

Documento de Divulgación N° 43

SISTEMAS SILVOPASTORALES EN BOSQUES DE ÑIRRE EN LA REGIÓN DE AYSÉN

Instituto Forestal 2017



SISTEMAS SILVOPASTORALES EN BOSQUES DE ÑIRRE EN LA REGIÓN DE AYSÉN

Salinas, Jaime¹; Peri, Pablo Luis²; Hepp, Christian³ y Acuña, Bernardo¹

INSTITUTO FORESTAL
2017

1 Instituto Forestal (INFOR), sede Patagonia, Coyhaique. jsalinas@infor.cl

2 INTA EEA Santa Cruz, UNPA, CONICET, Río Gallegos, Argentina.

3 Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Centro Tamel Aike, Coyhaique.

ÍNDICE

	PÁG
INTRODUCCIÓN	5
Sistemas Silvopastorales e Interacciones entre sus Componentes	6
Descripción de la Especie	7
Clasificación de la Especie en Términos Forestales	8
OBJETIVOS	10
Objetivo General	10
Objetivos Específicos	10
SUPERFICIE POTENCIAL PARA USO SILVOPASTORAL EN BOSQUES DE ÑIRRE	10
Metodología	10
Resultados	11
MATERIAL Y MÉTODO ENSAYOS SILVOPASTORALES	13
Componente Forestal	13
Componente Pradera	16
RESULTADOS ENSAYOS SILVOPASTORALES	19
Componente Forestal	19
Continuidad de la Componente Forestal	19
- Propagación Sexual	20
- Propagación Asexual	22
Componente Pradera	24
PAUTAS Y RECOMENDACIONES PARA MANEJO SILVOPASTORAL	27
Plan de Manejo Silvopastoral	27
- Propuesta Silvícola	29
- Labores para la Continuidad del Estrato Arbóreo	33
- Labores de Conservación del Ñirrantal	35
Estrategia de Implementación de Sistemas Silvopastorales	42
CONCLUSIONES	47
Estructura Forestal y Raleos	47
Estrata Herbácea y Carga Ganadera	47
Continuidad del Bosque	48
Superficie Potencial de Uso Silvopastoral	48
Conclusiones Generales	49
RECONOCIMIENTOS	49
REFERENCIAS	50
APÉNDICE: ESTRUCTURA DE COSTOS DE MANEJO DE BOSQUES DE ÑIRRE	53



INFOR

Instituto Forestal
Camino Coyhaique Alto
Km 4,5 Coyhaique,
Chile

ISBN N°
978-956-318-126-5

Registro Propiedad
Intelectual N°
N° 279493

Imprenta América
Valdivia

Salinas, Jaime; Peri, Pablo
L.; Hepp, Christian y Acuña,
Bernardo, 2017. Sistemas
Silvopastorales en Bosques
de Ñirre (*Nothofagus*
antarctica (G. Forst.) Oerst.)
de la Región de Aysén.
Instituto Forestal, Chile.
Documento de Divulgación
N° 43. 60 p.

www.infor.cl

INTRODUCCIÓN

Por miles de años el ser humano y otras especies vivientes han estado en una estrecha relación con los bosques. Ejemplo de ello son las innumerables interacciones entre animales y plantas que ocurren en el medio natural, que responden a interacciones que provocan consecuencias positivas (facilitación), negativas (competencia) o neutras. El bosque fue, es y será una importante fuente productora de alimento, oxígeno, agua y recreación entre otros bienes y servicios posibles de obtener de éste en la medida que el manejo se realice en forma sustentable, satisfaciendo las necesidades de la población bajo tres principios fundamentales; viabilidad ambiental, factibilidad económica y anhelo social.

Desde inicios del siglo XX, junto a los primeros vestigios de colonización del territorio aysenino, los bosques nativos fueron objeto de fuertes disturbios antrópicos. Enormes extensiones de terrenos fueron afectadas por los más grandes incendios de bosques registrados en Chile, iniciados con el fin de habilitar suelos para la agricultura y la ganadería. Se creó que alrededor de 3,5 millones de hectáreas fueron consumidas por los incendios en la región (Quintanilla *et al.*, 2008).

Posteriormente, con el aumento de la población y el avance de ciudades, la demanda por combustible para calefacción se incrementó y los bosques más cercanos a centros poblados fueron los más perjudicados, tal es el caso de los bosques de lenga y ñirre. El ñirre en su distribución natural convive con una ganadería extensiva, la que provoca una fuerte presión sobre la regeneración natural y la perpetuidad del bosque, así los ñirrales exhiben fragmentación y envejecimiento.

El principal agente perturbador del medio natural es el hombre, que ha intensificado el uso del suelo para lograr un desarrollo económico. Lograr buscar

el equilibrio entre producción y sustentabilidad es el desafío de la investigación forestal y en este sentido el presente trabajo busca iniciar un camino para compatibilizar el uso forestal y ganadero en el marco del manejo silvopastoral sustentable de bosques de ñirre en la Región de Aysén.

Nothofagus antarctica (G. Forster) Oerst. (ñirre o ñire) es una especie del bosque nativo que no está ajena a estas perturbaciones, crece en las zonas cordilleranas de Chile y Argentina y es una de las especies forestales con mayor plasticidad ecológica; presenta tres tipos de expresión fenotípica dependiendo del sitio donde se desarrolla. Se distinguen los morfotipos arborescente, achaparrado y camefítico (Ramírez *et al.*, 1985). El subtipo forestal ñirre representa regionalmente una superficie de 131.593,4 ha, con presencia en la mayoría de las comunas a excepción de Las Guaitecas. Las mayores poblaciones de ñirre se presentan en las Provincias de Coyhaique y Capitán Prat con 61.630,6 ha y 37.241,3 ha, respectivamente.

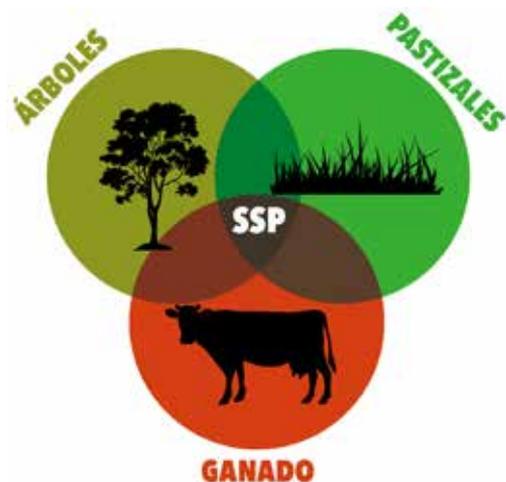
En el área de distribución natural de los ñirrales, la actividad forestal convive con la ganadera, con importantes áreas de resguardo de ganado en épocas invernales y bajo alta presión para la obtención de leña. Un porcentaje importante de los cerca de 500.000 m³ de leña que se consume anualmente en la región proviene de los bosques de ñirre. La leña de esta especie es preferida por su alto poder calórico en comparación con la a lenga (2.850 kcal/dm³ vs 2.400 kcal/dm³). Estas presiones generan preocupación por los ecosistemas de ñirre, que solo con técnicas de manejo apropiadas podrán continuar otorgando múltiples bienes y servicios a perpetuidad.

En la actual legislación no está regulado el manejo de bosque nativo bajo un enfoque integrado silvo-

pastoral. La escasa información respecto del tema motivó al Instituto Forestal a iniciar el proyecto *Pautas de Manejo Silvopastoral para Bosques de Nothofagus antarctica (ñirre) en la Región de Aysén*, que ha buscado desarrollar investigación para hacer viable la producción silvopastoral sustentable en bosques pertenecientes a pequeños productores forestales de la región y cuyos principales resultados son presentados en el presente documento.

Sistemas Silvopastorales e Interacciones entre sus Componentes

Los sistemas silvopastorales (SSP) son prácticas del uso de la tierra, que buscan compatibilizar la actividad forestal y la ganadera bajo un arreglo espacial en la propiedad rural. Los principales componentes de los SSP son el árbol, el ganado y el forraje.



(Fuente: Modificado de INTA. Infografía MBGI Manejo de Bosques con Ganadería Integrada <http://inta.gob.ar>).

Figura N° 1
DIAGRAMA DE LOS PRINCIPALES COMPONENTES PRESENTES EN LOS SISTEMAS SILVOPASTORALES

Cada uno de los componentes puede generar efectos negativos (competencia), positivos (facilitación)

o neutros sobre los otros componentes. Para lograr un equilibrio productivo y ambiental del sistema, deberán predominar los efectos positivos por sobre los negativos entre los componentes. Es fundamental mantener un conocimiento específico entre las interacciones de cada componente, de este modo lograr a largo plazo un correcto manejo del sistema silvopastoral.

En el desarrollo de los árboles y la pradera, es importante considerar la competencia por humedad, la que es más importante en los primeros años de la plantación, y la competencia por luz, influenciada por la intercepción de ésta por las copas de los árboles sobre la pradera a medida que se desarrolla. El ingreso de los animales al sistema, en los estados iniciales del bosque, plantea el desafío de proteger las plantas nuevas, tanto del pastoreo como del tránsito y pisoteo de los animales. Durante los primeros años también existen interacciones y competencia por agua y nutrientes, especialmente cuando el sistema radicular del árbol se encuentra en los primeros 30 cm de profundidad, que es donde la pradera y las malezas extraen parte importante del agua y nutrientes.

El efecto de los árboles sobre la pradera comienza cuando estos han desarrollado la copa, momento en que comienzan a interceptar la luz y originar sombra, lo que produce una disminución en el desarrollo de la pradera. Lo anterior se puede mejorar realizando manejo silvícola del bosque a través de raleos periódicos, para reducir la competencia. También existe una competencia por agua y nutrientes entre los árboles adultos y los pastos, situación que también se puede manejar con raleos, reduciendo el número de árboles, y escogiendo los tipos de forrajes adecuados al sistema.

Los animales son un efectivo controlador del crecimiento de la pradera y de la proliferación de malezas. Sin embargo, si el ganado no es manejado correctamente puede causar daño irreparable a los árboles por ramoneo de ramas y raíces, lo que impide el posterior desarrollo del árbol.

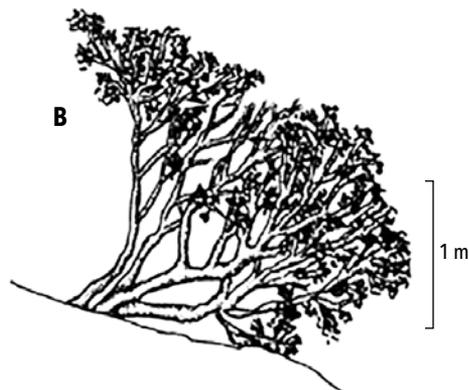
Descripción de la Especie

Ñirre es un árbol nativo presente en Chile y Argentina, es una especie monoica que se presenta como árbol pequeño o arbusto achaparrado, aunque generalmente alcanza los 10 m de altura. Sin embargo, en condiciones óptimas de sitio puede alcanzar los 15 m y fustes de 60 cm de diámetro (Rodríguez *et al.*, 1983; Donoso, 1974). Salinas *et al.*, (2015) reportan alturas cercanas a los 23 m en suelos profundos de la comuna de Chile Chico, Región de Aysén. En esta región puede asociarse con lenga (*Nothofagus pumilio*), pero generalmente forma bosques puros y coetáneos denominados ñirrantales.

Es considerada la especie de *Nothofagus* de Sudamérica con mayor variación morfológica y de mayor tolerancia ecológica, lo que ha permitido distinguir tres morfotipos en el territorio nacional (Ramírez *et al.*, 1985).



A) Morfotipo arbóreo que crece en condiciones óptimas, sobre suelos con mayor profundidad que permiten a la raíz mayor distancia de exploración por nutrientes. La condición de humedad también es más favorable.



B) Morfotipo arbustivo o achaparrado crece en terrenos pedregosos, suelos delgados o clima riguroso. Zonas con acumulación de agua por mal drenaje.



C) Morfotipo camefítico común de zonas anegadas en forma permanente, las raíces no logran desarrollarse por falta de oxígeno.

