincia de Tierra del Fuego ha comenzado a manejar sus bosques para integrarlos dentro de un manejo silvopastoril. Dentro de este plan de acciones, se estableció un ensayo experimental de raleos (5 ha) de bosques secundarios (54°15'46"LS 66°59'41"LO) de calidad media (altura media dominante de 10,1 m y 48 años de edad) (Ivancich et al., 2011) durante el invierno del año 2009. En estos bosques secundarios se seleccionaron tres rodales con similares características. Dos de ellos fueron raleados con diferentes intensidades: un raleo fuerte (RF) dejando un área basal (AB) remanente de 12 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>, y un raleo suave (RS) donde el AB remanente fue de 18 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>; mientras que un tercero fue dejado como un bosque control sin intervención (C). Datos de la estructura original y la respuesta durante los primeros años después de la corta han sido previamente informados (Ivancich et al., 2010; Ivancich et al., 2012; Martínez Pastur et al., 2013a).

Para evaluar la evolución de los raleos se estableció un sistema de monitoreo de las copas del dosel remanente, definiendo cinco puntos fijos por tratamiento, homogéneamente distribuidos en los rodales. En cada uno de estos puntos fijos, se tomaron fotos hemisféricas del canopy forestal a 1 m de altura desde el nivel del piso forestal durante seis años en el mes de enero (2010-2015). Las fotos fueron obtenidas mediante el uso de un lente ojo de pescado marca Sigma (Japón) 8 mm montado en un cuerpo de cámara digital de 35 mm marca Nikon (Japón) con un trípode nivelado para asegurar la posición horizontal del lente y la altura. Cada foto fue tomada de modo que la misma estuviera orientada con referencia

al norte magnético. Previo al análisis, las fotos fueron procesadas mediante el software Photoshop (USA) a través del uso de un filtro azul con la herramienta mezclador de canales para disminuir el contraste del cielo y las copas generando una imagen nueva con diferentes tonos de grises. Para el análisis de las fotos se empleó el software Gap Light Analyzer v.2.0 (Robison y McCarthy, 1999) obteniendo: (i) la cobertura de copas (CC) como el porcentaje de canopy forestal en la foto; (ii) el índice de área foliar relativo (IAFR) integrado sobre el zenit considerando un ángulo entre 0° y 60° (Stenberg et al., 1994); (iii) la radiación total transmitida (RT) al nivel del sotobosque, diferenciada entre radiación directa (RDIR) y difusa (RDIF), ambos expresados en términos relativos. El programa fue suplementado con las siguientes variables: (a) una proyección de la distorsión provistas por el fabricante del lente; (b) una grilla de división del cielo compuesta por 20 azimuts y 4 regiones de cenit; (c) una constante de 1367 W.m<sup>2</sup> para la radiación solar que llega a la Tierra y un coeficiente de transmisión de claridad del cielo de 0,6; (d) un índice de nubosidad, fracción espectral y una relación entre la radiación directa y global obtenidos a partir de serie de datos de radiación (años 2004-2005) de la Universidad de Magallanes y la Estación VAG-Ushuaia (Global Atmospheric Watch Station). Las variables obtenidas fueron evaluadas mediante un análisis de la varianza (ANOVA) múltiple, analizando como factores a los tratamientos (C, RS, RF) y los años desde la corta (2010-2015). Se empleó el test de Tukey para comparar las medias con una significancia de p=0,05, utilizando el software Statgraphics (USA).

## Resultados y Discusión

Las ANOVAs presentaron diferencias significativas para todas las variables analizadas para los dos factores (tratamiento y años desde la corta) estudiados (Tabla 1). La cobertura de copas y el IAFR promedio mantuvieron la relación del diseño experimental propuesto ( $C > RS > RF$ ), al igual que las variables de radiación estudiadas que tuvieron una relación inversa ( $C < RS < RF$ ). En promedio para los años estudiados el raleo suave representó una disminución del 11% y el raleo fuerte un 27% de la cobertura canopeo respecto del bosque control, permitiendo incrementar la radiación transmitida al nivel del

sotobosque desde un 26% (C) a un 37% (RS) y un 54% (RF). Esto se refleja claramente en las fotografías obtenidas, presentando en la Fig. 1 una comparación entre el primer y el sexto año después de las intervenciones. Las fotos hemisféricas permitieron capturar las variaciones en las copas de los rodales abarcando toda la esfera celeste incluyendo la mortalidad de individuos o partes de los mismos.

