

## Capítulo 13

### SISTEMAS SILVOPASTORALES EN BOSQUES DE *Nothofagus antarctica* (G. Forst.) Oerst. Y *Nothofagus pumilio* (Poepp. et Endl.) Krasser EN LA PATAGONIA SUR DE CHILE

Máximo Alonso<sup>1</sup>, Andreas Schmidt<sup>2</sup> y Harald Schmidt<sup>3</sup>

#### RESUMEN

La vocación ganadera y forestal de la región de Magallanes y Antártica Chilena es indiscutible. Entre sus distintos tipos de bosque, aquellos de Ñirre (*Nothofagus antarctica*) y de Lengua (*Nothofagus pumilio*) constituyen un recurso importante para la ganadería regional por el alimento y abrigo que ofrecen al ganado.

Gran parte de estos bosques se encuentran en zonas de contacto con praderas, en terrenos ubicados a menos de 400 m de altitud y con pendientes menores al 30%, lo que los hace accesibles al pastoreo gran parte del año. Apesar de ello, las interacciones entre la estrata arbórea, herbácea y el componente animal no han sido suficientemente estudiadas, desconociéndose el real efecto del pastoreo sobre la regeneración del bosque. Este desconocimiento ha ocasionado que aún no exista una normativa que regule el uso silvopastoral de los bosques en la región.

Diversos proyectos han permitido estudiar los sistemas silvopastorales en bosques de ñirre y de lenga en Magallanes. Los resultados confirman el valor de estos bosques y demuestran que la presencia de una estrata arbórea produce un fuerte aumento en la disponibilidad de forraje, prolonga la curva de crecimiento de la pradera asociada a ésta e influye favorablemente en el comportamiento animal, no sólo por la mayor disponibilidad de alimento, sino también por las mejores condiciones ambientales que le permiten a los animales ahorrar energía que utilizarían en termorregulación, para destinarla a producción.

Los resultados también demuestran que especies herbáceas de alto valor forrajero, como *Dactylis glomerata*, *Trifolium repens*, *Holcus lanatus*, entre otras, se ven favorecidas por la protección que proporciona el dosel arbóreo, mientras que malezas de relevancia regional como *Hieracium pilosella* y *Rumex acetosella* son más frecuentes en condiciones de praderas abiertas.

La regeneración de la estrata arbórea está fuertemente influenciada por la radiación que llega al suelo del bosque. El pastoreo, por su parte, no elimina la regeneración de los árboles, pero retrasa su crecimiento por el fuerte ramoneo de los brotes de la temporada.

Un mayor estudio de los sistemas silvopastorales en Magallanes permitirá la formulación de pautas de manejo silvopastoral que se adecuen a la realidad regional, aumentando la productividad ganadera y forestal y la diversidad de bienes y servicios ecológicos, recuperando aquellos ecosistemas degradados y perpetuando los sistemas silvopastorales en la región.

**Palabras clave:** Silvopastoral, *Nothofagus*, Patagonia, Magallanes

1 Ingeniero Agrónomo, Ph. D. Instituto de Producción Animal, Universidad Austral de Chile maximo.alonso@uach.cl

2 Ingeniero Forestal, Dr. BIO+ Consultores Ltda.

3 Ingeniero Forestal, Dr.

## SUMMARY

The Magallanes and Chilean Antarctica Region has a forestry and livestock vocation. Among its different types of forests, those of ñirre (*Nothofagus antarctica*) and lenga (*Nothofagus pumilio*) constitute an important resource for the regional livestock due to the food and protection that they offer to the cattle. An important part of these forests are at the contact zone with prairies, at sites located under 400 m of altitude and slopes up to 30%, what make them accessible to the cattle year around. However, tree, grass and animal interactions have not sufficiently studied, and the real effect of grazing on tree regeneration is not known yet. This is the reason why there are not regulations for the silvopastoral use of the forests at the region.

Different funded projects allowed studying silvopastoral systems on ñirre and lenga in Magallanes. Results confirm the great value of these forests and demonstrate that a tree cover increases the forage production and the growth curve of the prairie associated to it. The effect in the animal performance is favorable not only by an increase in the food availability, but also by the improved environmental conditions that allow animals to save the energy used for thermoregulation and destine it for production.

Results also demonstrate that high fodder value species as *Dactylis glomerata*, *Trifolium repens*, *Holcus lanatus*, among others, are favored by the protection by the tree canopy, whereas weeds of regional relevance as *Hieracium pilosella* and *Rumex acetosella* are more frequently found in open grasslands. Tree regeneration is strongly influenced by radiation at the ground level. Grazing does not suppress tree regeneration, but delays growth due a heavy browse of the regrowth of the season. Studies of silvopastoral systems in Magallanes would allow the formulation of silvopastoral schemes suitable to the local reality, increasing the forestry and livestock productivity as well as the diversity of ecological goods and services, restoring degraded ecosystems and perpetuating the silvopastoral systems at the region.

**Keywords:** Silvopastoral systems, *Nothofagus*, Patagonia, Magallanes

## INTRODUCCIÓN

En la región de Magallanes y de la Antártica Chilena existen aproximadamente 3,2 millones de hectáreas destinadas a la actividad ganadera, siendo la producción ovina, que nace junto a la colonización de la Patagonia, la más representativa de la región. Esta actividad se desarrolla en forma extensiva y con técnicas de manejo marcadamente tradicionales. Algo similar ocurre con la ganadería bovina, introducida a la región en años posteriores y que, junto a la ganadería ovina, se sustenta en el pastoreo directo de las praderas naturales.

Según datos del Censo Agropecuario (INE, 2007) en la región existen 1.255 predios con actividad agropecuaria y forestal, y la masa ganadera alcanza a los 2.205.270 ovinos y 141.759 bovinos. Estas cifras dan cuenta de una disminución en los casi 3 millones de ovinos y un aumento en los 126.000 bovinos que habían en la región en 1975. Al año 2010 las exportaciones del sector pecuario, mayoritariamente carne y lana, alcanzaron los US\$ 65,3 millones.

Algunas estimaciones indican que desde el inicio de la colonización y hasta mediados del siglo pasado se eliminaron aproximadamente 300.000 ha de bosques mediante el uso del fuego, para habilitar terrenos para establecer praderas. Hoy estas praderas, por su alta productividad,

son fundamentales para la actividad ganadera en la región y cubren una superficie cercana a las 200.000 ha, principalmente en los sectores de Skyring, Río Rubens, Agua Fresca, Isla Riesco y en la costa del seno de Almirantazgo en Tierra del Fuego.

La actividad ganadera regional, sin embargo, no se limita únicamente a las praderas, sino que también aprovecha las condiciones de abrigo y el alimento que ofrecen los bosques ubicados en las zonas de contacto con el pastizal. Además, una parte de las praderas establecidas durante la colonización en las zonas de contacto con los bosques se cubrieron nuevamente con renovales de ñirre y de lenga, en una superficie que bordea las 100.000 ha.

En la actualidad, prácticamente la totalidad de estos bosques y renovales o bosques secundarios no están siendo manejados con criterios silvícolas y una gran parte de ellos está siendo sometida a un uso ganadero marginal. El uso para pastoreo de los bosques de ñirre y de lenga sin criterios silvopastorales pone en riesgo la conservación del bosque y subutiliza el potencial productivo de la pradera, lo que se traduce en menores beneficios económicos para los productores de Magallanes.

La implementación de esquemas de manejo silvopastoral adecuados a la realidad regional permitiría hacer estos bosques más productivos, mejorando la calidad de los productos madereros y ganaderos a obtener, así como perpetuar en el tiempo la provisión de otros innumerables bienes y servicios que proporcionan estos bosques a la región.

### **Bosques de Ñirre y de Lenga**

Los bosques de ñirre (*Nothofagus antarctica* (G.Forst.) Oerst.) corresponden a ecosistemas xerofíticos con precipitaciones anuales entre 300 a 500 mm. Se desarrollan en una amplia gama de condiciones edafoclimáticas, desde suelos con problemas de drenaje a bajas y altas altitudes, sitios expuestos con sustratos inestables, depresiones frías, suelos secos y delgados, hasta las zonas de contacto con la estepa patagónica (Veblen *et al.*, 1996).

Sin embargo, aproximadamente el 60% de la superficie de estos bosques en la región se encuentra en terrenos ubicados a menos de 400 m de altitud y con pendientes menores al 30%, lo que los hace accesibles al pastoreo gran parte del año.

A pesar de lo anterior, los bosques de ñirre son considerados un subtipo forestal del tipo lenga y no existe una normativa que regule su manejo. En consecuencia, se está produciendo un deterioro paulatino de estos bosques, el que se refleja en la degradación de la estrata herbácea y en la dificultad para renovar la estrata arbórea, poniendo en riesgo la perpetuación de estos bosques.