El ñirre posee una corteza de color gris, rugosa, áspera y muy agrietada longitudinalmente en forma irregular (Figura N° 2). Presenta hojas pequeñas (0,6 a 3,5 cm de largo), aovado-redondeadas a oblongas, con base acorazonada; bordes finamente dentados, lobulados y ondulados que cambian de tonalidad durante el año. Presenta flores femeninas y masculinas y frutos formados por 3 nueces, de las cuales 2 son triangulares, las que rodean a una plana que se sitúa en el centro (Hoffmann, 1997).



Figura N° 2
CORTEZA DE ÑIRRE Y DECOLORACIÓN DE HOJA
SECTOR BALMACEDA, REGIÓN DE AYSÉN

En hábitats más favorables, protegidos del viento, con mayor humedad y suelos bien drenados y fértiles, alcanza porte arbóreo y puede dar lugar a formaciones puras (Navarro Cerrillo *et al.*, 2008), sin embargo, también muestra un buen desempeño en suelos anegados, como señala Donoso (1987).

En suelos ñadis del llano central, puede crecer en condiciones óptimas. En Patagonia, el ñirre domina las tierras bajas, zonas de valles y aquellos terrenos que han sido perturbados por incendios o ganado (Armesto *et al.*, 1992).

La especie se puede desarrollar en variados ambientes con diferentes condiciones de sitio. En sitios óptimos con suficiente humedad y bien drenados, en donde los suelos son fértiles y las variaciones de temperaturas anuales y diarias son moderadas esta especie crece sin mayores problemas, adquiriendo hábito arbóreo.

No obstante, es posible que el ñirre crezca en sue-

los con variaciones hídricas amplias a lo largo del año, pobres en fertilidad y pedregosos, en zonas alto andinas y en el ecotono bosque-estepa, donde presenta un crecimiento de menor altura, y en sitios de extrema humedad y mal drenaje adopta progresivamente carácter de planta achaparrada o *Krummholz* (Ramírez *et al.*, 1985; Veblen *et al.*, 1996; Donoso, 2006).

En cuanto al sustrato característico de los bosques de ñirre desarrollados en la Cordillera de los Andes, crece en los límites altitudinales de la vegetación arbórea, formando bolsones de frío, en sustratos pobres en fertilidad y pedregosos, muy secos o húmedos dependiendo de la pendiente.

En la Depresión Central se desarrolla sobre terrenos planos y suelos conocidos como ñadis, suelos de cenizas volcánicas superficiales que presentan a poca profundidad un hardpan de fierrillo que determina las variaciones hídricas del sitio.

En la zona austral de Magallanes y Tierra del Fuego se encuentra en zonas ecotonales entre el bosque y la estepa, y en morrenas de los sectores de glaciaciones, y también en los límites de la vegetación arbórea, todas con condiciones de drenaje restringido, bajas temperaturas y fuertes vientos (Premoli, 1991; Vidal y Premoli, 2004).

Clasificación de la Especie en Términos Forestales

Durante el año 2016 se realizó la clasificación de los ecosistemas dominados por ñirre de la comuna de Coyhaique, la cual es un pilar fundamental para realizar propuestas silvícolas en estos bosques (Salinas, 2016).

En base a los valores de índice de sitio a una edad base de 50 años (IS_{50}) obtenidos para un total de 96 parcelas, fue posible adaptar y clasificar por primera vez los ñirrales de Coyhaique en tres calidades de sitio (Cuadro N° 1).



Cuadro N° 1

VALORES PROMEDIO DE LAS PRINCIPALES VARIABLES DASOMÉTRICAS DE LAS PARCELAS DE INVENTARIO A LO LARGO DEL GRADIENTE DE CALIDAD DE SITIO - COMUNA DE COYHAIQUE

Calidad Sitio*	Superficie (ha)**	DCM (cm)	HD (m)	N (árbo/ha)	AB (m ² /ha)	VTCC (m ³ /ha)	IDR (%)
Baja	7.040	18,8 ± 8,4	9,0 ± 2,1	1756 ± 2738	25,4 ± 12,6	121,1 ± 69,0	36,8 ± 18,5
Media	7.283	20,4 ± 8,5	12 ± 2,4	1137 ± 901	27,6 ± 12,7	162,5 ± 80,4	39,4 ± 18,4
Alta	3.476	24,8 ± 8,3	15 ± 2,7	864 ± 542	31,4 ± 10,2	220,0 ± 78,9	44,6 ± 14,5

* Baja (ISSO < 9 m); Media (ISSO = 9 a 12 m); Alta (ISSO > 12 m)

** Superficie ñirre arbóreo por clase de sitio de la comuna de Coyhaique (Salinas *et al.*, 2016).

DCM : Diámetro cuadrático medio

N : Densidad

HD : Altura dominante

AB : Área basal

VTCC : Volumen total con corteza

IDR : Índice densidad relativa

Estos valores permiten apreciar que los bosques de ñirre de la comuna de Coyhaique poseen calidades de sitio superiores a las registradas en otras zonas, como en la Patagonia argentina.



OBJETIVOS

Objetivo General

Definir pautas de manejo silvícola para bosques de ñirre que hagan viable la producción silvopastoral en bosques pertenecientes a pequeños productores forestales de la Región de Aysén.

Objetivos Específicos

Determinar la superficie potencial para uso silvopastoral sustentable en bosques de ñirre de la Región de Aysén.

Desarrollar métodos de manejo silvopastoral para dar sustentabilidad a los recursos bosque, suelo y agua, y soportar actividades de pastoreo sustentable en bosques de ñirre.

Elaborar pautas de manejo silvopastoral para bosques de ñirre en la Región de Aysén.

SUPERFICIE POTENCIAL PARA USO SILVOPASTORAL EN BOSQUES DE ÑIRRE

Metodología

Sobre la base de la información proporcionada por el Catastro y Evaluación de Recursos Vegetacionales Nativos de Chile (CONAF, 2012) se definió la superficie actual que dentro del Tipo Forestal Lengua ocupan las formaciones de ñirre en la región, según provincias y comunas, y de acuerdo a las características de estas formaciones, incluyéndose también las formaciones de matorrales de ñirre.

Como superficie potencial sustentable para uso silvopastoral, se definió a áreas cubiertas por bosques de ñirre, que cumplan con restricciones consideradas en una consulta pública realizada a expertos y profesionales del sector silvoagropecuario (Cuadro N° 2).

En base a esta definición de criterios, se realizó un análisis con Sistema de Información Geográfica (SIG) con la información disponible de la actualización del Catastro Vegetacional de los Recursos Forestales Nativos realizado por CONAF en el año 2012 en la Región de Aysén.

Cuadro N° 2
CRITERIOS PARA LA APLICACIÓN DE SISTEMAS
SILVOPASTORALES EN BOSQUES DE ÑIRRE

Criterio	No Aplica	Aplica
Tenencia de la tierra	Terrenos SNASPE	Terrenos privados
Pendiente	> 30%	< 30%
Profundidad suelo	< 25 cm	> 25 cm
Condición hídrica	Turbera, mallín permanente	Mallín temporal, transición estepa
Estructura del bosque	Etapas juveniles (brinzal, monte bravo)	Renoval, Bosque adulto

Resultados

Los bosques dominados por ñirre se distribuyen en la mayoría de las comunas de la Región de Aysén, con excepción de la Comuna de Las Guaitecas. El Subtipo Forestal Ñirre alcanzan una superficie de

131.593,4 ha a nivel regional (Cuadro N° 3). La mayor proporción de bosques de ñirre se encuentran en las Provincias de Coyhaique y Capitán Prat con 61.630,6 ha y 37.241,3 ha, respectivamente, y con una participación del 10,9% y 4,02% de los bosques nativos presentes en la provincia, respectivamente.

Cuadro N° 3
SUPERFICIE ACTUAL DE BOSQUES DE ÑIRRE POR PROVINCIAS Y COMUNAS REGIÓN DE AYSÉN

Provincia	Comuna	Tipo Forestal Lengua			Matorrales de Ñirre
		Subtipo Ñirre	Ñirre Especie Dominante	Ñirre > 4 m de altura	
(ha)					
Aysén	Cisnes	298,6	275,2	7,6	1.084,1
	Aysén	15.838,4	13.938,0	6.596,0	4.754,8
	Guaitecas	0,0	0,0	0,0	0,0
	Subtotal	16.137,0	14.213,2	6.603,6	5.838,9
Coyhaique	Lago Verde	26.001,5	25.363,4	15.699,5	16.998,2
	Coyhaique	35.629,1	35.160,8	18.235,9	7.464,2
	Subtotal	61.630,6	60.524,2	33.935,4	24.462,4
General Carrera	Chile Chico	9.800,0	8.908,6	4.097,4	13.563,6
	Río Ibáñez	6.784,5	6.313,9	4.170,7	2.361,2
	Subtotal	16.584,5	15.222,5	8.268,1	15.924,8
Capitán Prat	Cochrane	29.058,6	25.128,6	14.071,4	38.364,1
	Tortel	5.237,1	5.032,2	2.467,3	4.518,0
	O'Higgins	2.945,6	2.684,3	951,1	4.493,5
	Subtotal	37.241,3	32.845,1	17.489,8	47.375,6
Total		131.593,4	122.805,0	66.296,9	93.601,7

(Fuente: Elaboración propia basada en CONAF, 2012)

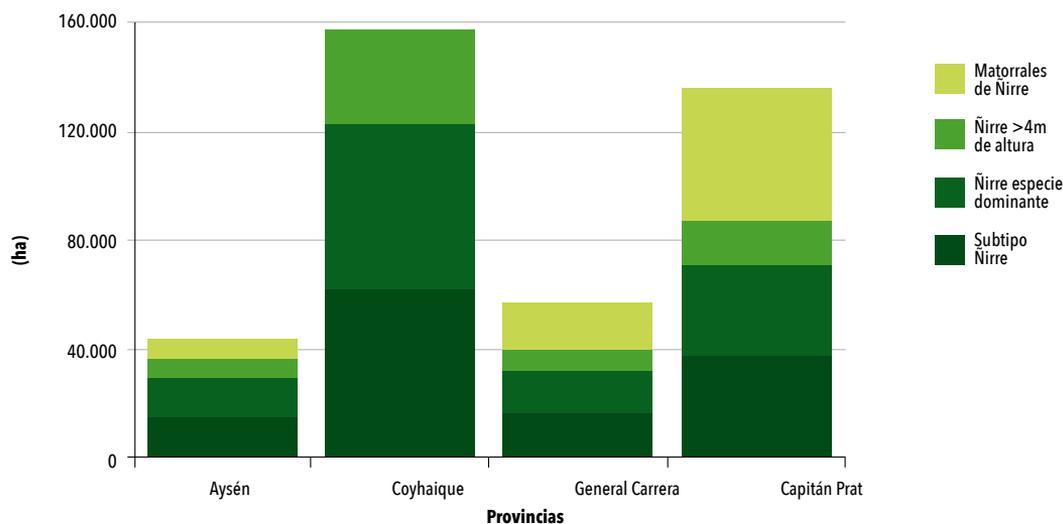


Figura N° 3
SUPERFICIE Y CLASIFICACIÓN DE LOS BOSQUES DE ÑIRRE POR PROVINCIAS

Del análisis SIG y con las restricciones antes indicadas se obtiene que el uso silvopastoral sería aplicable a una superficie de 48.785 ha, correspondientes al Sub Tipo Forestal Ñirre. Esta superficie representa el 37% de la superficie total de este Sub Tipo en la región y se concentra principalmente en la Provincia de Coyhaique, Comunas de Lago Verde y Coyhaique, y en la Comuna de Cochrane de la Provincia de Capitán Prat, comunas que en conjunto reúnen el 78% de la superficie potencial para el uso silvopastoral (Cuadro N° 4).