A lo largo de los años estudiados, las intervenciones silvícolas mejoraron los niveles de radiación, y como fuera informado previamente, los niveles de humedad del suelo

**Tabla 1.** ANOVAs para la cobertura de copas (CC), índice de área foliar relativo (IAFR), porcentaje de radiación directa transmitida (TDIR), porcentaje de radiación difusa transmitida (TDIF) y porcentaje de radiación total (RT) analizando los tratamientos de raleo (C: control, RS: raleo suave, RF: raleo fuerte) y los años después de la corta (2010 a 2015).

Factor		CC (%)	IAFR	TDIR (%)	TDIF (%)	RT (%)
A: Tratamiento	C	80,6 c	1,69 c	27,7 a	25,7 a	26,0 a
	RS	71,9 b	1,25 b	38,1 b	37,0 b	37,1 b
	RF	58,5 a	0,73 a	56,1 c	53,2 c	53,6 c
	F	296,26	161,47	110,57	293,26	264,02
	(p)	(<0,001)	(<0,001)	(<0,001)	(<0,001)	(<0,001)
	B: Años	2010	67,0 ab	1,15 ab	45,7 bc	41,7 bc
2011		71,4 c	1,25 abc	40,9 bc	38,1 b	38,6 b
2012		65,5 a	1,03 a	47,4 c	43,2 c	43,9 c
2013		70,3 bc	1,18 ab	38,9 b	38,8 bc	38,7 b
2014		71,6 c	1,27 bc	40,8 bc	37,2 ab	37,8 b
2015		76,1 d	1,45 c	30,2 a	32,8 a	32,2 a
F		16,65	6,75	9,82	10,22	11,33
(p)		(<0,001)	(<0,001)	(<0,001)	(<0,001)	(<0,001)
A x B	F	2,98	1,46	1,66	2,03	1,96
	(p)	(0,003)	(0,172)	(0,108)	(0,042)	(0,051)

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

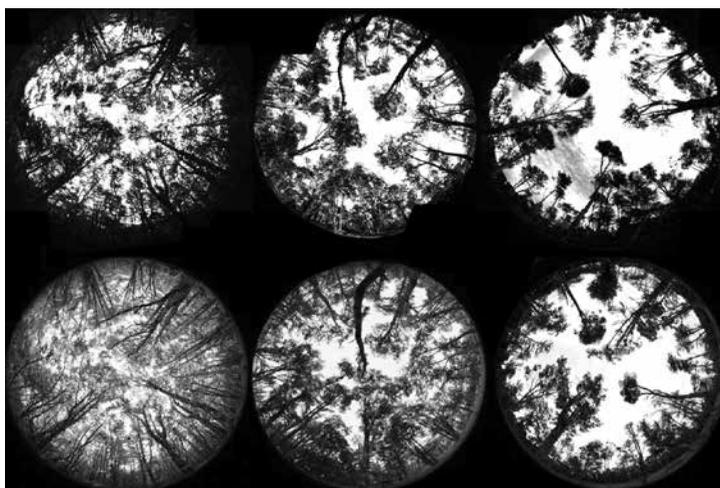


Figura 1. Cobertura de copas en el control, raleo suave y raleo fuerte (de izquierda a derecha) en los años 2010 (arriba) y 2015 (abajo).

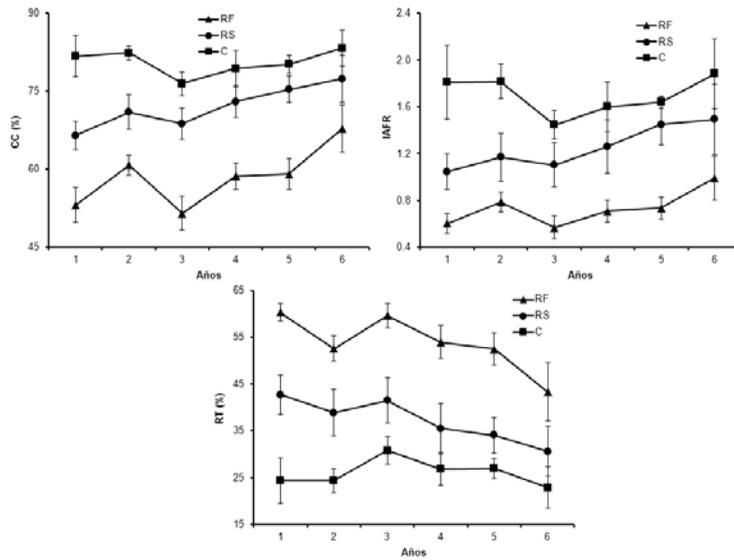


Figura 2. Evolución de la cobertura de copas (CC), índice de área foliar relativo y porcentaje de la radiación total transmitida (RT) en el raleo fuerte (RF), raleo suave (RS) y el control (C) a lo largo de los años después de la corta. Los desvíos son  $\pm$ desviación estándar.