**Figura N° 1**  
**GANADO VACUNO EN UN SISTEMA SILVOPASTORAL DE USO TRADICIONAL**

La madera de los bosques de ñirre no se explota comercialmente, obteniéndose de ellos principalmente leña y postes para el autoconsumo en las estancias. Sin embargo, estos bosques son muy apreciados tanto en Chile como en Argentina por su uso ganadero y por su alto valor ecológico y paisajístico.

De acuerdo a la actualización del Catastro y Evaluación de Recursos Vegetacionales de Chile realizado por CONAF en el año 2008, en la región los bosques de ñirre abarcan una superficie de 220.045 ha.

Los bosques de lenga (*Nothofagus pumilio* (Poepp. & Endl.) Krasser) se encuentran entre el nivel del mar y los 2.000 msnm en un amplio rango de distribución por sobre los 400 mm de precipitación, formando bosques puros de gran extensión o asociados con ñirre (Veblen *et al.*, 1996). A diferencia de los bosques de ñirre, su madera se explota comercialmente en forma exitosa en la región.

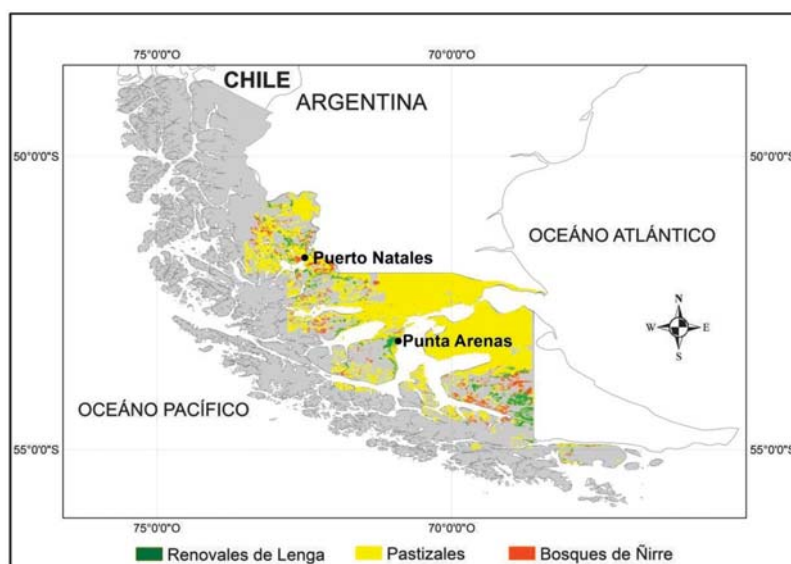
A pesar de la importancia de los bosques de ñirre y de lenga, son pocos los estudios que se han realizado sobre ellos, por lo que poco se sabe de su dinámica, de sus procesos de regeneración, de los manejos silviculturales necesarios para estimular su establecimiento y desarrollo y de las densidades arbóreas requeridas para favorecer la producción de la estrata herbácea y el pastoreo.

### **Sistemas Silvopastorales**

La actividad ganadera de la región se sustenta en la capacidad productiva de praderas naturales, las que en su mayoría constituyen ecosistemas frágiles debido a que presentan suelos delgados y de baja fertilidad, en zonas de baja pluviometría, vientos intensos y altas tasas de evapotranspiración.

La implementación de sistemas extensivos de producción ha sido acompañada, en muchos casos, con un deterioro de las praderas y la disminución de su capacidad sustentadora del ganado, debido a una utilización prolongada con cargas animales superiores a las óptimas (MINAGRI, 2012). Según el SAG (2003, 2004a y 2004b), un 61,5% de las praderas de la región presentan una condición productiva “pobre”.

Las praderas que sustentan la ganadería en la región se encuentran formando un mosaico con formaciones boscosas, principalmente de ñirre y de lenga (Figura N° 2). Esto se traduce en una presión talajera permanente sobre este tipo de bosques por parte del ganado y los animales silvestres (MINAGRI, 2012).



**Figura N° 2**  
**DISTRIBUCIÓN DE PASTIZALES Y BOSQUES DE ÑIRRE Y DE LENGA**  
**EN LA REGIÓN DE MAGALLANES**

Experiencias de manejo silvopastoral a nivel internacional (Bahamonde *et al.*, 2012; Barnes *et al.*, 2011; Benavides *et al.*, 2009; Peri, 2005; Peri, 2008; Peri, 2009) han demostrado que la presencia de una estrata arbórea produce un fuerte aumento en la disponibilidad de forraje, prolonga la curva de crecimiento de la pradera asociada a ésta e influye favorablemente en el comportamiento animal, no sólo por la mayor disponibilidad de alimento, sino también por las mejores condiciones ambientales que le permiten a los animales ahorrar energía, que de otro modo utilizarían en termorregulación, para destinarla a producción.

Otro de los efectos medidos es el ahorro significativo en el consumo de agua de bebida de los animales, debido a las condiciones ambientales favorables dentro del bosque. Sin embargo, existen pocos trabajos que aborden la ecología de los bosques de ñirre y de los renovales de ñirre y de lenga y su interacción con el ganado, siendo éste uno de los obstáculos para su manejo silvopastoral y el freno a su degradación.

Ensayos de manejo silvopastoral realizados en las provincias de Magallanes y de Última Esperanza, tanto en bosques de ñirre como de lenga (Schmidt, 2008; Schmidt *et al.*, 2013a y 2013b; Schmidt y Alonso, 2016), confirman lo valioso de estos bosques y las ventajas de su manejo con criterios silvopastorales.

Sin embargo, aún falta estudiar el sistema silvopastoral en forma integral, estudiar la dinámica bosque-pradera-ganado en cuanto al potencial productivo de la estrata herbácea, al ajuste estacional de cargas animales y a la regeneración natural del bosque, para desarrollar esquemas de manejo que permitan asegurar la provisión de bienes y servicios y la perpetuación de los bosques Magallánicos.

La implementación de sistemas silvopastorales en los bosques de ñirre y de lenga se traduciría en múltiples beneficios, como son la incorporación de extensas superficies subutilizadas a la actividad económica regional, la diversificación productiva de los bosques y el aumento de la superficie de praderas disponibles para la ganadería.

## **OBJETIVOS**

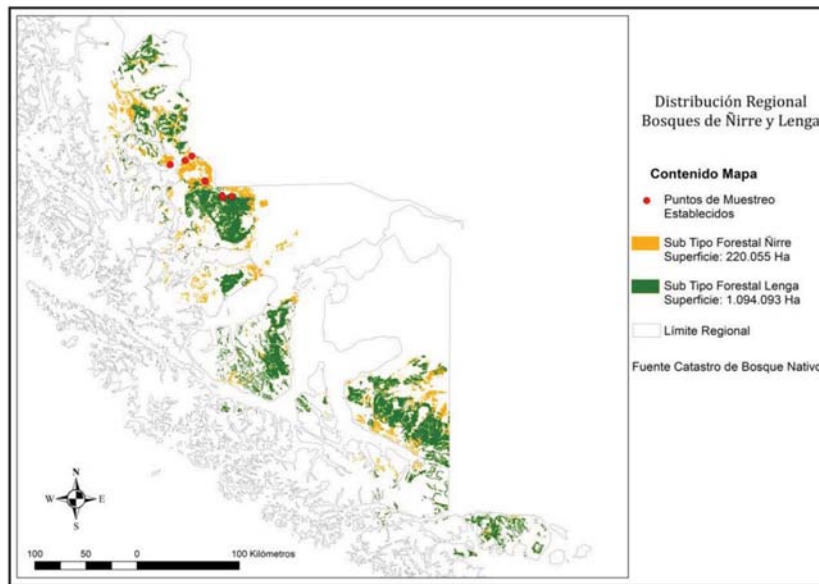
El trabajo que origina este capítulo tuvo por objetivo el estudio de la interacción entre los componentes arbóreo-arbustivo, pratense y animal, en los bosques de ñirre y de lenga de la región de Magallanes y Antártica Chilena, de modo de generar el conocimiento necesario para formular pautas de manejo silvopastoral que se adecuen a la realidad regional, aumentando la productividad ganadera y forestal y la diversidad de bienes y servicios ecológicos, recuperando ecosistemas degradados y perpetuando los bosques de ñirre y lenga de la región.

## **MATERIAL Y MÉTODO**

### **Descripción de los Ensayos**

El estudio se llevó a cabo en 5 diferentes predios en un transecto de aproximadamente 80 km entre el Río Rubens por el Sur y la Península de Antonio Varas por el Norte (Figura N° 3).

De Sur a Norte, el ensayo en lenga se estableció en el predio Monte Alto, mientras que los ensayos en ñirre fueron establecidos en los predios Tranquilo, El Palenque, Los Cerritos y Antonio Varas. En cada uno de los ensayos se evaluaron distintos componentes del sistema silvopastoral.