Cuadro N° 4
SUPERFICIES POTENCIAL SUSTENTABLE PARA
USO SILVOPASTORAL - REGIÓN DE AYSÉN

Provincia	Comuna	Superficie para uso silvopastoral (ha)
Aysén	Cisnes	2
	Aysén	2.518
	Guaitecas	0
Coyhaique	Lago Verde	13.615
	Coyhaique	14.175
General Carrera	Chile Chico	3.006
	Río Ibáñez	3.578
Capitán Prat	Cochrane	10.216
	Tortel	1.007
	O'Higgins	668
Total		48.785

MATERIAL Y MÉTODO

ENSAYOS SILVOPASTORALES

La aplicación de raleos sucesivos en bosques de ñirre en épocas tempranas es relevante para concentrar el crecimiento en individuos selectos, evitando la competencia y muerte natural de estos bosques.

Es posible aplicar estos tratamientos silvícolas de acuerdo a la Ley N° 20.283, sobre Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal, y de esta forma obtener incentivos de Estado para el manejo regional de ñirrales, rejuveneciendo este tipo de formaciones y obteniendo algunos productos madereros de estas intervenciones.

Además, la práctica de raleos sucesivos abre el dosel superior, favoreciendo así el desarrollo de la pradera natural y facilitando el ingreso de ganado, lo cual hace posible un manejo silvopastoral que genera flujos de ingresos más frecuentes para los propietarios al integrar la componente ganadera.

Esta componente ganadera se ve favorecida por la protección dada por la componente forestal, la cual también resulta beneficiada por el aporte de materia orgánica de la primera y por la reducción de la competencia de la pradera que esta ejerce.

El proyecto Pautas de Manejo Silvopastoral para Bosques de *Nothofagus antarctica* (ñirre) en la Región de Aysén se implementó el año 2013 en las cercanías de Balmaceda, Comuna de Coyhaique.

Se seleccionaron ñirrales en condiciones de sitio contrastantes; una condición húmeda relacionada a un mallín (Balmaceda) y una segunda condición más seca en un sitio de transición de estepa, sin influencia de la napa freática (Galera Chico).

En cada sitio se aplicaron tres tratamientos:

- **Testigo Forestal:** Bosque original sin intervención.
- **Silvopastoral:** Tratamiento silvopastoral que incluye un primer raleo.
- **Pradera Naturalizada:** Sin árboles, situación que evidencia la alteración antrópica del sitio.

Componente Forestal

Los raleos fueron realizados eligiendo para extraer individuos de las posiciones subordinadas (clases de copa inferiores). Esta forma de intervención es la más común y se basa en la extracción de árboles más pequeños y con menos diámetro, y seguir el curso natural de desarrollo del rodal. Las intervenciones se efectuaron con diferentes grados de intensidad, cercanas a las que se recomienda aplicar en sistemas silvopastorales dentro de bosques de ñirre en Patagonia Sur (Peri *et al.*, 2009).

Se trata así de raleos por lo bajo, se removió un 45% del área basal original, cosechando un total de 99 m³/ha, en la condición de ñirral más seco (Galera Chico) en la transición del bosque con la estepa patagónica, y en la condición de mallín temporal (Balmaceda) en tanto, la intervención fue algo más moderada, removiendo el 37% de AB original y cosechando un total de 85,9 m³/ha.

Un antecedente de producción de leña después de raleo es reportado por Hansen (2004) en la zona de Esquel, Argentina, donde se obtuvieron 130 m³/ha.

Posteriormente estos ensayos fueron evaluados en su evolución en forma anual desde 2014, complementándose esto con el seguimiento del comportamiento de la pradera en cada tratamiento y condición, y con estudios sobre la regeneración del bosque.

Cuadro N° 5

PROMEDIOS Y DESVÍOS DE LAS PRINCIPALES VARIABLES DE LA ESTRUCTURA PRE Y POST RALEO PARA LOS SITIOS DE GALERA CHICO Y BALMACEDA

Lugar	Raleo	N (árbs/ha)	AB (m ² /ha)	DCM (cm)	HD (m)	SQ	VTCC (m ³ /ha)
Galera Chico	Antes	3.600 ± 696	42,0 ± 5,3	12,4 ± 1,9	10,0 ± 1,5	2,6 ± 0,7	226,4 ± 47,4
	Después	1.488 ± 325	23,2 ± 4,1	14,2 ± 2,3	9,9 ± 1,0	2,7 ± 0,5	127,3 ± 28,5
Balmaceda	Antes	5.566 ± 988	47,0 ± 6,4	10,5 ± 1,4	9,5 ± 1,0	2,8 ± 0,7	243,8 ± 45,7
	Después	2.177 ± 429	29,6 ± 5,3	13,6 ± 1,8	10,0 ± 0,9	2,6 ± 0,5	158,0 ± 26,1

N : Densidad
AB : Área basal

DCM : Diámetro cuadrático medio
HD : Altura dominante

SQ : Calidad de sitio
VTCC : Volumen total con corteza

La altura dominante (HD) se calculó a partir del promedio de los tres individuos más altos de cada parcela. La calidad de sitio (SQ) se estimó a partir de la altura dominante y una edad de 50 años (promedio entre 32 y 77 años) (Ivancich *et al.*, 2011).

Para estimar el volumen total con corteza se utilizó la ecuación estándar no tradicional que predice el volumen a partir del diámetro a la altura del pecho (DAP) a 1,30 m y la calidad de sitio.

$$VTCC = a \cdot (6-S)^b \cdot DAP^{c \cdot (6-S)^d}$$

(Ivancich, 2013)

Dónde : a, b, c, d: Coeficientes del modelo

VTCC : Volumen total con corteza (m³)

DAP : Diámetro a la Altura del Pecho a 1,30 m (cm)

S : clase de sitio (de I a V incorporándose en la ecuación como números arábigos).

a : 0,000060671; b: 1,08673; c: 2,50975; d: -0,101867.

La variación de las distintas variables dasométricas antes y después de los raleos determinó una reducción de la densidad ente 58 y 60% (Figura N° 4). En términos volumétricos se redujo un 43 y un 35% en los sitios Galera Chico y Balmaceda, respectivamente.

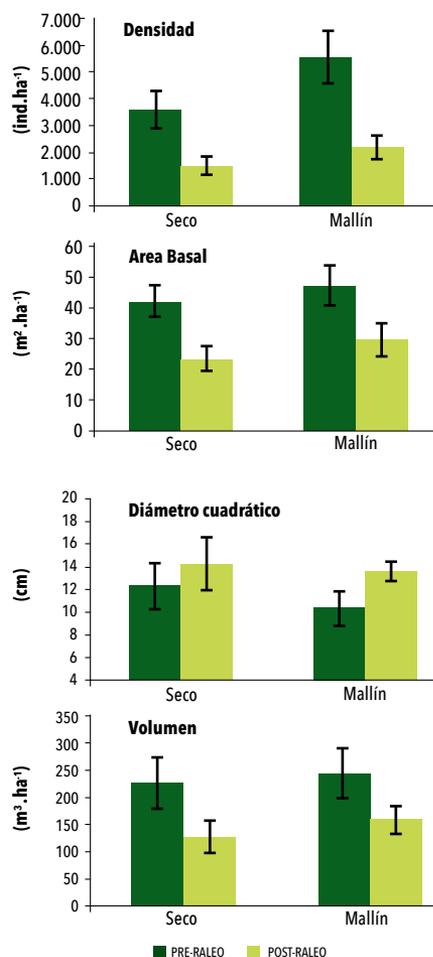


Figura N° 4

VARIACIÓN DE LAS VARIABLES DENSIDAD, ÁREA BASAL, DIÁMETRO CUADRÁTICO Y VOLUMEN LUEGO DE LA INTERVENCIÓN

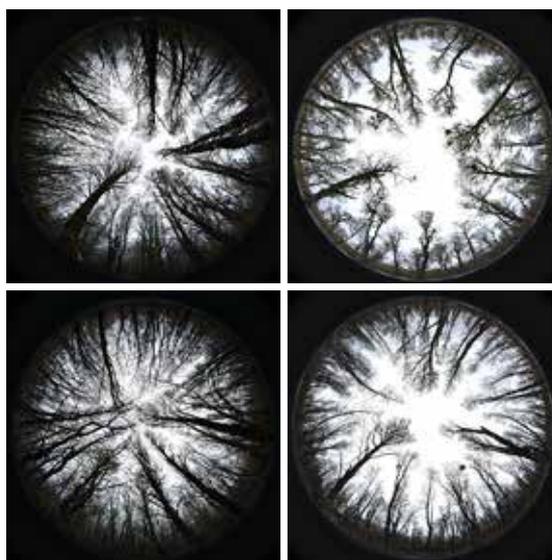
Se evaluó también el cambio de cobertura del dosel, variable relevante para conocer la dinámica de la luminosidad que se relaciona directamente con la estimulación y desarrollo de la estrata herbácea. Esta variación de cobertura, responde a la intervención silvícola aplicada en el bosque de ñirre en cada condición de sitio y fue evaluada mediante fotografías hemisféricas. Las variaciones en los regímenes lumínicos al interior del bosque provocan cambios en la composición de las especies de los estratos inferiores, el sotobosque y el estrato herbáceo, a través del tiempo. Poder cuantificar estas variaciones es clave para entender las interrelaciones que ocurren bajo el bosque.

Existen variados métodos para estimar las variaciones lumínicas al interior del bosque, desde evaluaciones visuales de carácter cualitativo a modernos equipamientos data logger. Un procedimiento de fácil utilización corresponde a las fotografías hemisféricas, método adaptado de la fotografía profesional para la estimación de variables fotométricas y radiométricas de la cobertura de copas.

Como se indica en el Cuadro N° 6 la cobertura boscosa antes de la intervención fue de 72,5% en el ñirral en condición seca y 71,4% en condición de mallín. Posterior al raleo los parámetros cambiaron moderadamente a 46,2% y 46,9% de cobertura respectivamente.

Cuadro N° 6
PARÁMETROS DE COBERTURA DEL DOSEL EN DIFERENTES CONDICIONES DE ÑIRRANTAL
EVALUADO A TRAVÉS DE FOTOGRAFÍAS HEMISFÉRICAS

Sitio	Tratamiento	Cobertura del Dosel (%)						Media (± D. Est.)
		N - S			E - O			
		P1	P2	P3	P1	P2	P3	
Balmaceda	Testigo forestal	69,49	70,24	69,30	71,30	74,22	74,13	71,4 ± 2,2
	Silvopastoral	46,60	47,71	48,57	45,75	46,45	46,40	46,9 ± 1,0
Galera Chico	Testigo forestal	72,76	72,55	71,10	74,45	73,25	70,59	72,5 ± 1,4
	Silvopastoral	49,50	45,04	44,90	46,20	44,9	46,61	46,2 ± 1,8



Izquierda: Testigo Forestal.
Derecha: Silvopastoral
Superior: Galera Chico.
Inferior: Balmaceda

Figura N° 5
VARIACIÓN DE LA COBERTURA DE COPA A TRAVÉS DE FOTOGRAFÍAS HEMISFÉRICAS



Para la estimación de las variables lumínicas en cada sitio en el tiempo, se tomaron tres fotografías hemisféricas en cada tratamiento del ñirrantal, una en cada parcela de inventario. Para ello se utilizó un lente ojo de pez (campo visual 185°), a una altura de 1 m del suelo, con el fin de cuantificar el cambio en el régimen lumínico a nivel de rodal. Estas fotografías fueron tomadas evitando la influencia directa del sol, bajo un cielo cubierto de nubes, temprano en la mañana o durante la tarde luego de la caída del sol (Roxburgh and Kelly, 1995) y posteriormente evaluadas con el software Hemi View.

La transmisividad lumínica corresponde a la proporción de radiación solar incidente sobre un material, que es capaz de atravesar dicho material. Los valores de cielo visible para los tratamientos Testigo Forestal fueron de 21,5% y 23,4% para los sitios Balmaceda y Galera Chico, respectivamente. Estos valores indican que el dosel arbóreo detiene un 78,5% y un 76,6% de la luz que ingresa al bosque, respectivamente. En tanto, para los tratamiento en los cuales se aplicó un raleo (Silvopastoral) los valores de cielo visible fueron de 44,9% y 50,1% para los sitios Balmaceda y Galera Chico, respectivamente.