y crecimiento del dosel remanente (Ivancich et al., 2010; 2012; Peri et al., 2012; 2013; Martínez Pastur et al., 2013a; 2013b), cumpliendo con los objetivos del manejo silvopastoril. Sin embargo, eventos naturales como el ataque de plagas pueden influir sobre la dinámica de los bosques naturales y manejados, cuyos efectos podrían perdurar por más de una temporada de crecimiento (Martínez Pastur et al., 2013a). Los bosques estudiados sufrieron un severo ataque de cuncuna defoliadora (*Ormiscodes amphimome*) durante el verano de 2012, que afectó gran parte del canopeo de los árboles. Este ataque quedó reflejado en los ANOVAs realizados (Tabla 1) cuando se compararon los años después de la corta, observando un aumento en CC e IAFR y una disminución de la radiación (RDIR, RDIF y RT) entre 2010 y 2011, seguido de una caída abrupta en CC e IAFR y un aumento de la radiación durante el ataque de cuncuna (año 2012), y de una lenta recuperación (2013 y 2014) que solo llega a los valores iniciales recién durante la presente temporada de crecimiento (año 2015). La evolución promedio para las diferentes variables puede

observarse en la Fig. 2, evidenciando que el efecto de las intervenciones en el raleo fuerte aún no iguala al testigo, mientras que el raleo suave ya presenta valores que se superponen en los desvíos estándar.

Estos efectos descriptos generaron interacciones en el análisis de ANOVAs (Tabla 1) para dos de las variables estudiadas (CC y TDIF) evidenciando que el ataque de la cuncuna y la combinación con los efectos del raleo generaron diferencias en las respuestas esperadas de los diferentes tratamientos. En particular el bosque control presentó un patrón de respuesta diferencial respecto de los bosques intervenidos, lo que explica mayormente las interacciones observadas.

El empleo de fotos hemisféricas permite capturar las variaciones en el dosel remanente a lo largo de los años. Este dosel impacta directamente sobre el sotobosque influyendo sobre su potencial desarrollo y productividad. En este trabajo se analizó la radiación transmitida (en cantidad y calidad), y otros trabajos han puesto en evidencia su influencia sobre la humedad y el aporte de nutrientes (Bahamonde et al., 2013; 2015; Martínez Pastur et al., 2013a; 2013b).

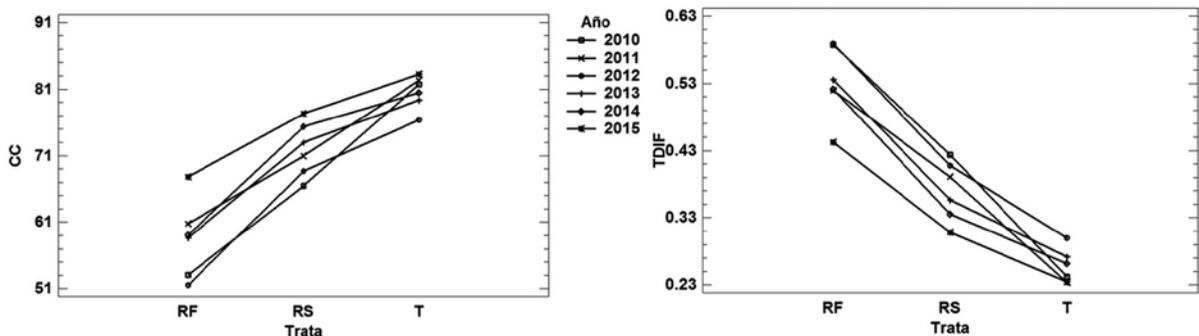


Figura 3. Interacciones observadas en los análisis de ANOVA para la cobertura de copas (CC) y el porcentaje de radiación difusa transmitida (TDIF) en el raleo fuerte (RF), raleo suave (RS) y el control (T) a lo largo de los años después de la corta (2010-2015).