**Figura N° 3**  
**UBICACIÓN DE LOS SITIOS DE MUESTREO**

#### - **Monte Alto**

Corresponde a un renoval puro de lenga de 60 años de edad, que no ha sido sometido a intervenciones de manejo silvicultural, con una densidad de 7.300 árboles por hectárea. La altura promedio de los árboles del renoval alcanza los 14 m, mientras que los individuos en la fase fustal alcanzan los 22 m. Este renoval se originó después de que el bosque original fuera cosechado durante la década de los 50.

En Monte Alto se establecieron 4 tratamientos en el año 2009: Un testigo, un raleo a 1.000 árboles  $\text{ha}^{-1}$ , un raleo a 600 árboles  $\text{ha}^{-1}$  y una pradera sin árboles. En ellos se estudió el efecto de la cobertura arbórea en la estrata herbácea. De acuerdo a los datos entregados por una estación meteorológica ubicada en el ensayo, las precipitaciones bordean los 600 mm anuales.

#### - **Tranquilo**

Corresponde a un bosque puro de ñirre, con una altura de los árboles dominantes de 13 m, históricamente sometido a pastoreo. En el predio se establecieron cuatro exclusiones de 900  $\text{m}^2$  cada una en el año 2006, para niveles de cobertura arbórea alta (>75%), media (51-75%) y baja (26-50%) y sin cobertura arbórea.

En este ensayo se evaluó el estado de la regeneración de ñirre bajo distintas niveles de cobertura arbórea, con y sin ganado. En las zonas bajo pastoreo, se instalaron exclusiones individuales (jaulas) para estudiar la regeneración de los árboles. De acuerdo a la información climática disponible en la base de datos de WorldClim ([www.worldclim.org](http://www.worldclim.org)), las precipitaciones en el sector donde se ubica el ensayo bordean los 431 mm anuales.

#### **- El Palenque**

Corresponde a un sector con bosques puros de ñirre, con una altura de los árboles dominantes de 8 m. Gran parte de los bosques en esta área fueron quemados durante la primera mitad del siglo XX para habilitar praderas para la ganadería.

Actualmente, el sitio del ensayo es sometido a pastoreo por ganado bovino y guanacos. De acuerdo a la información climática disponible en la base de datos de WorldClim ([www.worldclim.org](http://www.worldclim.org)), las precipitaciones en el sector bajo estudio alcanzan los 416 mm anuales.

#### **- Los Cerritos**

Corresponde a un sector con bosques puros de ñirre, con una altura de los árboles dominantes de 5 m. En el pasado, este predio ha sido sometido a pastoreo ovino y bovino. En la actualidad se pastorea con ganado bovino.

En el predio se han realizado distintos manejo históricos, por lo que es posible encontrar renovales en estado de latizal, sectores de bosque abierto con coberturas arbóreas menores a 30%, praderas arboladas y sectores con fajas. De acuerdo a la información climática disponible en la base de datos de WorldClim ([www.worldclim.org](http://www.worldclim.org)), las precipitaciones en el sector donde se ubica el ensayo alcanzan los 398 mm anuales.

#### **- Antonio Varas**

Corresponde a un renoval denso de ñirre, con una abundante estrata arbustiva, que se originó a partir de incendios en la primera mitad del siglo XX. En el año 2005 se establecieron cuatro tratamientos de 1 ha: Un testigo, una tala rasa, fajas alternas de ancho variable y un raleo en el que se eliminó el 40% del área basal, bajando de 1.830 a 560 árboles por hectárea, dejando un 40% de cobertura arbórea.

Desde su establecimiento el año 2005, la superficie de este ensayo no ha sido sometida a pastoreo. De acuerdo a la información climática disponible en la base de datos de WorldClim ([www.worldclim.org](http://www.worldclim.org)), las precipitaciones en el sector donde se ubica el ensayo bordean los 486 mm anuales.

### **Descripción del Suelo en los Ensayos**

Los suelos de los sitios de muestreo se desarrollan en un relieve plano a ligeramente inclinado y han evolucionado a partir de materiales fluvio-glacio-volcánicos. En general, estos suelos se caracterizan por presentar un drenaje imperfecto provocado por un abrupto cambio textural o bien por la presencia de capas compactadas entre los 40 y 60 cm de profundidad. El subsuelo (Horizontes C), generalmente compacto, está constituido por till glaciar. Figuras redoximórficas características de drenajes impedidos son frecuentes de observar en los horizontes sub-superficiales C. Esto último, es más notorio en las localidades de mayor precipitación.

Los perfiles de suelos en los sitios de muestreo son similares en cuanto a los horizontes y sus espesores promedio. En los distintos sitios de muestreo los horizontes A y Ap son poco profundos, variando entre los 5 y 8 cm de espesor. Los horizontes sub-superficiales AB o B son poco evolucionados (Bw), presentan espesores entre 20 y 35 cm, y generalmente constituyen el

límite para el desarrollo radicular de la vegetación arbórea. Las texturas en general varían desde franco a franco-arenosas, aumentando en el caso de Antonio Varas el contenido de arcillas en profundidad (horizonte C). Este tipo de texturas hace inferir que los suelos presentan una buena permeabilidad.

Los suelos son fuertemente a moderadamente ácidos presentando valores de pH ( $H_2O$  1:1) entre 4,6 y 6,1. El contenido de materia orgánica del suelo sigue una tendencia normal con una marcada disminución en profundidad en todas las situaciones y coberturas analizadas. Diferencias entre los sitios de estudio son perceptibles al comparar condiciones más áridas (Palenque y Cerritos) con las de mayor precipitación efectiva (Tranquilo y Antonio Varas). En estas últimas, los contenidos de materia orgánica en superficie son notablemente mayores.

Los sectores de Antonio Varas y Tranquilo presentan los mayores contenidos de NPK aprovechables, preferentemente en los primeros 10 cm de suelo y con tendencias a una disminución en profundidad. Las coberturas medias y bajas tienden a presentar mayores concentraciones de NPK aprovechables. El N aprovechable sigue una tendencia en función de los contenidos de materia orgánica. El N aprovechable en los ensayos corresponde a un nivel medio (25-50 ppm). En términos de P aprovechable, éste tiende a presentarse mayoritariamente en niveles bajos (7-15 ppm) a muy bajos (<7 ppm). Sólo en los primeros 10 cm del suelo en Tranquilo, el P aprovechable está en cantidades adecuadas para el óptimo crecimiento de la vegetación. El K aprovechable no es un elemento limitante, encontrándose en general niveles altos de este elemento (>50 ppm).

### **Descripción de la Cobertura Arbórea y Radiación Global en los Ensayos**

Cada sitio de muestreo se caracterizó en términos de la cobertura de copas y la radiación global disponible bajo el dosel arbóreo (Figura N° 4). La cobertura arbórea y la radiación disponible bajo el dosel arbóreo se determinaron mediante el uso de fotografías hemisféricas.



**Figura N° 4**

**FOTOGRAFÍAS HEMISFÉRICAS EN RALEO ANTONIO VARAS (IZQUIERDA) Y FAJAS CERRITOS (DERECHA)**

Las fotografías se tomaron en forma sistemática a intervalos de 30 m en transectos paralelos separados 20 m unos de otros. Las fotografías se tomaron a 1,2 m de altura desde el suelo, en condiciones de cielo cubierto siguiendo los protocolos del fabricante del equipo CoolPix 5400, Nikon®, Japan (Delta-T Devices Ltd., United Kingdom). Posteriormente, las

fotografías fueron procesadas mediante el software Hemiview® 2.1 (Delta-T Devices Ltd., United Kingdom). La cobertura arbórea corresponde a la superficie de dosel proyectada verticalmente por unidad de superficie del suelo. El cielo visible corresponde a la proporción de cielo visible en un determinado sector del cielo relativo a su contribución al hemisferio celeste completo. La radiación global corresponde a la suma de la fracción de radiación difusa e indirecta que llega a cada sitio respecto a la que llegaría a un sitio equivalente a cielo abierto, teniendo en cuenta la latitud del sitio (Valladares y Guzmán, 2006).

## Bosques de Ñirre

### - Caracterización de la Regeneración de la Estrata Arbórea

#### Regeneración Natural en Fajas

En un sector con Fajas del Predio Los Cerritos, se establecieron transectos cada 30 m en los que se utilizaron cuadrantes de muestro de 1 m<sup>2</sup> cada 6 m en el interior del bosque y en la orilla, centro y extremo opuesto de las fajas, siguiendo la dirección del viento según la descripción de la Figura N° 5. A partir de los resultados obtenidos, se logró identificar una tendencia en la ocurrencia de la regeneración natural de ñirre en sectores abiertos.



Figura N° 5  
MUESTREO DE REGENERACIÓN EN SECTOR CON FAJAS

#### Regeneración en Bosques

Se realizaron barridos en todos los sitios de muestreo, tanto en sectores de raleo como de tala rasa, en busca de regeneración natural y tocones con rebrote. En cada punto donde se verificó la presencia de regeneración, se tomó una fotografía hemisférica, se georreferenció y se registraron las condiciones de cobertura arbórea y radiación global bajo las cuales se establece y prospera la regeneración (Figura N° 6).