La radiación solar difusa (ISF) que llega al bosque raleado es de 61% y 66% para los sitios Balmaceda y Galera Chico, respectivamente. En el caso de los bosques sin intervención se registró una ISF cer-

cana al 30% en ambas condiciones, lo que indica cerca del doble de radiación solar en el Tratamiento Silvopastoral.

Finalmente, se evaluaron aspectos relacionados con la regeneración de los bosques, como producción, características y germinación de semillas, propagación asexual por estacas y regeneración natural por semillas y por rebrotes de tocones.

Componente Pradera

Durante tres temporadas (2014-2017) se evaluó la estrata herbácea en las dos condiciones de sitio y en cada tratamiento.

En cada tratamiento se instalaron cuatro jaulas de exclusión (1 m x 0,5 m = 0,5 m²), las cuales fueron distribuidas al azar, aunque en sitios donde existiera cierta cubierta herbácea. Las jaulas se ubicaron en los tratamientos correspondientes.

Cuando la estrata herbácea al interior de la jaula alcanzaba una altura factible de ser muestreada (aproximadamente 15-20 cm), se procedía a su cosecha, removiendo la jaula y colocando un marco de la misma medida (0,5 m²) para cortar con una maquina eléctrica todo el material vegetal presente. La muestra se colocaba en una bolsa para ser llevada



a laboratorio. Luego se procedía a reubicar la jaula en un lugar con similares características del que estaba.

El material colectado se pesó posteriormente en verde, para determinar la producción total de materia fresca. La muestra se dividió en dos fracciones; una para determinar el contenido de materia seca (MS) y otra para composición botánica (separación de especies o grupos de especies constituyentes). La muestra para determinar materia seca ingresaba a una estufa de secado a 60°C por aproximadamente 48 horas hasta peso constante.

Previo a la cosecha de material vegetal (biomasa), se registra igualmente la altura de las plantas, mediante lecturas repetidas con un medidor de altura ad hoc (sward stick). Junto a lo anterior, y con el objetivo de evaluar la cobertura de la estrata herbácea y su composición, se implementaron doce transectos (dos por cada tratamiento, es decir, seis por sitio experimental) para ambos sectores, Balmaceda y Galera Chico.

Se instalaron dos estacas indicativas de 2" x 2" x 160 cm por transecto, pintadas de color blanco y distantes 22 m entre ellas. Para la evaluación, se

utiliza una huincha graduada, midiéndose una distancia total de 20 m. Una vez instalada la huincha entre ambas estacas, se procede a evaluar cada 10 cm la ocurrencia en cada punto. Para ello se utiliza una aguja metálica, la que se sitúa en cada punto y se registra el contacto correspondiente. De esta forma se obtienen 200 puntos por cada transecto (por 2 transectos = 400 puntos por cada tratamiento).

La información colectada es complementaria y permite conocer la cobertura de la estrata herbácea en cada caso y su evolución. De esta forma se complementa la información de los rendimientos de materia seca obtenidos en las jaulas.

En los transectos se consideraron diferentes categorías, algunas de las cuales fueron agrupadas para facilitar su interpretación:

- Gramíneas (pasto ovido, pasto miel, otras)
- Trébol Blanco
- Malezas (diferentes especies de hoja ancha)
- Suelo Desnudo
- Otros (mantillo, hojarasca, rama seca, raíz/tocón, bosta, material muerto)
- Agua
- Juncáceas y ciperáceas.



RESULTADOS ENSAYOS SILVOPASTORALES

Componente Forestal

El ñirre manifiesta una positiva respuesta ante la aplicación de raleos como tratamiento silvícola. Hecho demostrado por un incremento en los valores de crecimiento medio anual en diámetro del bosque manejado de $0,57 (\pm 0,3)$ y $0,3 (\pm 0,05)$ cm/año para los sitios Galera Chico y Balmaceda, respectivamente. En el bosque sin manejo en tanto, se registraron incrementos de solo $0,13$ cm/año ($\pm 0,10$) y $0,15$ cm/año ($\pm 0,01$) para los mismos sitios respectivamente.

En la Provincia de Chubut (Argentina), en un trabajo de Sarasola *et al.*, (2008) se observó una buena respuesta en el crecimiento de ñirrales raleados, registrando un aumento en el crecimiento diamétrico de hasta un 200%. Ivancich *et al.*, (2011) encontraron un incremento diamétrico luego de una temporada de $0,21$ cm/año ($\pm 0,05$) y $0,23$ cm/año ($\pm 0,02$) para la menor y mayor intensidad de raleo, respectivamente, contrastando contra $0,13$ cm/año ($\pm 0,02$) de un rodal testigo.

El sitio sin influencia de la napa freática (Galera Chico) mostró una mayor respuesta al raleo. El incremento en diámetro fue 438% superior al crecimiento del bosque sin manejo (Testigo). Mientras

en el sitio de mallín con influencia de la napa freática (Balmaceda) también una respuesta positiva al raleo, presentando incrementos un 200% mayores al testigo.

Continuidad de la Componente Forestal

Respecto de la continuidad del estrato arbóreo, la rentabilidad y sustentabilidad a largo plazo de un sistema silvopastoral depende entre otras cosas de mantener el estrato arbóreo (Peri *et al.*, 2009), garantizar la continuidad del bosque es fundamental para la provisión de bienes, como madera y leña; servicios ambientales, como calidad de agua, control de erosión, mantención de biodiversidad, entre otros; producción de forraje; reparo del ganado y otros beneficios.

Muchas especies, entre ellas ñirre, pueden reproducirse por vía asexual y por vía sexual. La primera genera nuevos individuos a partir de órganos vegetativos, por esto también se la denomina multiplicación vegetativa. Tiene como ventaja la rápida propagación de las plantas, porque se generan muchos organismos en poco tiempo, sin embargo se generan clones genéticamente idénticos a los pa-

Cuadro N° 7

INCREMENTO ANUAL MEDIO EN DIÁMETRO, ÁREA BASAL Y VOLUMEN POR SITIO Y TRATAMIENTO

Tratamiento	Galera Chico			Balmaceda		
	IncDCM (cm)	IncAB (m ² /ha)	IncVTTC (m ³ /ha)	IncDCM (cm)	IncAB (m ² /ha)	IncVTTC (m ³ /ha)
Testigo Forestal	$0,13 \pm 0,10$	$0,74 \pm 0,8$	$4,12 \pm 3,8$	$0,15 \pm 0,01$	$1,6 \pm 0,2$	$8,0 \pm 0,9$
Silvopastoral	$0,57 \pm 0,3$	$1,87 \pm 1,1$	$10,88 \pm 7,4$	$0,3 \pm 0,05$	$1,4 \pm 0,05$	$7,5 \pm 0,4$

IncDCM : Incremento en diámetro cuadrático medio.

IncAB : Incremento en área basal.

IncVTTC : Incremento en volumen total con corteza.



dres y se estrecha la base genética. Esta vía asexual incluye la regeneración por rebrote de los tocones.

La reproducción sexual en tanto, es un proceso más lento, debe existir el proceso de fecundación y producción de semillas en el bosque, los descendientes no son idénticos a los padres y se mantiene una base genética relativamente más amplia.

- PROPAGACIÓN SEXUAL

Se estudió la semilla de ñirre a través de evaluaciones físicas y ensayos de propagación.

El peso de 1.000 semillas de ñirre procedentes de un ñirral en condición de mallín (Balmaceda) fue de 1,27; 1,45 y 0,76 g y el número de semillas por kilogramo fue de 784.450; 972.000 y 1.368.000, respectivamente para las temporadas 2014, 2015 y 2016. El ñirral en condición seca (Galera Chico) presentó un mayor peso de semillas y en consecuencia menor cantidad de semillas por kilogramo (718.000) para la temporada 2014.

Valores similares fueron entregados por Bahamonde *et al.*, (2013), quienes evaluaron el peso de 1.000 semillas de ñirre en diferentes clases de sitio en la Patagonia argentina, encontrando valores entre los rangos 1,1 y 1,6 g.

Sin embargo, en la temporada 2016 en ambos sitios se encontró diferencia en el peso y número de semillas por kilogramo, presentando bajos valores

de peso (0,76 y 0,73 sitios mallín y seco, respectivamente) y altos números de semillas por kilogramo que superaron el millón para ambos sitios, con tamaños menores y por ende menor poder germinativo.

En relación a la capacidad germinativa (CG), ñirre presentó baja capacidad de germinar bajo los tratamientos evaluados en el proyecto, no obstante, son los valores más altos registrados en territorio nacional, alcanzando un máximo de CG de 28 % cuando se estratifica a 4 °C en arena húmeda por 45 días.

La reducida capacidad germinativa es confirmada por estudios de Premoli (1991) en poblaciones argentinas, donde después de la estratificación fría se alcanzó un 18,4 %.

Mejores resultados fueron publicados por Donoso y Cabello (1978) en Chile, obteniendo una CG de 20,6 %.

Diversos factores podrían explicar la baja capacidad germinativa de ñirre, entre ellos factores genéticos (Quiroga *et al.*, 2005); ataques de plagas, hecho que se acentúa en la zona transición entre el bosque y la estepa (Salinas *et al.*, 2014); ausencia de embriones viables en las semillas, provocando partenocarpia por tratarse probablemente de un año de escasa floración (Premoli, 1991); herbivoría de insectos (Gentili y Gentili, 1988; Soler, 2011); tumores por ataque de bacterias, hongos y/o virus (Braun, 1969).



Figura N° 6
SEMILLAS Y ENSAYOS DE GERMINACIÓN

En cuanto a la regeneración natural por semillas, se evaluó el establecimiento de plantas en el mes de diciembre y la sobrevivencia en el mes de abril (Bahamonde *et al.*, 2011).

La primera temporada de evaluación fue posible encontrar sobre 20.000 plantas/ha en el sitio de Balmaceda y sobre 10.000 plantas/ha en el sitio Galerita Chico. Sin embargo, existió nulo porcentaje de supervivencia en el mes de abril.

En la segunda temporada no fue posible encontrar regeneración natural en ambos sitios, hecho que coincide con el menor tamaño de semillas encontrado ese año y la nula capacidad germinativa de la semilla en dicha temporada.

Esta respuesta también es atribuible a dos temporadas de crecimientos con un alto déficit hídrico (- 81%) en la localidad de Balmaceda, el más alto del país y la temporada más seca de los últimos 50 años.



Figura N° 7
REGENERACIÓN NATURAL DE ÑIRRE

Estudios realizados por Bahamonde *et al.*, (2011) consideran que la instalación de plántulas se vio favorecida en los rodales con uso silvopastoral respecto a bosques primarios, no obstante, la supervivencia posterior fue muy baja o nula en todas las situaciones estudiadas.

- PROPAGACIÓN ASEXUAL

En el caso de la reproducción asexual se abordó el tema de la producción de plantas mediante arraigamiento de estacas y el de la regeneración del bosque a partir de rebrotes de tocones.

En materia de arraigamiento de estacas fueron desarrollados tres ensayos empleando estacas obtenidas de los dos sitios, Balmaceda y Galera Chico. En el primero se consideró la aplicación de altas concentraciones de auxinas, en el segundo concentraciones más bajas y en el tercero se incorporó evaluaciones periódicas a distintos períodos de tiempo.

En el primer ensayo las concentraciones de auxinas fueron de 2.000 a 8.000 ppm. El valor máximo de arraigamiento, 73%, se obtuvo con IBA ROOT M.R. [2.000 ppm] polvo, enraizante hormonal que contiene Acido 3 Indol Butírico como agente activo.

Este ensayo permitió determinar que altas concentraciones de la hormona reducen el porcentaje de enraizamiento de estacas de ñirre.

Santelices y Cabello (2006) encontraron un efecto similar en un estudio de enraizamiento de estacas de hualo (*Nothofagus glauca*) en el cual se apreció que las concentraciones superiores generaban una respuesta menor en formación de raíces.

El segundo ensayo considero bajas concentraciones de auxina (desde 0 a 2000 ppm) y en este trabajo el máximo enraizamiento se consiguió con una concentración de 500 ppm con solo 23% de estacas enraizadas.