## Conclusiones

El monitoreo de variables de alto impacto en la productividad del sotobosque es imprescindible para poder cuantificar la efectividad y duración de las intervenciones propuestas durante el manejo silvopastoril. El uso de las fotos hemisféricas permite, en forma económica y rápida, estimar estas variables, pudiendo aplicarse en una amplia gama de condiciones de rodal. El empleo de estos indicadores es una herramienta útil para diseñar

nuevas estrategias de manejo forestal al predecir la respuesta del canopeo ante diferentes situaciones (e.g., ataque de plagas). Tener la capacidad de establecer sistemas de monitoreo empleando parcelas de estudio a largo plazo, y definiendo las variables más adecuadas a los objetivos de la producción, permiten obtener resultados confiables para el desarrollo de nuevas propuestas mejoradoras dentro del manejo propuesto.

## Agradecimientos

Al establecimiento agropecuario San Pablo (Tierra del Fuego) por su buena predisposición para la realización de estos ensayos de largo plazo.

## Bibliografía

- Bahamonde, H.A., Peri, P.L., Alvarez, R., Barneix, A., Moretto, A., Martínez Pastur, G., 2013. Silvopastoral use of *Nothofagus antarctica* in Southern Patagonian forests, influence over net nitrogen soil mineralization. *Agroforestry Systems* 87, 259-271.
- Bahamonde, H.A., Peri, P.L., Martínez Pastur, G., Monelos, L., 2015. Litterfall and nutrients return in *Nothofagus antarctica* forests growing in a site quality gradient with different management uses in Southern Patagonia. *European J. Forest Research* 134, 113-124.
- Ivancich, H., Martínez Pastur, G., Peri, P.L., Soler, R., Lencinas, M.V., 2010. Primeros resultados de raleos en bosques de *Nothofagus antarctica* para el manejo silvopastoril en Tierra del Fuego (Argentina). *Actas Primer Congreso Internacional Agroforestal Patagónico*. Coyhaique, Chile, pp. 298.
- Ivancich, H., Martínez Pastur, G., Peri, P.L., 2011. Modelos forzados y no forzados para el cálculo del índice de sitio en bosques de *Nothofagus antarctica*. *Bosque* 32(2), 135-145.
- Ivancich, H., Martínez Pastur, G., Lencinas, M.V., Soler, R., Peri, P.L., 2012. Respuesta del canopeo y crecimiento de *Nothofagus antarctica* bajo manejo silvopastoril. *Actas Segundo Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles*. Santiago del Estero, Argentina, pp. 270-275.
- Ivancich, H., Martínez Pastur, G., Lencinas, M.V., Cellini, J.M., Peri, P.L., 2014. Proposals for *Nothofagus antarctica* diameter growth estimation: Simple vs. global models. *J. Forest Science* 60(8), 307-317.
- Martínez Pastur, G., Cellini, J.M., Franco, G., Soler, R., Lencinas, M.V., Ivancich, H., Peri, P.L., 2013a. Dinámica de copas en bosques raleados de *Nothofagus antarctica* para uso silvopastoril en Tierra del Fuego. *Actas II Jornadas Forestales de Patagonia Sur*. Calafate, Argentina, pp. 101.
- 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., 2013b. 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.
- Peri, P.L., Monelos, L., Martínez Pastur, G., Ivancich, H., 2012. Propuestas de raleo para un bosque de *Nothofagus antarctica* con uso silvopastoril en Santa Cruz. *Actas Segundo Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles*. Santiago del Estero, Argentina, pp. 181.
- Peri, P.L., Monelos, L., Martínez Pastur, G., Ivancich, H., 2013. Raleo en bosque de *Nothofagus antarctica* para uso silvopastoril en Santa Cruz. *Actas II Jornadas Forestales de Patagonia Sur*. Calafate, Argentina, pp. 96.
- Robison, S.A., McCarthy, B.C., 1999. Potential factors affecting the estimation of light availability using hemispherical photography in oak forest understories. *Bull. Torrey Bot. Club* 126, 344-349.
- Stenberg, P., Linder, S., Smolander, H., Flower-Ellis, J., 1994. Performance of the LAI-2000 plant canopy analyzer in estimating leaf area index of some Scots pine stands. *Tree Physiology* 14, 981-995.