**Figura N° 6**  
**REGENERACIÓN NATURAL EN FAJAS (IZQUIERDA) Y EN RALEO (DERECHA)**

### Regeneración en Función de los Vientos Predominantes

La región de Magallanes está sometida a intensos vientos cuya dirección predominante es el Oeste. De acuerdo al estudio sobre la Matriz Energética de Magallanes (CERE, 2015), los vientos alcanzan velocidades de  $6 \text{ m s}^{-1}$  a  $20 \text{ m}$  sobre el nivel del suelo (msns), en las cercanías de Puerto Natales. De acuerdo a los resultados obtenidos en Programa de Investigación Ensayo de Manejo Silvopastoral en Renovales de Lengua (Schmidt *et al.*, 2013b), la dirección sería predominantemente Sur Oeste, con velocidades promedio de  $2,3 \text{ m s}^{-1}$  a  $2 \text{ msns}$ . Esto es de gran importancia para entender el patrón de dispersión de semillas y regeneración.

#### - **Caracterización de la Estrata Arbustiva**

Para caracterizar la estrata arbustiva, en cada uno de los ensayos se establecieron 4 parcelas de  $600 \text{ m}^2$  ( $20 \times 30 \text{ m}$ ), distribuidas en forma sistemática a lo largo de la superficie. En cada parcela se registró la cantidad y la altura de las distintas especies arbustivas presentes.

#### - **Caracterización de la Estrata Herbácea**

En cada sector estudiado se realizaron muestreos sistemáticos de la estrata herbácea mediante transectos en los cuales se establecieron cuadrantes de muestreo de  $1 \text{ m}^2$  cada  $15 \text{ m}$ . En cada cuadrante se registró el porcentaje de suelo desnudo, mantillo y cubierta vegetal. Adicionalmente, se determinó la composición botánica de la estrata herbácea de cada cuadrante. Para determinar la productividad se cosecharon los cuadrantes y se determinó su peso fresco en terreno. Las muestras fueron secadas en un horno a  $65 \text{ }^{\circ}\text{C}$  hasta alcanzar peso constante, para determinar su contenido de humedad y así determinar el rendimiento en materia seca (MS) de la estrata herbácea en cada uno de los ensayos (Figura N° 7).



Figura N° 7

**CARACTERIZACIÓN DE LA ESTRATA HERBÁCEA Y COSECHA DE BIOMASA PARA ESTIMAR RENDIMIENTO**

#### **- Establecimiento de Exclusiones**

En los ensayos bajo pastoreo se instalaron exclusiones individuales (jaulas de 1 m<sup>2</sup>), tanto para proteger la regeneración como la pradera de la defoliación por parte de los animales. Estas jaulas se utilizaron para medir el crecimiento anual de los árboles y la producción de MS de la pradera (Figura N° 8).



Figura N° 8

**JAULAS INDIVIDUALES PARA PROTECCIÓN DE REGENERACIÓN (IZQUIERDA) Y PRADERA (DERECHA)**

### **Renovales de Lengua**

#### **- Caracterización del Efecto del Raleo del Dosel Arbóreo en la Radiación Disponible**

La densidad y distribución de la cobertura de copas influye directamente sobre la cantidad, calidad y distribución espacial y temporal de la radiación solar disponible a nivel del suelo, la que a su vez influye en la regeneración del bosque y en el rendimiento y composición de la estrata herbácea.

Para analizar el efecto del raleo de los árboles sobre la cobertura del dosel arbóreo y el crecimiento de la estrata herbácea, se tomaron en forma sistemática 10 fotografías hemisféricas en cada tratamiento. Las fotografías permitieron cuantificar el porcentaje de cobertura, el índice área foliar y la radiación global disponible para el desarrollo de la pradera en cada tratamiento.

Las fotografías hemisféricas fueron analizadas mediante el software HemiView® y los resultados fueron procesados con el software estadístico Spss 13.0. En el Cuadro N° 1 se entregan los resultados del análisis de las fotografías hemisféricas obtenidas en los distintos ensayos.

#### **- Caracterización de la Estrata Herbácea**

Dada la heterogeneidad del área de estudio respecto a la estrata herbácea, se estableció una metodología sistemática de muestreo. En cada tratamiento se determinaron 3 sectores representativos. En cada sector se estableció un transecto de 20 m de largo sobre el cual se distribuyeron 2 cuadrantes de 0,25 m<sup>2</sup> a los 5 y 15 m.

En cada cuadrante se evaluó visualmente la presencia de suelo desnudo, mantillo y material vegetal, correspondiente a la estrata herbácea. La estrata herbácea se caracterizó en función del porcentaje de cobertura de cada especie presente.

La producción de materia seca de la estrata herbácea fue evaluada a partir de la cosecha del material vegetal de cada uno de los cuadrantes en los que se evaluó la cobertura herbácea. El material recolectado fue pesado en fresco en una balanza de campo. Posteriormente fue secado a 65° C en una estufa de aire forzado hasta que alcanzó un peso constante y pesado nuevamente para determinar su contenido de humedad y rendimiento de MS.

Con el objetivo evaluar el potencial de la estrata herbácea del sotobosque del renoval manejado con fines silvopastorales en el proceso de engorda de ganado, al final del estudio, el ensayo en Monte Alto se sometió a pastoreo con 5 vaquillas de raza Hereford. Los animales ingresaron al ensayo el día 19 de enero de 2013 y se retiraron el 18 de febrero del mismo año.

## **RESULTADOS**

### **Bosques de Ñirre**

#### **- Cobertura Arbórea de los Sectores Estudiados**

Los sectores estudiados corresponden mayoritariamente a bosques abiertos (26-50% cobertura arbórea) y semidensos (51-75% de cobertura arbórea). Algunos de los sectores estudiados, si bien presentan árboles y en algunos casos abundante regeneración, no clasifican en la categoría de bosques, ya que presentan coberturas arbóreas muy bajas (<20%), constituyendo praderas arboladas tipo sabanas (Figura N° 9). Es precisamente en las condiciones más abiertas donde se concentra la actividad ganadera.



**Figura N° 9**  
**BOSQUE SEMIDENSO (IZQUIERDA), ABIERTO (CENTRO) Y PRADERA ARBOLADA (DERECHA)**

En el Cuadro N° 1 se entregan los resultados de la cobertura arbórea, cielo visible y radiación global disponible bajo dosel (GSF) de los sectores bajo estudio.

**Cuadro N° 1**  
**COBERTURA ARBÓREA, CIELO VISIBLE Y RADIACIÓN GLOBAL DISPONIBLE BAJO DOSEL EN LOS SECTORES ESTUDIADOS**

| Sector                     | Categoría*       | Cobertura arbórea (%) | Cielo Visible (%) | GSF (%) |
|----------------------------|------------------|-----------------------|-------------------|---------|
| Tranquilo – Densidad Alta  | Bosque semidenso | 54,1                  | 21,5              | 26,9    |
| Tranquilo – Densidad Media | Bosque abierto   | 44,1                  | 27,9              | 37,4    |
| Tranquilo – Densidad Baja  | Bosque abierto   | 32,3                  | 58,7              | 59,4    |
| Tranquilo – Sin cobertura  | Pradera arbolada | 0,2                   | 91,0              | 99,0    |
| Antonio Varas – Raleo      | Bosque abierto   | 40,1                  | 45,1              | 49,8    |
| Antonio Varas – Faja       | Pradera arbolada | 16,8                  | 70,9              | 75,6    |
| Antonio Varas – Tala rasa  | Pradera arbolada | 1,6                   | 91,5              | 96,4    |
| Antonio Varas – Testigo    | Bosque semidenso | 57,4                  | 28,4              | 31,7    |
| Cerritos Faja              | Pradera arbolada | 0,7                   | 84,3              | 95,2    |
| Cerritos Ralo              | Pradera arbolada | 0,8                   | 84,7              | 94,9    |
| Cerritos Inter-Faja        | Bosque abierto   | 47,4                  | 37,2              | 39,0    |
| Palenque                   | Bosque abierto   | 38,9                  | 42,1              | 46,9    |

\* Bosque semidenso: 51-75% cobertura arbórea;  
Bosque abierto: 26-50% cobertura arbórea;  
Pradera arbolada tipo sabana: 0-25% cobertura arbórea

#### - **Estabilidad del Dosel Arbóreo Post Raleo**

La estabilidad del dosel arbóreo post raleo se estudió en el ensayo de Península Antonio Varas. Tras casi 10 años desde el establecimiento del ensayo no se encontraron árboles muertos o quebrados por acción del viento. Tampoco se encontraron diferencias significativas en la cobertura del dosel arbóreo y por ende en la radiación global disponible entre los años 2005 y 2015 (Cuadro N° 2).