En el tercer ensayo (Figura N° 8) se incorporó la variable tiempo de evaluación (15, 30, 45, 60 y 90 días después de instaladas las estacas en la cama caliente. Los dos anteriores se habían evaluado hasta 30 días) y se apreció un incremento de enraizamiento a medida que aumentaba el tiempo de evaluación, hasta llegar a un máximo de 53% con una concentración de la auxina líquida a 500 ppm a los 60 días, resultados suficientes para concluir que ambas concentraciones (500 ppm líquido y 2000 ppm polvo) son adecuadas.

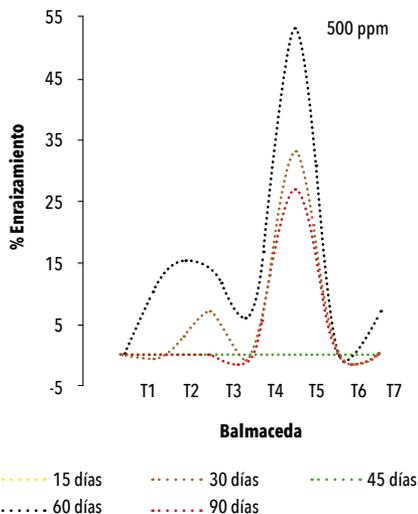


Figura N° 8
ESTACA DE ÑIRRE CON RAÍCES

Respecto de la regeneración natural por rebrotes, el principal mecanismo de regeneración son los rebrotes desde tocones de árboles cortados, aunque también hay otros orígenes de rebrotes, como aquellos desde raíces o de arraigamiento de acodos (Peri et al., 2009).



Figura N° 9
ESTACA DE ÑIRRE CON RAÍCES

El proyecto desarrollado por INFOR abordó la regeneración desde tocones como forma de asegurar la mantención o recuperación del estrato superior del bosque.

Los rebrotes en sus estados iniciales son muy susceptibles al daño por ramoneo de ganado doméstico y de liebres y otros animales silvestres, razón por la que se probaron sistemas de protección de los tocones y sus rebrotes, con estructuras simples que evitan estos daños hasta que alcanzan una altura que los pone fuera del alcance del ganado y animales silvestres.

Se trata de protecciones individuales a los tocones con estructuras que para el caso de bovinos llegan a una altura de 2,5 m, siendo más bajas evidentemente para ovinos o caprinos.

Se diseñaron 3 modelos para la construcción de estas estructuras. El primero con malla metálica que aísla el tocón, el segundo o tradicional construido de alambre liso y púas, y el tercero confeccionado con desechos del raleo.



Figura N° 10
PROTECCIÓN INDIVIDUAL DE TOCÓN

Todos ellos reducen en mayor o menor medida la presión de ramoneo en comparación con testigos sin protección donde el porcentaje de ramoneo puede llegar al orden del 75 y 90% en las condiciones de mallín y seco, respectivamente (Salinas y Acuña, 2017).

Componente Pradera

A modo de resumen, se presentan los resultados de la evaluación de la pradera en el sitio de mallín temporal (Balmaceda).

Los resultados muestran que el bosque sin intervenir presenta muy escasa producción en herbáceas, debido a las altas condiciones de sombreado y competencia que ejerce el bosque para especies cercanas al suelo, con solo 200-350 kg MS/ha medidos en jaulas,.

La proporción de suelo cubierta por herbáceas es de solo 7% aproximadamente, razón por la que el aporte de materia seca de herbáceas por unidad de superficie es casi inexistente.

El tratamiento silvopastoral registra producciones de entre 2.500-3.300 kg MS/ha y, al ponderar por la proporción medida de cobertura estimada de herbáceas (alrededor de 50%), se tiene que la estrata herbácea podría aportar entre 1.250-1.650 kg MS/ha.

En este caso, considerando una utilización de, por ejemplo 50%, el consumo potencial por animales herbívoros podría ser de alrededor de 600-800 kg MS/ha. Esto podría permitir la mantención de una UA (unidad animal) (1 vaca de 500 kg de peso vivo) por 45 - 60 días en 1 hectárea de superficie.

En el caso de la pradera naturalizada abierta, se tiene producciones de entre 3.300-3.600 kg MS/ha. Este sector presentaba alrededor de 13% de incidencia de superficie con suelo desnudo o material no ligado a componentes vivos vegetales.

Se tendría así aproximadamente entre 2900-3.100 kg MS/ha de producción en la estrata herbácea (pradera). Con una utilización estimada de 60% se tiene una disponibilidad para consumo de 1.700-1.900 kg MS/ha, y considerando parámetros similares al caso anterior, la pradera podría sustentar la misma unidad animal por alrededor de 140 - 150 días.

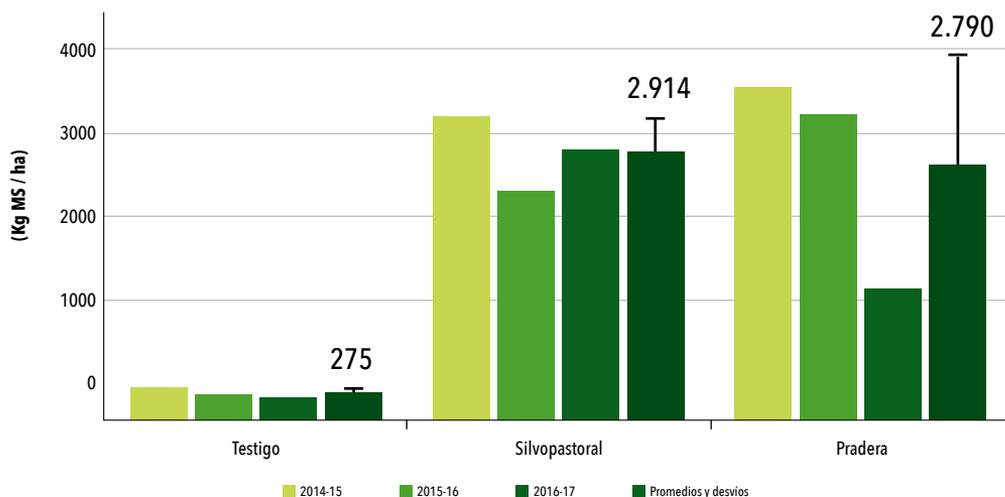


Figura N° 11

PRODUCTIVIDAD DE LA ESTRATA HERBACEA EN TRES TEMPORADAS DE CRECIMIENTO BAJO UN BOSQUE DE ÑIRRE SIN INTERVENCIÓN, CON UN RALEO Y EN LA PRADERA

En base a las producciones de forraje medidas en jaulas, la cobertura estimada en transectos y la aplicación de niveles de utilización por parte de los animales, se estimó una aproximación de la capacidad sustentadora de la situación silvopastoral y la de la pradera.

Se puede inferir que el tratamiento silvopastoral (bosque raleado) podría sostener una carga animal

aproximada (equivalente anual) de 0,15 UA/ha (unidades animales bovinas), mientras que la pradera degradada llegaría a 0,39 UA/ha, teniendo en cuenta que la utilización de estos sectores será generalmente de forma estacional.

El tratamiento de bosque sin intervenir (Figura N° 12a) presenta la mayor cobertura de la estrata arbórea. En la base del bosque se observó una presencia

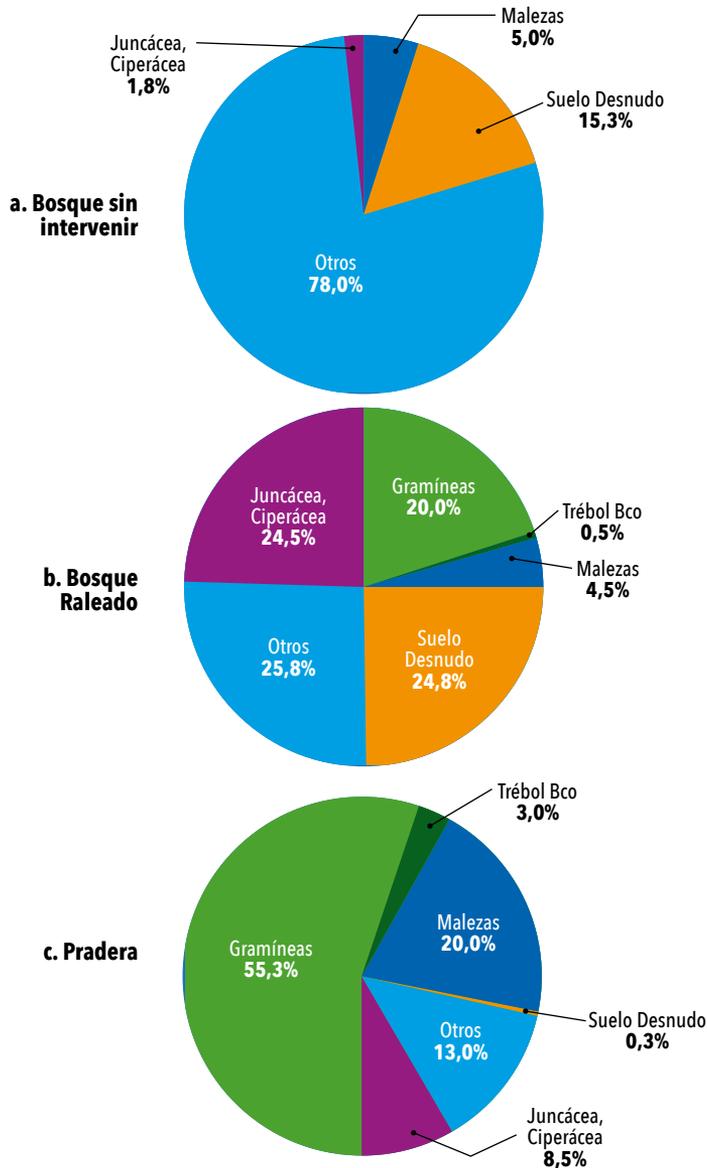


Figura N° 12
CATEGORÍAS MEDIDAS EN TRANSECTOS EN LA ESTRATA HERBÁCEA



dominante de categorías como hojarascas, raíz/tocón (78%), seguido principalmente por suelo desnudo (15,3%). Por su parte la presencia de estrata herbácea es prácticamente nula (ciperáceas y juncáceas 1,8%), aparte de las malezas (5%) aspecto que se ve también reflejado en el rendimiento observado en las jaulas.

En el sector de bosque raleado (Figura N° 12b) se aprecia un porcentaje considerable de ciperáceas (24,5 %) y la cobertura de material herbáceo es significativamente menor al de la pradera abierta. En el bosque se encuentra una cantidad apreciable de contactos en componentes como raíces, tocones, hojarascas y mantillo (calificado como Otros: 25,8 %). El componente de suelo desnudo (24,8 %) es igualmente importante en esta condición. Este bosque se inunda habitualmente en invierno y primavera, lo que también incide en el éxito de lograr una cubierta herbácea más homogénea. La presencia de gramíneas no supera el 20%.

En el lugar en el cual se evaluó el transecto de la pradera naturalizada (Figura N° 12c) se apreciaba una vegetación muy densa, con presencia de mogotes y juncáceas. Se observa una alta presencia de gramíneas (sobre un 50% de pasto miel y poa) y casi ausencia de suelo desnudo. Además se observa presencia importante de malezas (20 %), con contactos menores de ciperáceas, trébol blanco, malezas, y musgos. En la pradera naturalizada sin bosque prácticamente no hay suelo desnudo y el componente de mantillo llega a 13%. Estas cifras son importantes a la hora de ponderar las evaluaciones de producción realizadas.

Durante el período de evaluación se ha observado que existe un notable efecto de la intervención del bosque de ñirre sobre el desarrollo de una estrata herbácea. Ya al segundo año se aprecian aumentos de disponibilidad de biomasa en el bosque raleado, destacando el importante efecto de abrir el dosel, permitiendo el ingreso de luz hasta el piso del bosque. En el bosque no intervenido el aporte de materia seca de herbáceas es bastante bajo.