**Cuadro N° 2**  
**ESTABILIDAD DEL DOSEL ARBÓREO EN ENSAYO RALEO**

| Bosque          | Densidad<br>(arb ha <sup>-1</sup> ) | Cobertura de Copas<br>(%) | Radiación Global<br>Disponible<br>(%) |
|-----------------|-------------------------------------|---------------------------|---------------------------------------|
| Bosque original | 1.830                               | 57                        | 36,7                                  |
| Raleo año 2005  | 560                                 | 41                        | 48,2                                  |
| Raleo año 2015  | 554                                 | 40                        | 49,8                                  |

\* La radiación global disponible fue medida a 1,2 m del suelo

#### - Riqueza de Especies Herbáceas

La pradera resultó ser la condición con mayor riqueza, con un total de 30 de especies herbáceas. En la estrata herbácea del bosque abierto y del bosque semidenso se encontraron un total de 24 y 23 especies, respectivamente (Cuadro N° 3).

#### - Cobertura de Especies Herbáceas

El porcentaje de suelo desnudo, mantillo y cobertura de las distintas especies herbáceas asociadas a los bosques de ñirre se muestra en el Cuadro N° 3. Sólo se detectó suelo desnudo en el bosque semidenso (1,56%). El mantillo, que corresponde a material en descomposición, alcanzó un 10,6, 13,9 y 6.7% de la superficie en el bosque semidenso, bosque abierto y pradera, respectivamente.

En el bosque semidenso, la mayor cobertura está dada por *Trifolium repens* (17,6%), *Blechnum penna-marina* (15,3%) y *Festuca rubra* (11,9%). Otras especies de importancia forrajera presentan baja cobertura, como es el caso de *Festuca arundinacea* (2,8%), *Holcus lanatus* (2,5%) y *Festuca magellanica* (2,1%).

En bosques abiertos *Trifolium repens* representa el 20,2% de la cobertura vegetal. Otras especies de valor forrajero son *Festuca arundinacea* (8,1%), *Holcus lanatus* (6,9%) y *Festuca magellanica* (3,2%).

En praderas abiertas, la cobertura herbácea está dominada por *Festuca arundinacea* (28,5%). Con menor cobertura destacan *Trifolium repens* (9,8%), *Festuca rubra* (6,7%), *Agrostis spp.* (4,6%), *Festuca magellanica* (3,1%) y *Holcus lanatus* (2,6%). Un aspecto importante es el alto nivel de cobertura que alcanza *Hieracium pilosella* (7,9%) en la pradera.

Al analizar la cobertura de especies herbáceas según condición y valor forrajero, se puede apreciar que aquellas especies de mejor calidad nutricional presentan una mayor cobertura en bosques abiertos. Tal es el caso de *Trifolium repens*, *Dactylis glomerata*, *Holcus lanatus* y *Poa pratensis* (Figura N° 10). En condición de bosque abierto es mayor la cobertura de especies deseables, desde el punto de vista forrajero y menor la cobertura de malezas de importancia en la región, existe una menor cobertura de malezas de importancia, como es el caso de *Hieracium pilosella*, *Hieracium patagonicum* y *Rumex acetosella*, las que se encuentran mayoritariamente en las praderas más expuestas. Por su parte *Blechnum penna-marina* tiene una mayor cobertura en condiciones de mayor sombra en bosques semidensos (Figura N° 11).

**Cuadro N° 3**  
**COBERTURA DE ESPECIES HERBÁCEAS ASOCIADA A BOSQUES DE ÑIRRE**

| <b>Especie Herbácea</b>        | <b>Bosque Semidenso<br/>(%)</b> | <b>Bosque Abierto<br/>(%)</b> | <b>Pradera<br/>(%)</b> |
|--------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|------------------------|
| <i>Acaena magellanica</i>      | 2.31                            | 2.85                          | 1.67                   |
| <i>Acaena pinnatifida</i>      | 1.25                            | 0.62                          | 0.24                   |
| <i>Achillea millefolium</i>    | 0.31                            | 0.38                          | 2.43                   |
| <i>Adenocaulon chilense</i>    | 1.25                            | 1.46                          | 0.10                   |
| <i>Agrostis magellanica</i>    | 0                               | 0                             | 4.57                   |
| <i>Baccharis magellanica</i>   | 3.44                            | 0                             | 2.00                   |
| <i>Berberis buxifolia</i>      | 0.75                            | 0.65                          | 0.29                   |
| <i>Berberis microphylla</i>    | 0.13                            | 0                             | 0                      |
| <i>Blechnum penna marina</i>   | 15.31                           | 11.35                         | 0.14                   |
| <i>Bromus coloratus</i>        | 0                               | 0.19                          | 0.95                   |
| <i>Carex gayana</i>            | 0.94                            | 0                             | 0                      |
| <i>Carex macloviana</i>        | 0                               | 0                             | 0.10                   |
| <i>Cerastium arvense</i>       | 0                               | 0                             | 1.62                   |
| <i>Dactylis glomerata</i>      | 0                               | 2.12                          | 0.71                   |
| <i>Empetrum rubrum</i>         | 0                               | 0                             | 0.24                   |
| <i>Escallonia rubra</i>        | 0                               | 0                             | 0.71                   |
| <i>Festuca arundinacea</i>     | 2.81                            | 8.12                          | 28.48                  |
| <i>Festuca magellanica</i>     | 2.06                            | 3.19                          | 3.10                   |
| <i>Festuca rubra</i>           | 11.88                           | 4.62                          | 6.67                   |
| <i>Gaultheria mucronata</i>    | 5.63                            | 7.35                          | 0.48                   |
| <i>Gentianella magellanica</i> | 0                               | 0.12                          | 0.24                   |
| <i>Gunnera magellanica</i>     | 0.31                            | 3.00                          | 0                      |
| <i>Hieracium patagonicum</i>   | 0.31                            | 3.54                          | 8.71                   |
| <i>Hieracium pilosella</i>     | 6.56                            | 0.19                          | 7.86                   |
| <i>Holcus lanatus</i>          | 2.50                            | 6.92                          | 2.62                   |
| <i>Hypochaeris radicata</i>    | 0                               | 0.69                          | 0                      |
| <i>Luzula alopecurus</i>       | 0                               | 0                             | 0.29                   |
| <i>Musgo spp.</i>              | 0                               | 0.19                          | 0                      |
| <i>Nothofagus antarctica</i>   | 0.94                            | 0.15                          | 0                      |
| <i>Osmorhiza chilensis</i>     | 5.69                            | 0.46                          | 0                      |
| <i>Phleum commutatum</i>       | 0.06                            | 0                             | 1.05                   |
| <i>Poa pratensis</i>           | 0                               | 3.62                          | 2.52                   |
| <i>Rumex acetosella</i>        | 0.50                            | 0                             | 0.90                   |
| <i>Senecio patagonicus</i>     | 0                               | 0                             | 0.95                   |
| <i>Taraxacum officinale</i>    | 5.31                            | 4.08                          | 2.24                   |
| <i>Trifolium repens</i>        | 17.56                           | 20.23                         | 9.81                   |
| <i>Trifolium spadiceum</i>     | 0                               | 0                             | 1.57                   |



*Dactylis glomerata*



*Trifolium repens*



*Holcus lanatus*

**Figura N° 10**  
**ESPECIES DE ALTO VALOR FORRAJERO**



*Hieracium pilosella*



*Rumex acetosella*



*Blechnum penna-marina*

**Figura N° 11**  
**MALEZAS DE IMPORTANCIA REGIONAL**

#### - Frecuencia de Especies Herbáceas

La frecuencia de especies varía en forma significativa de acuerdo a la cobertura del dosel arbóreo.

En los bosques semidensos, las especies más frecuentes son *Blechnum penna-marina* y *Trifolium repens*, las que están presentes en 62,5% de los cuadrantes muestreados. *Acaena magellanica* y *Taraxacum officinale*, dos importantes malezas, están presentes en un 50% de los puntos de muestreo. *Osmorhiza chilensis* tiene una frecuencia de un 37,5%. Dentro de las especies con valor forrajero, destacan *Festuca rubra* y *Holcus lanatus* con una frecuencia de 43,8% y 18,8%, respectivamente.

En los bosques abiertos la especie más frecuente es *Trifolium repens*, presente en un 61,5% de los puntos de muestreo. Otras especies de valor forrajero son *Festuca arundinacea* y *Festuca rubra*, las que se encuentran con una frecuencia de 38,5% y 30,8%, respectivamente. *Holcus lanatus* y *Dactylis glomerata* están presentes sólo en un 23,1% y 7,7% de los cuadrantes muestreados. Por el contrario, las malezas *Blechnum penna-marina*, *Acaena magellanica*, *Taraxacum officinale* y *Hieracium patagonicum* tienen una frecuencia de 46,2%, 34,6%, 34,6% y 30,8%, respectivamente. Por su parte, *Hieracium pilosella*, maleza de creciente importancia en la región, está presente solo en 3,8% de los puntos de muestreo.

En las praderas abiertas muestreadas las especies forrajeras de mayor frecuencia son *Festuca arundinacea*, *Trifolium repens*, *Festuca rubra*, *Festuca magellanica* y *Dactylis glomerata*, con 85,7%, 61,9%, 28,6%, 14,3%, y 9,5%, respectivamente.

Las malezas más frecuentes son *Hieracium patagonicum*, *Hieracium pilosella*, *Taraxacum officinale*, *Acaena magellanica* y *Rumex acetosella* con un 66,7%, 33,3%, 33,3%, 23,8% y 23,8%, respectivamente. Cabe hacer notar la alta frecuencia de *Hieracium pilosella* y *Rumex acetosella*, dos malezas cuya importancia ha ido en aumento en la región.

#### - Producción de Materia Seca de la Estrata Herbácea

El rendimiento de MS de la estrata herbácea en los distintos tratamientos se muestra en la Figura N° 12. El bosque semidenso produjo el equivalente a 1.131 kg ha<sup>-1</sup> MS. El bosque abierto y la pradera alcanzaron los 1.842 y 1.834 kg ha<sup>-1</sup> MS, respectivamente, siendo esta diferencia no significativa.

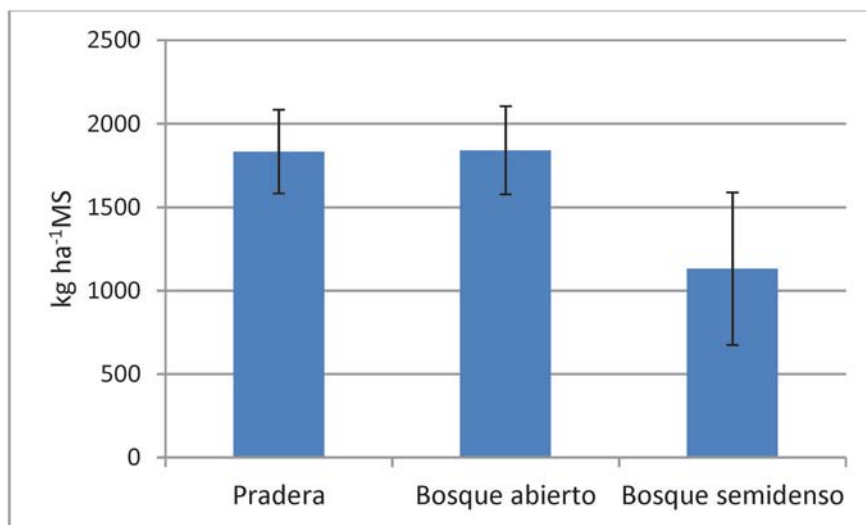


Figura N° 12

RENDIMIENTO DE LA ESTRATA HERBÁCEA EN DIFERENTES CONDICIONES DE COBERTURA ARBÓREA

#### - Riqueza y Frecuencia de Especies Arbustivas

En términos de riqueza de especies, en el bosque abierto, la pradera no sometida a pastoreo y la pradera pastoreada se identificaron 9, 8 y 3 especies arbustivas, respectivamente. Las especies arbustivas más frecuentes en un bosque abierto son *Gaultheria mucronata* (74,5%), *Berberis microphylla* (10,9%), *Nothofagus antarctica* (7,6%), *Senecio patagonicus* (3,9%), *Chiliodendron diffusum* (1,9%), *Maytenus magellanica* (0,6%), *Ribes magellanicum* (0,3%), *Escallonia rubra* (0,2%) y *Discaria chacaye* (0,03%).

En una pradera no sometida a pastoreo, las especies más frecuentes son *Gaultheria mucronata* (95,1%), *Berberis microphylla* (2,3%), *Nothofagus antarctica* (1,4%), *Chiliodendron diffusum* (0,8%), *Discaria chacaye* (0,2%), *Ribes magellanicum* (0,2%), *Embothrium coccineum* (0,03%) y *Escallonia rubra* (0,03%).

Por último, las especies más frecuentes en una pradera pastoreada son *Berberis microphylla* (51,7%), *Nothofagus antarctica* (33,1%) y *Chiliodendron diffusum* (15,2%). Cabe notar la alta frecuencia de regeneración natural de ñirre en una condición de pradera bajo pastoreo.

- **Efecto de Cobertura Arbórea y Radiación Solar sobre la Regeneración de Ñirre**

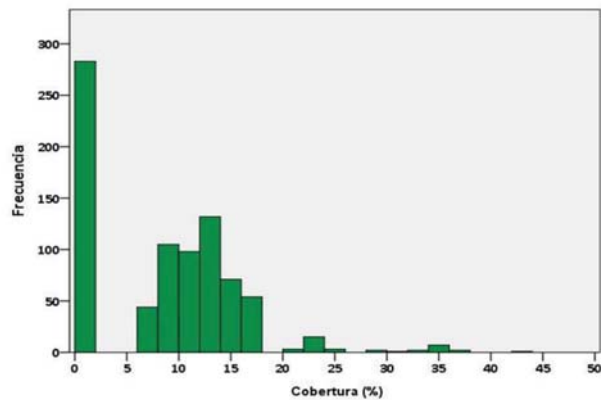
A pesar de la abundante producción de semillas observada en los árboles, durante las dos temporadas de medición no se encontraron bancos de plantas en los bosques semidensos ni en gran parte de los bosques abiertos. Estos resultados contrastan con lo observado en los sectores más abiertos, donde se encontró abundante regeneración de ñirre en distintas fases de desarrollo. De acuerdo a los resultados obtenidos, la ocurrencia de regeneración en los sectores estudiados está supeditada a la existencia de semilleros cercanos y a la disponibilidad de abundante radiación solar (Figura N° 13).

Los resultados obtenidos a partir de fotografías hemisféricas tomadas en 825 individuos provenientes de regeneración natural, indican que este tipo de regeneración en el caso del ñirre ocurre en sectores en los cuales, aparte de existir aportes de semillas, la radiación global disponible supera el 50%.

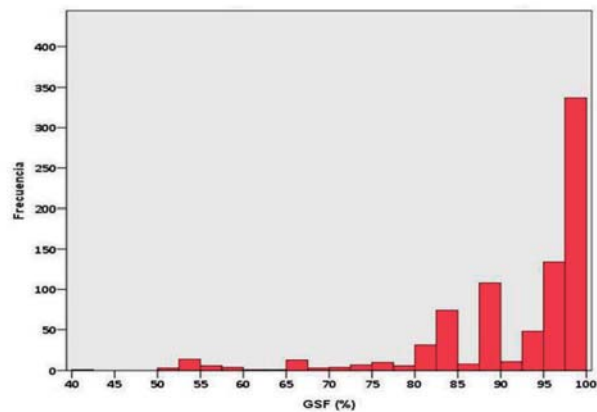
Esto concuerda con la clasificación de ñirre como una especie intolerante a la sombra. En general, estas condiciones de radiación se dan bajo coberturas arbóreas menores al 40%, ya sea en la periferia del bosque o en sectores de pradera (Figuras N°14 y N° 15).



**Figura N° 13**  
**SECTORES DONDE SE ENCUENTRA LA REGENERACIÓN DE ÑIRRE**  
**EN CONDICIONES DE ALTA RADIACIÓN DISPONIBLE**



**FIGURA N° 14**  
OCURRENCIA DE REGENERACIÓN DE ÑIRRE  
EN FUNCIÓN DEL PORCENTAJE DE COBERTURA ARBÓREA



**Figura N° 15**  
OCURRENCIA DE LA REGENERACIÓN DE ÑIRRE  
EN FUNCIÓN DEL PORCENTAJE DE RADIACIÓN GLOBAL DISPONIBLE

A pesar de que en el bosque contiguo a las fajas no se encontró regeneración, la densidad de la regeneración en las fajas osciló entre 206.470 y 24.706 plantas  $ha^{-1}$ , en función de la cercanía a los árboles semilleros y de la dirección del viento (Figura N° 16).



**Figura N° 16**  
SECTORES DONDE SE ENCUENTRA LA REGENERACIÓN DE ÑIRRE

La altura promedio de los individuos no es un buen indicador del crecimiento de la regeneración en sectores donde hay pastoreo, ya que prácticamente la totalidad de las plantas de ñirre evaluadas presentó ramoneo. En el Cuadro N° 4 se indica la variación espacial de la regeneración a lo ancho de las fajas.

**Cuadro N° 4**  
**DENSIDAD DE LA REGENERACIÓN Y ALTURA PROMEDIO DE LAS PLANTAS EN LAS FAJAS**

| Posición               | Densidad<br>(plantas ha <sup>-1</sup> ) | Desviación<br>Estándar | Altura Promedio<br>(cm) |
|------------------------|-----------------------------------------|------------------------|-------------------------|
| Al interior del bosque | 0                                       | 0                      | -                       |
| Extremo de la faja     | 200.588                                 | 261.569                | 9,2                     |
| Centro de la faja      | 57.647                                  | 89.759                 | 11,0                    |
| Extremo opuesto faja   | 24.706                                  | 58.000                 | 8,3                     |

En base a 26 transectos, con 4 parcelas de regeneración de 1 m<sup>2</sup> cada una

#### - Ramoneo y Protección de la Regeneración

En sectores con abundante pastoreo de ganado es difícil encontrar regeneración sin daño por ramoneo. En las exclusiones o jaulas, el crecimiento de la regeneración a inicios de febrero alcanzó los 17,5 cm en promedio.