Sin embargo, debe considerarse que la estrata herbácea en el bosque raleado no es homogénea y, aunque en las jaulas se obtienen producciones de forraje similares a la pradera exterior, la cobertura de la misma es muy inferior. Ello hace que la capacidad de sustentación animal del bosque raleado sea inferior a la de la pradera abierta.

Igualmente hay que considerar que la comparación se está realizando con una pradera naturalizada bastante degradada, por lo que en condiciones potenciales (corrección de fertilidad del suelo) la diferencia pudiera ser mayor.

Por ello, es interesante estudiar a futuro los efectos de corrección nutricional del suelo y el estímulo que ello pueda significar sobre la estrata herbácea. En praderas naturalizadas, considerando las producciones medidas en esta localidad, la experiencia del INIA permitiría estimar al menos duplicar la producción de materia seca mediante corrección de acidez (aplicación de cal) y fertilización con azufre y fósforo.

PAUTAS Y RECOMENDACIONES PARA MANEJO SILVOPASTORAL

La Ley 20.283 sobre Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal, es una herramienta para el desarrollo sustentable del sector forestal chileno, sin embargo, aún es necesario adecuar aspectos técnicos y legales para fortalecerla y hacerla más operativa.

Esta ley financia la ejecución de planes de manejo bajo los literales maderero y no maderero, sin embargo, el aprovechamiento de otros usos del bosque, como el silvopastoral, aún no está considerado de manera explícita dentro de este marco legal.

Generar iniciativas de investigación para integrar los diversos bienes y servicios del bosque nativo es fundamental con el fin de adaptar nuevas propuestas productivas y de manejo a los nuevos escenarios de cambio climático que afectan o afectarán al bosque nativo.

No afrontar este problema a tiempo y no aplicar normas técnicas de manejo puede repercutir negativamente en ciertas áreas donde se presentan preocupantes síntomas de deterioro ambiental.

En la actualidad no existen planes de manejo orientados a manejo silvopastoral en bosques de ñirre en el país. A continuación se exponen pautas y recomendaciones mínimas para la aplicación de silvopastoreo en bosques de ñirre en la Región de Aysén, que busquen mejorar la calidad y productividad de los sistemas y mejorar su conservación.

Plan de Manejo Silvopastoral

El primer paso es disponer de planes de manejo forestal de largo y mediano plazo, se recomienda



un horizonte mínimo de 5 años. En este tiempo se deben proyectar las actividades silvícolas y no silvícolas para dar comienzo al manejo del ñirrantal.

Es necesario consensuar y reglamentar un formulario tipo para un estudio técnico que tienda a mantener en el tiempo las funciones del bosque nativo y al mismo tiempo se ajuste a la legislación forestal vigente, que sea práctico en su implementación y sirva a los organismos de fiscalización.

El plan de manejo debe considerar un inventario forestal detallado para determinar las variables dasonométricas del rodal a intervenir. Según Peri *et al.*, (2009) el estudio debe incluir la densidad y estado

de la regeneración, los resultados del inventario forestal, la información productiva del predio y los objetivos del manejo del recurso forestal. El Plan de Manejo incluye la información base (estado legal, forestal y económico) y la planificación de las actividades silvícolas y de aprovechamiento en un tiempo establecido (horizonte mínimo de 5 años).

Es importante también desarrollar un Sistema de Información Geográfica (SIG) que contenga la información digital proveniente de un inventario detallado a escala regional del estado actual de los bosques de ñirre.

Este instrumento de manejo y ordenación del bosque debe considerar los siguientes aspectos generales:

- Objetivos del plan de manejo silvopastoral.
- Aspectos legales y administrativos de la propiedad y el poseedor del dominio vigente.
- Descripción de los recursos forestales que serán manejados, del entorno natural y de las limitantes ambientales existentes.
- Inventario forestal diseñado en función de los objetivos de manejo.
- Descripción de una propuesta silvícola de manejo detallada.
- Técnicas para dar continuidad al bosque en función de la información generada en el inventario.
- Ajuste de carga animal en base a una evaluación de la estrata herbácea.
- Descripción y justificación de las técnicas de aprovechamiento y del equipamiento utilizado (camino, vías de saca, maquinaria, bueyes).
- Medidas para el monitoreo de la dinámica del bosque y sotobosque, y medidas de mitigación

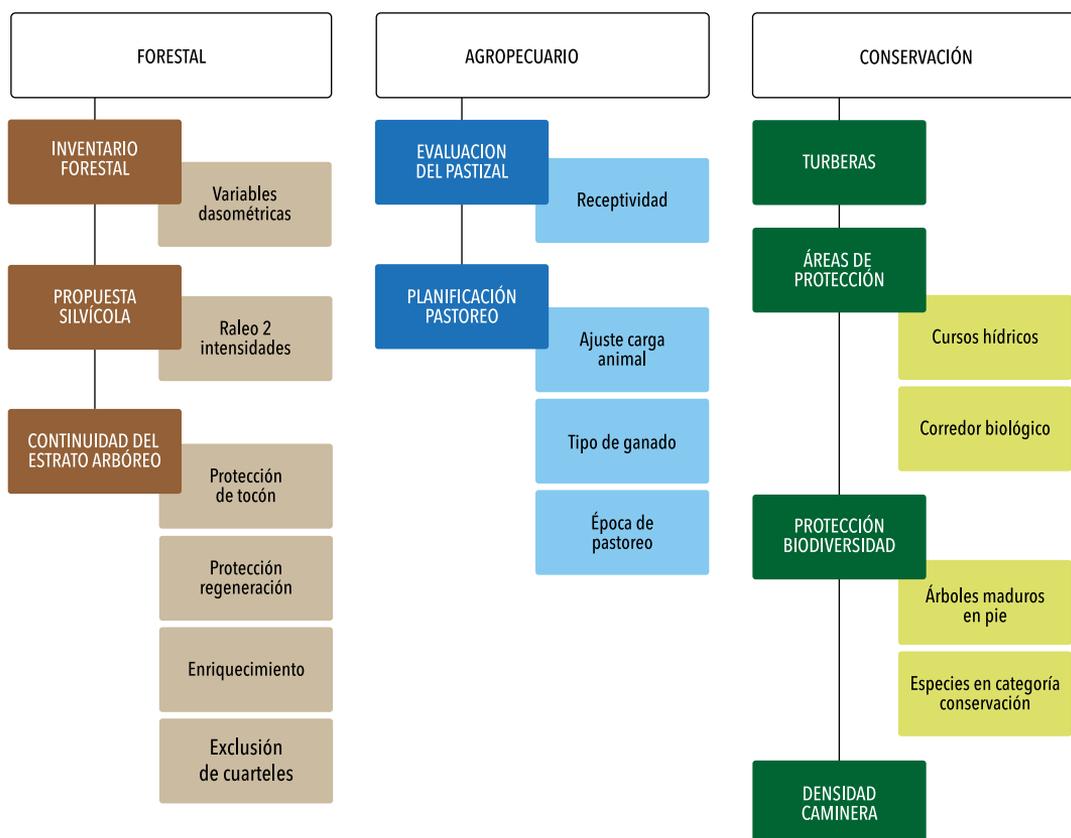
de los impactos ambientales ocasionados.

- Cartografía georreferenciada que identifique la ubicación, las vías de acceso a la propiedad, rodales a intervenir, proyección de caminos y los aspectos naturales relevantes.
- Plan Operativo anual: Descripción de todas las actividades anuales contenidas dentro del Plan de Manejo Silvopastoral.

Para garantizar el uso silvopastoral de los ñirrales en un marco de sustentabilidad, también es necesario que el Plan de Manejo incorpore una Evaluación de Pastizales.

- Evaluación de Pastizales previo y posterior a las intervenciones silvícolas tendrá el objetivo de proveer información que permita tomar decisiones de manejo para optimizar la producción ganadera en los sistemas silvopastorales.
- Planificación del Pastoreo, el cual consiste en determinar el número de animales (carga animal) y la época de uso de cada potrero. Para esta actividad se consideran las siguientes etapas;
 - (i) Estimación de la receptividad de los potreros.
 - (ii) Asignación de tipo de animal por potrero priorizando según situación, objetivos y requerimientos.
 - (iii) Definición del sistema de pastoreo analizando las ventajas de pastoreo continuo versus pastoreo rotativo.
 - (iv) Definición de número de cabezas según receptividad, categoría animal y época de uso.

Un estudio técnico de manejo silvopastoral en bosques de ñirre, debería identificar al menos los siguientes términos a partir de los componentes:



- PROPUESTA SILVÍCOLA

La propuesta de manejo silvícola para bosques de ñirre considera raleos a diferentes intensidades dependiendo del sitio y principalmente de la disponibilidad hídrica del suelo.

Integrando conocimientos generados por el proyecto y diversos trabajos de investigación científica y aplicada realizados en Argentina, se proponen dos intensidades de raleo para diferentes condiciones de sitios de bosques de ñirre. Tomando en consideración lo expuesto por Peri *et al.*, (2009) y conociendo la realidad regional, se propone excluir de toda actividad de aprovechamiento silvícola aquellos bosques o formaciones con alturas dominantes inferiores a 4 m debido a la fragilidad ambiental del ecosistema.

Se sugiere la aplicación de raleo bajo dos intensidades según condiciones de sitio, principalmente en lo referente a humedad del suelo.

Ñirrales en Condición de Transición con Estepa:

En sitios de estrés hídrico se recomienda una intensidad máxima de raleo que deje una cobertura de copas remanente de 50%, la corta se debe realizar en forma homogénea en el rodal, dejando un distanciamiento uniforme entre árboles. Al mismo tiempo se recomienda un tipo de raleo por lo bajo, es decir, eliminar los árboles de las clases inferiores con el objetivo de beneficiar en calidad el rodal futuro.

Esta intervención permitirá aumentar el DMC en un 15% y aumentar el incremento medio anual en diámetro en un 438% en comparación con un bosque sin manejo. En términos de área basal se recomienda no remover más de 45% del total de área basal. Con la remoción de este porcentaje se logró aumentar el incremento anual (IncAB m²/ha) en área basal en un 253% en comparación al bosque sin manejo.

A la vez, la intervención provocará un aumento de luminosidad lo cual determinaría un aumento de 2.526 ± 1.259 kg MS/ha/año partiendo de un bos-



que cerrado con un 70-80% de cobertura.

Los sitios de estrés hídrico severo son definidos como aquellos ñirrantales con alturas de los árboles dominantes entre los 5-8 m. Estos sitios corresponden por ejemplo a zonas del límite entre estepa y bosque donde el clima determina un régimen con un fuerte déficit hídrico coincidente con la estación de crecimiento.

En estos sitios, las plantas sometidas a un sombreado y protegidas del efecto desecante de los fuertes vientos presentan menores tasas de transpiración y evaporación en comparación con sitios abiertos. Esta diferencia en la disponibilidad de agua en suelo en los sistemas silvopastorales en comparación con pastizales puros determina una mayor productividad.

Para la Región de Aysén, estos sitios corresponden a las localidades cercanas al límite fronterizo con Argentina. Por ejemplo, en estos sitios de severo estrés hídrico se alcanzó la máxima tasa de crecimiento de materia seca con una cobertura de copas del 55% (Peri *et al.*, 2005).

Ñirrantales en Condición de Humedad Favorable. En condiciones de sitios con un régimen de precipitaciones más favorable o ñirrantales con alturas de los árboles dominantes superiores a los 8 m, que puedan crecer en sitios de mallín temporal (aquellos que reciben afluencia de agua y esta se mantiene solamente unos pocos meses al año), se recomienda una intensidad máxima de raleo que deje una cobertura de copas remanente entre 55 y 60%.

La corta se realiza bajo los criterios antes mencionados (raleo por lo bajo). Esta intervención permitirá aumentar el DMC en un 30% y un incremento medio anual en diámetro en un 400% en relación al bosque sin intervención.

En términos de área basal se recomienda remover entre 35 y 40% del total de área basal. Al remover el 37% del AB total en el sitio Balmaceda, se logró un incremento anual en área basal (IncAB m²/ha) del orden de un 253% en comparación al bosque sin manejo.