En los sectores donde a la fecha de las mediciones aún no se había introducido el ganado, el crecimiento de la regeneración fuera de las jaulas fue en promedio 5 cm menor al crecimiento en las jaulas, debido al ramoneo por liebres.

Después del ingreso del ganado, la regeneración que se encontraba fuera de las jaulas de exclusión perdió prácticamente la totalidad del crecimiento conseguido en la temporada, quedando a una altura de 4 a 6 cm, independientemente de la edad de la planta (Figura N° 17).



**Figura N° 17**  
**DAÑO POR RAMONEO EN PLANTAS DE ÑIRRE**

## Renovales de Lengua

### - Efectos del Raleo del Dosel Arbóreo en la Radiación Disponible

La radiación solar disponible a nivel del suelo es inversamente proporcional a la cobertura de copas, la que depende de la densidad arbórea en los tratamientos.

Es así como, la cobertura de copas que en el Testigo con 7.300 árboles  $\text{ha}^{-1}$  alcanza un 49 %, disminuyó a un 32 % en el tratamiento de Raleo a 1.000 árboles  $\text{ha}^{-1}$  y a un 12 % en el Raleo a 600 árboles  $\text{ha}^{-1}$  (Cuadro N° 5).

El índice de área foliar por su parte, disminuyó de 1,55  $\text{m}^2 \text{m}^{-2}$  en el Testigo a solo 0,51  $\text{m}^2 \text{m}^{-2}$  en el Raleo a 600 árboles por hectárea.

Así, la radiación global disponible a nivel del suelo, respecto a la radiación disponible sobre el dosel arbóreo, aumentó desde un 23 % en el Testigo a un 46 % en el Raleo con 1.000 árboles  $\text{ha}^{-1}$  y a 62 % en el Raleo con 600 árboles  $\text{ha}^{-1}$ .

**Cuadro N° 5**  
**RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LAS FOTOGRAFÍAS HEMISFÉRICAS PARA CADA TRATAMIENTO**

| Tratamiento                        | Cobertura de Copas (%) | Índice de Área Foliar ( $\text{m}^2 \text{m}^{-2}$ ) | Cielo Visible (%) | Radiación Global (%) |
|------------------------------------|------------------------|------------------------------------------------------|-------------------|----------------------|
| Testigo 7.300 arb $\text{ha}^{-1}$ | 49 a                   | 1,55 a                                               | 22 a              | 23 a                 |
| Raleo 1.000 arb $\text{ha}^{-1}$   | 32 b                   | 0,77 b                                               | 41 b              | 46 b                 |
| Raleo 600 arb $\text{ha}^{-1}$     | 12 c                   | 0,51 c                                               | 51 c              | 62 c                 |

Las letras indican diferencias significativas entre tratamientos usando el test de Tukey  $p < 0,05$

### - Grado de Cobertura Herbácea

El mayor porcentaje de suelo desnudo y de mantillo (material vegetal muerto o en estado de descomposición) se presentó en los tratamientos Testigo y Raleo a 1.000 árboles  $\text{ha}^{-1}$ , los cuales también presentaron la mayor heterogeneidad en estos dos indicadores.

El Raleo a 600 árboles  $\text{ha}^{-1}$  presentó valores de cobertura herbácea superiores al 67%, la que llegó a un 85% en el tratamiento de Faja. En el tratamiento Testigo, la cobertura herbácea fue cercana a cero.

Al ponderar los tratamientos Raleo a 1.000 y a 600 árboles  $\text{ha}^{-1}$ , el porcentaje de cobertura herbácea alcanzó un promedio de 54%, algo mayor al reportado por Márquez (1999), quien indica que la cobertura media en este tipo de ambientes es de un 47%.

### - Composición Botánica de la Estrata Herbácea

En el área de estudio se identificó un total de 35 especies. Del total de especies identificadas, las de mayor relevancia son las pertenecientes a la familia de las *Poaceas*, con un 25,71% del total de especies.

Le siguen las especies de la familia *Asteraceae* con un 11,43%. En tercer lugar se encuentran aquellas especies pertenecientes a las familias *Rosaceae* y *Fabaceae*, con un 8,57% del total de especies.

Las especies que se vieron más favorecidas con la apertura del dosel arbóreo fueron *Dactylis glomerata*, *Ozmorhiza chilensis*, *Taraxacum officinale*, *Lolium perenne*, *Trifolium repens*, *Festuca magellanica*, *Holcus lanatus*, *Acaena ovalifolia*, *Rumex acetosella*, *Poa pratensis*, *Phleum commutatum* y *Hieracium pilosella*. De estas especies, *Dactylis glomerata*, *Lolium perenne*, *Trifolium repens*, *Festuca magellanica*, *Holcus lanatus* y *Poa pratensis* constituyen un valioso recurso forrajero.

#### - **Productividad de la Estrata Herbácea**

Las diferencias en producción de forraje de la estrata herbácea entre los distintos niveles de raleo fueron significativas. La mayor producción anual se obtuvo en las Fajas, rendimiento equivalente a 2.231 kg ha<sup>-1</sup> MS, seguido por el raleo a 600 árboles ha<sup>-1</sup>, rendimiento de 1.713 kg ha<sup>-1</sup> MS y finalmente, el raleo a 1.000 árboles ha<sup>-1</sup>, con un rendimiento equivalente a 737 kg ha<sup>-1</sup> MS. El rendimiento de la tala rasa fue equivalente a 1.703 kg ha<sup>-1</sup> MS, es decir, similar al del raleo a 600 árboles ha<sup>-1</sup>. La mayor producción de forraje obtenida en las fajas puede deberse a la combinación de una alta radiación a nivel del suelo y al efecto de protección contra el viento dado por el renoval circundante.

Las producciones de MS reportadas en este estudio son similares a los valores encontrados por Bahamonde *et al.* (2012) en ñirrales de la Patagonia Argentina, los que fluctúan entre los 250 y 1.800 kg ha<sup>-1</sup> MS anuales.

Las diferencias en rendimiento entre los distintos tratamientos podrían ser explicadas por la mayor cantidad de radiación que llega al suelo a medida que aumenta el nivel de raleo. El efecto de la luz sobre el aumento de MS acumulada fue descrito por Bahamonde *et al.* (2012) en renovales de ñirre. Estos autores indican que a medida que la cantidad de radiación fotosintéticamente activa en contacto con el sotobosque es mayor, el crecimiento de las especies vegetales que componen la estrata herbácea también lo es. Por su parte Peri (2005), estudiando la productividad de la estrata herbácea en ñirrales Argentinos, indica que existiría una disminución lineal de la producción de MS con la disminución de la luminosidad, desde los 2.800 kg ha<sup>-1</sup> MS en sectores sin árboles (100% de luminosidad) a 400 kg ha<sup>-1</sup> MS en lugares con un 5% de transmisibilidad.

#### - **Potencial Ganadero de la Estrata Herbácea**

Las vaquillas ingresaron al ensayo con un peso promedio de 241,8 kg de peso vivo (PV) y luego de 30 días de pastoreo fueron retiradas con un peso promedio de 253,2 kg PV. En promedio la ganancia de peso fue del orden de los 11,4 kg PV, con una tasa de crecimiento de 367 g día<sup>-1</sup>, un 20 % menor a los valores máximos esperado para novillos de la raza Hereford pastoreando en Magallanes.

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los bosques de ñirre y de lenga sometidos a pastoreo en la región de Magallanes no están siendo manejados con criterios silvopastorales, con la consiguiente pérdida de crecimiento y calidad del bosque futuro, utilización ineficiente de la pradera y pérdida de potencial de engorda animal. La implementación de esquemas silvopastorales permitiría manejar dichos bosques haciéndolos más productivos desde el punto de vista forestal y ganadero, asegurando además, su permanencia en el tiempo.

La existencia de una cobertura arbórea densa implica una menor cantidad de radiación solar disponible para las estratas arbustiva y herbácea. Al abrir el dosel arbóreo mediante el raleo, se produce un aumento en la radiación disponible, así como en la temperatura y humedad del suelo, respecto a los renovales sin intervención. La velocidad del viento también aumenta, pero a niveles inferiores a la observada en praderas más abiertas.

Esta situación permite el desarrollo de una estrata herbácea dominada por especies de alto valor forrajero, sin poner en riesgo la regeneración de la estrata arbórea. Muchas de las especies identificadas en los ensayos corresponden a las habitualmente asociadas a los bosques de ñirre y de lenga en la región, lo que permite concluir que el manejo silvopastoral propuesto no implica la pérdida de las especies nativas propias de estos bosques.