En términos generales esta propuesta de raleo es

más conservadora que la anterior, esto debido principalmente a la situación en estudio, es decir, la presencia de un mallín temporal, donde existen factores que pueden perjudicar la estabilidad del bosque después del raleo, tales como; raíces superficiales, suelo delgado, napa freática elevada, velocidad del viento, entre otras. Por ello, debe considerarse esta disminución de la intensidad de corta en situaciones relacionadas directamente a mallines temporales.

Para ambas condiciones se considera dejar una zona de protección contra el viento por el borde del rodal. Esta zona de protección eólica debiera al menos considerarse un ancho igual a la altura media del bosque.

Situación distinta ocurre en ñirrantales del morfotipo arbóreo que crecen en buenos sitios con precipitaciones favorables y suelo profundos alcanzando alturas mayores a 20 m (menor proporción en la región, ejemplo de ello son formaciones de Bahía Murta), para este tipo de sitios (Figura N° 13) se puede considerar la propuesta más intensa de raleo.



Figura N° 13
ÑIRRANTALES EN CONDICIONES DE SITIO
FAVORABLES BAHÍA MURTA

La disminución de la cobertura permitiría un aumento de 2.914 ± 396 kg MS/ha/año partiendo de un bosque cerrado con un 70-80% de cobertura. En estos sitios se detectó una disminución de la tasa de crecimiento de materia seca de la pastura aproximadamente lineal con el aumento de la cobertura de copas.

Sin embargo, la presencia de árboles en estos sitios disminuye el daño directo ocasionado por las heladas y/o acumulación de nieve sobre las pasturas. Por ello, el período vegetativo de los pastos se alarga en sistemas silvopastorales comparados al de un pastizal abierto, modificando de esta manera la duración de la oferta forrajera para los animales.

Se plantea un Sistema de Manejo Silvopastoral Rotativo (Figura N° 15) con el fin de mantener un orden en el manejo de los potreros de ñirre principalmente en el componente animal. En este sentido se consideran ciclos de corta cada 5 años y

superficies de intervención relacionadas a la capacidad de gestión del productor.

Cada acción silvícola de raleo deberá ir ligada a una actividad destinada a dar continuidad al bosque (Ej. protección individual de tocones) y finalmente se recomienda como una práctica de conservación dejar una zona de recuperación de al menos 25% del área a intervenir, esta zona tiene como objetivo recuperar ñirrales degradados por factores bióticos y/o abióticos, y en ella es fundamental la exclusión de ganado.

Cada una de las propuestas debe ir detallada en el plan de manejo silvopastoral, junto con el programa de cortas anuales planteadas.

Una vez definida las áreas de corta, el extensionista o profesional debe realizar la marcación y la capacitación al productor, definir la ubicación de las vías de extracción y las canchas de acopio y caminos internos si fuera el caso.



(Fuente: Adaptado de Peri *et al.*, 2009)

(I) Propuesta silvícola para ñirrales creciendo en lugares seco, de transición con la estepa, siempre que la altura dominante este entre 5 y 8 m.

(II) Propuesta silvícola para ñirrales creciendo en situaciones de humedad más favorables, que forman ecosistemas de mallín temporal.

Figura N° 14
PROPUESTA SILVÍCOLA PARA BOSQUES DE ÑIRRE BAJO ENFOQUE SILVOPASTORAL

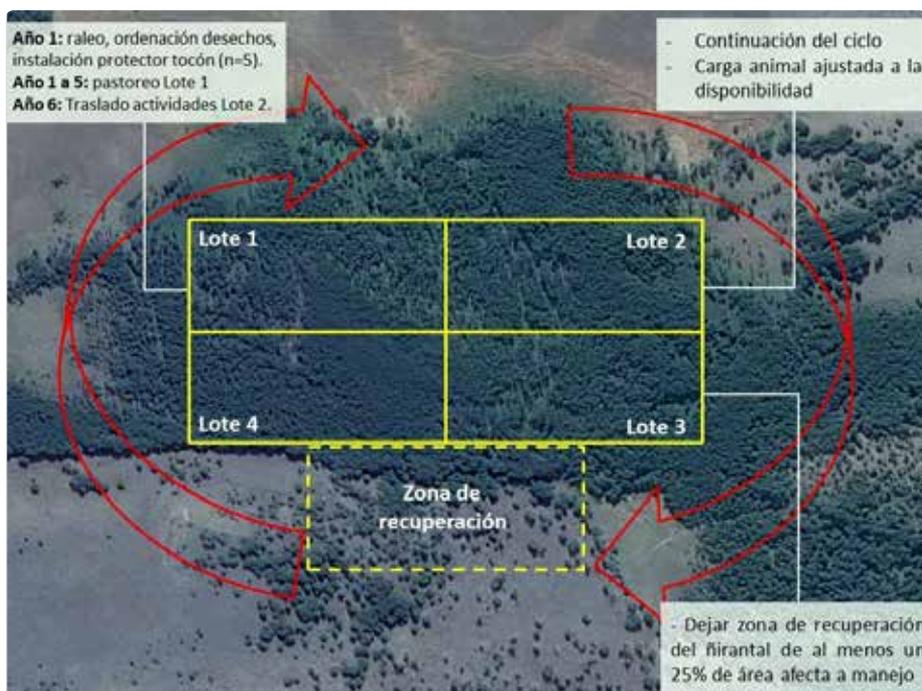


Figura N° 15

PROPUESTA DE SISTEMA DE MANEJO SILVOPASTORAL ROTATIVO

- LABORES PARA LA CONTINUIDAD DEL ESTRATO ARBÓREO

Se recomienda que toda actividad de manejo silvopastoral en bosque de ñirre se realice en conjunto con una actividad orientada a dar continuidad del bosque. No es posible compatibilizar la actividad pecuaria y la forestal a largo plazo, sin tener en cuenta la mantención del bosque y las funciones que este presta a la sociedad.

La permanencia del dosel del bosque tendrá los objetivos de mantener la productividad la pradera, el reparo para los animales, los servicios ambientales (control de erosión, calidad de agua, conservación de la biodiversidad, entre otros) y asegurar una producción diversificada (Peri *et al.*, 2009).

La continuidad del bosque es posible a través de diversas estrategias que ha desarrollado la especie para multiplicarse. Basado en evaluaciones de ensayos de regeneración natural, estudios de germina-

ción bajo condiciones controladas realizados por el proyecto y estudios de largo plazo desarrollados por investigadores de Argentina, referidos a cuantificar la producción y calidad de semillas, la caracterización del banco de plantas (incorporación, mortalidad y crecimiento) en diferentes calidades de sitio (Tejera *et al.*, 2005; Peri *et al.*, 2006; Hansen, 2004) se concluye que la continuidad del estrato arbóreo bajo uso silvopastoral no puede asegurarse solo mediante la regeneración natural de semillas, por lo que es necesario aplicar otras técnicas silviculturales que permitan dar continuidad al bosque y al mismo tiempo soportar actividades de silvopastoreo.

Una de las estrategias que entrega resultados positivos es la protección individual de tocones, práctica que es posible aplicar con posterioridad al raleo y que cumple la función de proteger los brotes vegetativos, impidiendo el ramoneo de animales hasta que los rebrotes logran una altura mayor a 2,5 m cosa que ocurre 5 a 7 años después de establecida la protección.



(Fuente: Adaptado de Peri et al., 2009).

Figura N° 16

PROPUESTA PARA DAR CONTINUIDAD AL BOSQUE DE ÑIRRE, A TRAVÉS, DE LA PROTECCIÓN INDIVIDUAL DE TOCÓN

Existen diferentes posibilidades de dar protección a los tocones empleando alambre de púas, malla de alambre y madera de residuos de raleos. Esta práctica de protección de tocones es posible incorporarla en el cómo actividad bonificable en la tabla de costos de la Ley 20.283.

Las recomendaciones generales para la construcción e implementación de protectores individuales de tocón, que derivan del conocimiento empírico del equipo técnico y del trabajo publicado por Peri et al., (2009) son las siguientes:

- Realizar las labores de instalación en temporadas invernales, con el fin de que el suelo permita clavar las estacas con facilidad.
- Utilizar estacas de un largo no mayor a 2,5 m, con el fin de facilitar el clavado y maniobrabilidad en terreno.
- Las estacas no deben tener podredumbre basal, tampoco curvatura muy pronunciada.
- Estacas muy gruesas dificultarán el clavado y estacas muy delgadas debilitarán la estructura y pueden romperse al ser clavadas o volteadas posteriormente por los animales. Se recomiendan estacas de 2 a 3 pulgadas de diámetro.
- Al momento de elaborar las estacas prepararlas con punta en la parte inferior para facilitar el trabajo.

- Utilizar estacas de madera que provengan del raleo del ñirrantal, no utilizar maderas blandas como álamo o pino.
- El uso de alambre galvanizado o acerado prolongará la vida útil del protector.
- Si es común la acumulación de nieve en la zona se recomienda utilizar estacas de mayor tamaño.



Figura N° 17

PROTECCIÓN INDIVIDUAL DE TOCÓN CON MALLA

Otra práctica necesaria en sitios donde no se observa regeneración natural establecida es incorporar plantas de la especie producidas en vivero con germoplasma obtenido de poblaciones cercanas al lugar de repoblamiento.

Estas prácticas están definidas en Reglamento del Fondo de Conservación, Recuperación y Manejo Sustentable del Bosque Nativo, creado por la Ley N° 20.283 bajo las siguientes denominaciones:

Enriquecimiento Ecológico: La incorporación de plantas de especies nativas o autóctonas a un predio. Las plantas a incorporar de las especies a establecer deben provenir de semillas o propágulos de las poblaciones silvestres más próximas al área a manejar.

Revegetación: La acción de repoblar un terreno con vegetación nativa o autóctona, mediante manejo de la regeneración natural, siembra o plantación. Tratándose de siembra o plantación se deben utilizar semillas o propágulos de las poblaciones silvestres más próximas al área a manejar.

Plantación Suplementaria: Aquella plantación bajo dosel o con protección arbórea lateral que se efectúa con especies nativas propias del lugar, o del mismo tipo forestal que hayan existido anteriormente en él, y que se realiza en forma complementaria a la regeneración natural, para mejorar la calidad del bosque nativo.

En materia de protección, si bien se desconoce el número de plantas a integrar en los diferentes estadios del bosque, se considera necesario en una primera etapa proteger 200 árb/ha, hasta que logren una altura adecuada para evitar el ramoneo y soportar futuras intervenciones silvícolas, posteriormente es necesario proteger los siguientes 200 árb/ha.



Figura N° 18
PLANTACIÓN DE ÑIRRE EN GRUPOS CON PROTECCIÓN INDIVIDUAL (MALLA) Y CERCO PERIMETRAL, TREVELIN, ARGENTINA

En caso de plantación, se recomienda realizar una plantación en grupo de 10 a 20 plantas con protección individual (malla raschel, policarbonato, otros) y cerco perimetral al grupo de plantas (Figura N° 18), de esta forma llegar a una densidad final estimada en 150 a 250 árb/ha (considerando muerte de algunas por factores bióticos y abióticos). Peri *et al.* (2009) estiman que se deberá proteger de 2 a 5 renovales de ñire por hectárea anualmente hasta asegurar el reemplazo total de los individuos en fases de envejecimiento o desmoronamiento (con edades superiores a los 150 años) para la densidad final definida en cada sitio.

- LABORES DE CONSERVACIÓN DEL ÑIRRANTAL

En el proyecto no se contempló como foco de estudio las labores de conservación del ñirrantal en un manejo silvopastoral, sin embargo se considera necesario integrar pautas mínimas para compatibilizar el manejo y la conservación de los bosques de ñire. Para ello, se realizó un proceso de revisión bibliográfica de diferentes autores (Rush *et al.*, 2004, Peri *et al.*, 2009; Hansen *et al.*, 2009; Peri, 2009), la que junto al conocimiento que los investigadores y técnicos desarrollaron a lo largo de la ejecución del proyecto, permite definir resguardos para no comprometer las funciones de los ecosistemas dominados por ñire.