Los resultados indican, además, que la estrata herbácea que se establece en los bosques raleados presenta rendimientos similares o incluso superiores a los observados en praderas abiertas, representando un importante recurso para la actividad ganadera regional. La productividad de la pradera aumenta en la medida que aumenta la cantidad de radiación solar que llega al suelo y la humedad de éste. Por ello, en las fajas, la productividad fue superior a la de una pradera naturalizada, probablemente debido a que por su diseño y tamaño, éstas obtienen una gran radiación y la protección de los bosques aledaños. En el caso del raleo a 600 árboles ha<sup>-1</sup>, la productividad de la estrata herbácea fue comparable a aquella de una pradera naturalizada. Sin embargo, cuando el raleo es menos intenso la menor radiación disponible a nivel de suelo resultante no permite un buen desarrollo de la estrata herbácea y su productividad es menor.

Además de las diferencias en rendimiento, existen diferencias en la composición botánica entre una pradera naturalizada y una pradera bajo un bosque abierto. Así, en esta última existe un mayor predominio de especies de alto valor forrajero, como *Dactylis glomerata* y *Trifolium repens*, lo que se traducen en una mejor calidad nutricional de la estrata herbácea.

Los animales que pastorearon el ensayo en Monte Alto, mostraron ganancias de peso similares a los valores obtenidos en praderas abiertas. Ensayos de pastoreo por tiempos más prolongados podrían reducir el impacto en la ganancia de peso por el estrés evidenciado por los animales durante los primeros días de pastoreo debido al cambio desde una condición de pradera abierta al de encierro y tránsito entre pilas de desechos producto del raleo.

Por lo anterior, la implementación de sistemas silvopastorales en bosques raleados debiera contemplar el manejo de desechos. Si bien en los ensayos los desechos fueron ordenados en fajas, esta actividad es costosa.

Además, a diferencia de lo que ocurre en otras latitudes, la descomposición de la biomasa en la región es muy lenta, por lo que las fajas de residuos pueden permanecer en el terreno por décadas, interfiriendo el libre tránsito de los animales y restando superficie a la pradera.

La Ley 20.283, sobre Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal, contempla el fomento a los raleos, pero debiera también considerar las actividades de ordenación de los residuos. Otra alternativa sería el utilizar estos residuos, así como aquellos, producto del manejo “tradicional”, con fines energéticos. Lo anterior permitiría ayudar a financiar parte de las intervenciones necesarias para establecer sistemas silvopastorales.

La acumulación de residuos, la hojarasca y la heterogeneidad espacial de la cobertura arbórea hacen que las condiciones de la pradera que se establece bajo el dosel arbóreo sea muy heterogénea en comparación con la pradera abierta, pasando de sectores con buen crecimiento y especies de alto valor forrajero a sectores sin cubierta vegetal o en los cuales sólo se han podido establecer especies con escaso valor ganadero. Se requiere mayor investigación en este aspecto.

Si bien hubo muy poco daño por viento en los tratamientos de menor cobertura arbórea (<5%), numerosos estudios tanto en Chile como en el extranjero, así como la experiencia acumulada por décadas de manejo forestal en la región, sugieren que es un aspecto importante a considerar al momento de planificar el manejo de estos bosques. Lo anterior sugiere poner especial cuidado, al momento de elegir los sitios para implementar un manejo silvopastoral.

Finalmente, los resultados de los estudios presentados en este trabajo demuestran que es técnicamente factible implementar esquemas de manejo silvopastoral en los bosques de ñirre y de lenga de Magallanes.

La implementación de esquemas silvopastorales adecuados a la realidad regional, permitiría hacer estos bosques más productivos y perpetuar en el tiempo la provisión de sus innumerables bienes y servicios.

## **RECONOCIMIENTOS**

Los autores agradecen al Gobierno Regional de Magallanes, a la Secretaría Regional Ministerial de Agricultura de Magallanes, a CONAF Magallanes y al Programa de Investigación del Bosque Nativo por el apoyo otorgado para la ejecución de estas investigaciones, las que se enmarcan en el proyecto FIA Mejoramiento de la Productividad Ganadera a través del Manejo Silvopastoral de los Bosques de Ñirre en la Región de Magallanes, en el Programa FONDEMA Investigación, Mejoramiento, Productividad y Silvopastoreo en la Región de Magallanes y en el Proyecto Manejo Silvopastoral de los Bosques de Ñirre en la Región de Magallanes del Fondo de Investigación del Bosque Nativo. También agradecen muy especialmente a los Sres. Luis Mladinic y Mauricio Kusanovic, por permitir generosamente la implementación de los ensayos en sus propiedades y por las siempre estimulantes conversaciones sobre el manejo silvoagropecuario en la región.

## REFERENCIAS

- Bahamonde, H.; Peri, L.; Álvarez, A. y Barnei, A., 2012.** Producción y calidad de gramíneas en un gradiente de calidades de sitio y coberturas en bosques de *Nothofagus antarctica* (G. Forster) Oerst. en Patagonia. *Ecología Austral* 22:62-73.
- Barnes, P.; Wilson, B. R.; Trotter, M. G.; Lamb, D. W.; Reid, N.; Koen, T. and Bayerlein, L., 2011.** The patterns of grazed pasture associated with scattered trees across an Australian temperate landscape: An investigation of pasture quantity and quality. *Rangeland Journal* 33, 121-130.
- Benavides, R.; Douglas, G. and Osoro, K., 2009.** Silvopastoralism in New Zealand: Review of effects of evergreen and deciduous trees on pasture dynamics. *Agroforestry Systems* 76, 327-350
- CERE, 2015.** Elaboración de Propuesta de Matriz Energética para Magallanes al 2050. Punta Arenas. 474 p.
- CONAF, 2008.** Catastro y Evaluación de Recursos Vegetacionales de Chile.
- INE, 2007.** Censo Agropecuario.
- Márquez, I., 1999.** Caracterización del Sotobosque en Bosques Vírgenes de Lenga (*Nothofagus pumilio* (Poepp. et Endl) Krasser), en una Gradiente Altitudinal en Skyring, XII Región. Memoria Ingeniería Forestal. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. 77 p.
- MINAGRI, 2012.** Estrategia para la competitividad del sector agroalimentario y forestal. Región de Magallanes y la Antártica Chilena 2012 - 2020.
- Peri, P., 2005.** Sistemas Silvopastoriles en Ñirantales. IDIA XXI Forestal.
- Peri, P., 2008.** Respuesta de ovinos a pastizales creciendo en diferentes cobertura de copas en sistemas silvopastoriles de ñire (*Nothofagus antarctica*) en Patagonia Sur, Argentina. *Zootecnia Tropical* 26, 363-366.
- Peri, P., 2009.** Evaluación de pastizales en bosques de *Nothofagus antarctica*-Método Ñirantal Sur, 1er Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. INTA, Posadas, Misiones, Argentina, pp. 335-342.
- SAG, 2003.** El pastizal de Tierra del Fuego. Guía de uso, condición actual y propuesta de seguimiento para determinación de tendencia. Punta Arenas, Chile. 120 p.
- SAG, 2004a.** El pastizal de Magallanes. Guía de uso, condición actual y propuesta de seguimiento para determinación de tendencia. Punta Arenas, Chile. 132 p.
- SAG, 2004b.** El pastizal de Última Esperanza y Navarino. Guía de uso, condición actual y propuesta de seguimiento para determinación de tendencia. Punta Arenas, Chile. 132 p.
- Schmidt, H., 2008.** Mejoramiento de la productividad ganadera a través del manejo silvopastoril de los bosques de ñirre en la XII Región. Informe Final Proyecto FIA Código FIA-PI-C-2004-1-F-054. Santiago, Chile. 54 p.
- Schmidt, H.; Schmidt, A. y Alonso, M., 2013a.** Investigación, Mejoramiento, Productividad y Silvopastoreo en la XII Región. Informe Final, Programa FONDEMA Código BIP 30077120-0. Santiago, Chile. 211 p.
- Schmidt, H.; Schmidt, A. y Alonso, M., 2013b.** Manejo silvopastoril en renovales de lenga en la Región de Magallanes. Universidad de Chile y Gobierno Regional de Magallanes y Antártica Chilena. 38 pp.
- Schmidt, A. y Alonso, M., 2016.** Manejo silvopastoril de los bosques de ñirre en la XII Región de Magallanes. Informe Final, Proyecto Fondo de Investigación en Bosque Nativo CONAF Código 029/2013. Santiago, Chile. 70 p.
- Valladares, F. and Guzmán, B., 2006.** Canopy structure and spatial heterogeneity of understory light in an abandoned Holm Oak woodland. *Annals of Forest Science* 63: 749-761.
- Veblen, T. T.; Hill, R. S. and Read, J., 1996.** The Ecology and Biogeography of *Nothofagus* Forests. Yale University Press. New Haven and London. 403 p.