Red Caminera: Se debe considerar y privilegiar el uso y habilitación de caminos existentes en los predios, excepto en situaciones en las que su utilización pudiera provocar o agravar procesos erosivos. Según lo citado por Rusch *et al.*, (2004) la densidad de caminos debe ser preferentemente menor a 30 m/ha. El área alterada por la red de caminos no debe superar un 5% de la superficie manejada.

Aquellos caminos que hayan cumplido su vida útil, o se consideren actualmente en exceso, deben ser desactivados, cuando no sea posible realizar un adecuado mantenimiento de su estado incluyendo sus obras de drenaje. Al trazar caminos en valles o cerca de ellos, se debe evitar localizarlos al pie de laderas inestables o áreas de mucha humedad, o en pendientes $> 25^\circ$ (46,6%). Cuando un camino se localice paralelo a un curso de agua, debe ser ubicado fuera de la zona de manejo del cauce, con el fin de impedir la entrada de sedimentos. La pendiente longitudinal del camino debe contar con un mínimo de 3%. A fin de disminuir la remoción, es conveniente incluir tramos cortos (60-90 m) con pendientes longitudinales más inclinadas.

Las pendientes máximas no deben superar el 12% (6,8°), solo excepcionalmente podrán trazarse tramos, no mayores a 50 metros de longitud, con 15% de pendiente (8,5°). El camino debe tener una pendiente transversal o bombeo del 3 al 5% (1,7 a 2,9°). Detalles de los elementos de diseño de los caminos y drenajes se presentan en Rusch *et al.* (2004).

Zonas Ribereñas y Recursos Hídricos: Las zonas ribereñas, son ecosistemas dependientes de cursos o cuerpos de agua con una matriz variable de vegetación, inmersos en cuencas hidrográficas.

Estas zonas cumplen funciones esenciales para la preservación de ecosistemas y sus relaciones territoriales, influyendo en el paisaje en términos de riqueza y belleza natural, a la vez que suministran bienes y servicios para la biota y el bienestar humano (Romero *et al.*, 2014).

Si al interior del predio o en márgenes de los ñirrales existen estas zonas ribereñas, estas deben considerarse áreas de conservación que permitan mantener las funciones que cumple la vegetación para los cursos de agua.

Respecto a los cauces de ríos y arroyos Rusch *et al.*, (2004) plantean que se deberá dejar una zona de protección de 15 a 60 m.

En lo que se refiere a las riberas de ríos principales y lagos, Peri *et al.*, (2009) consideran dejar una zona de protección de 100 m, mientras que en las de lagunas y arroyos la zona de protección deberá estar en el orden de los 50 m.

Sin embargo, la actual legislación de Chile, relacionada con el Reglamento de Suelos, Agua y Humedales de la Ley 20.283, plantea una serie de medidas (Figura N° 19) para resguardar toda acción de intervención en zonas aledañas a cursos de agua, donde se deberá cumplir con las prescripciones establecidas en este Reglamento, con el objeto de proteger los suelos, manantiales, cuerpos y cursos naturales de agua y humedales.

Se debe evitar dentro de lo posible que las vías de extracción de madera crucen cauces de ríos o arroyos o humedales. El volteo de árboles debe evitar el daño a los árboles ubicados en la zona de protección de cauces.

Si en el momento que se realice la intervención silvícola, algún árbol cae dentro de la zona del cauce, este debe ser trozado y sacado inmediatamente, evitando la alteración sobre la zona de protección y el propio cauce (Gayoso y Acuña, 1999).

En ningún caso el cauce del río debe ser usado como vía de madereo. En zonas de alta humedad (Mallín), se recomienda el uso de animales de tiro para realizar el madereo.

Los arroyos y cursos hídricos deben ser excluidos de toda acción de corta y de tránsito animal, más aún cuando el recurso hídrico sea utilizado en consumo

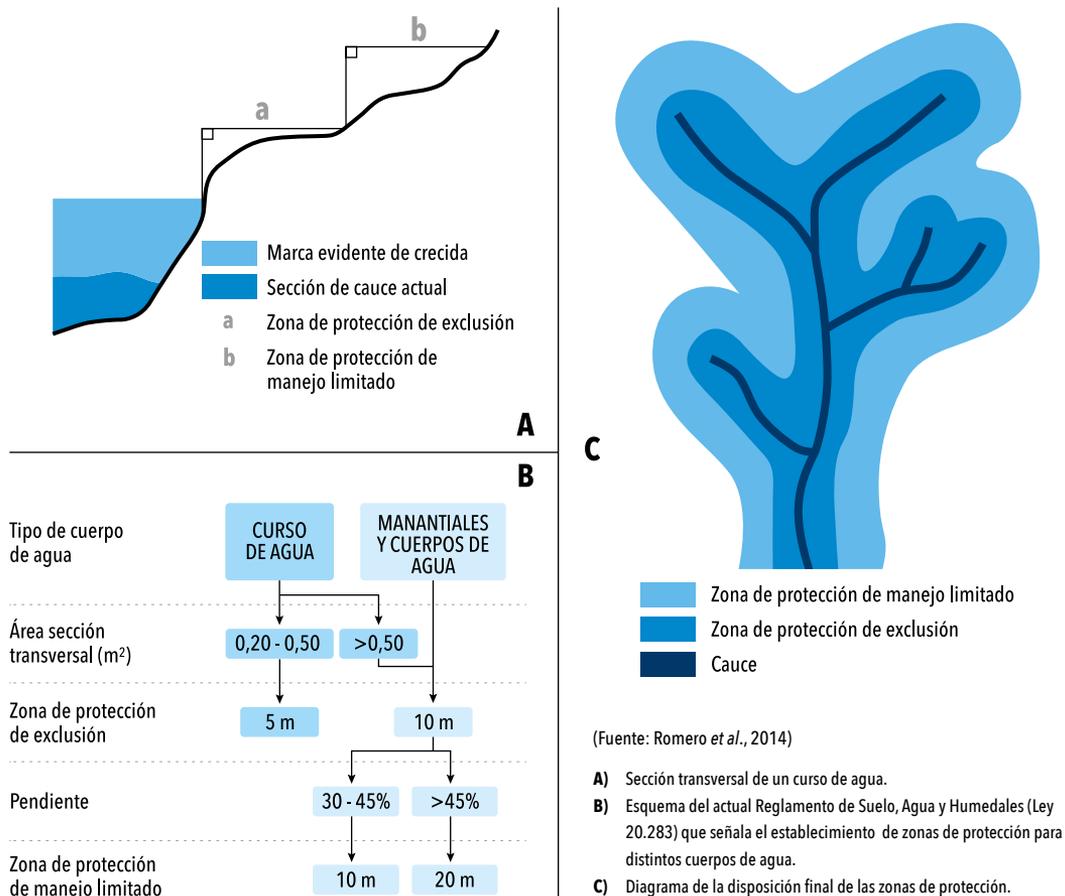


Figura N° 19
 CARACTERIZACIÓN DE LA NORMATIVA VIGENTE EN CHILE EN RELACIÓN CON
 LA PROTECCIÓN DE LOS CUERPOS DE AGUA

humano. Se recomienda usar bebederos plásticos para hidratar el ganado y evitar el consumo en cursos naturales.

Biodiversidad: En el territorio nacional los terrenos del SNASPE (Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado) cumplen la gran función de conservar la diversidad biológica, sin embargo este mecanismo por sí solo no es suficiente para garantizar la conservación de la biodiversidad. Es necesario que las áreas bajo uso productivo también participen en procesos que compatibilicen la conservación (Miller, 1996) con la necesidad de satisfacer los requerimientos de las poblaciones con ellos relacionados (Aplet *et al.*, 1993).

La propuesta de manejo silvícola, acompañada de plantación en grupos debería tender a promover la formación de bosques coetáneos en etapas sucesivas, de manera de establecer a una escala de predio, bosques disetáneos que permitan mantener en todo momento bosques maduros e individuos en desmoronamiento que favorezcan la biodiversidad del sistema (Peri *et al.*, 2009).

En el mismo sentido, para el mantenimiento de aves insectívoras (Ej. Carpintero) deberán dejarse individuos enfermos y muertos de diámetros avanzados para el anidamiento de aves, al igual que mantener en el predio áreas con sotobosque y troncos caídos. Es ideal que estas áreas se conecten

entre sí para favorecer el mantenimiento de la fauna. Las áreas de caña favorecen la presencia de aves de sotobosque y mantienen especies clave para la alimentación invernal del ganado. Asimismo, áreas de mantenimiento de arbustos permitirán la conservación de numerosas especies de aves e insectos (Rusch *et al.*, 2004).

La corta de vegetación en áreas riparianas afecta la oferta de desechos (ramas, hojas, otros) que caen al cauce y en las zonas adyacentes, los cuales tienen múltiples beneficios como servir de hábitat para la fauna y ser fuente de alimento para fauna acuática y terrestre. Mantener la estructura física del cauce y disipar la energía del agua del cauce, lo que es especialmente importante en periodos de crecidas (Bannerman, 1998; Gayoso y Acuña, 1999).

Monitoreo de las Intervenciones: Debido al largo plazo que caracteriza a los procesos que ocurren en los bosques resulta imprescindible monitorear los efectos de las intervenciones, en especial su impacto en la producción, la biodiversidad y la estabilidad del rodal respecto al viento. A mediano y largo plazo se necesita evaluar el efecto del raleo a través de la instalación de parcelas permanentes de muestreo. Estas mediciones no solo contribuirán con información para mitigar los posibles efectos negativos para el ñirral, sino que permitirán elaborar protocolos de manejo que faciliten su sustentabilidad (Peri *et al.*, 2009).

Restauración de Bosques Degradados: En los últimos 50 años, los seres humanos han transformado los ecosistemas del mundo más rápida y extensamente que en ningún otro período de tiempo comparable de la historia. El desafío de revertir la degradación de los ecosistemas y al mismo tiempo satisfacer las mayores demandas de sus servicios puede ser resuelto, si se introducen cambios significativos en las políticas, en las instituciones y en las prácticas.

La restauración de bosques es una compleja serie de actividades de largo plazo, que requiere una planificación, ejecución y seguimiento cuidadoso.

Si bien estas actividades están estrechamente relacionadas, se puede hacer una distinción conceptual entre ellas. El objetivo de la restauración forestal es devolver un bosque degradado a su estado original, esto es restablecer la estructura, la productividad y la diversidad de las especies del bosque que en teoría estaban presentes originariamente en un lugar.

En tal sentido, los bosques nativos son ecosistemas que entregan diferentes servicios a la comunidad y la sociedad en general. Entre ellos, Peri *et al.*, (2009) destacan (i) Bienes productivos (como madera, leña, fibras naturales, especies de sotobosque de valor ornamental, otros); (ii) El mantenimiento de la biodiversidad (sotobosque, aves, insectos, mamíferos); (iii) La preservación del ambiente (oferta de aire puro y agua pura, mitigación de la erosión eólica e hídrica; mantenimiento de la fertilidad del suelo, otros); (iv) Fijación de dióxido de carbono; (v) Valor paisajístico relacionado con el turismo. Cuando se pierden estos bienes y servicios del bosque, la restauración de las áreas degradadas de bosque nativo ofrece una alternativa de recuperación de su valor productivo, paisajístico, de biodiversidad y de calidad ambiental para la actual y las futuras generaciones.

La capacidad y velocidad de recuperación de los distintos tipos de ecosistemas degradados están determinadas básicamente por los mecanismos de regeneración de las principales especies que los integran y por su grado de exposición a las fuerzas erosivas (viento y pendiente) y/o de presión de agentes externos (pastoreo, incendios).

La recuperación pasiva de los ñirrales afectados es improbable aún, ya que al modo de reproducción por semilla propio de la especie se suma que los bosques quemados o bajo pastoreo se encontraban en áreas marginales de su distribución natural, constituyendo ecosistemas de alta fragilidad.

Sin embargo, propuestas de restauración para las áreas degradadas de bosques nativos de ñirre, debido a la acción combinada de incendios forestales, alta cobertura de gramíneas exóticas, lejanía de ár-



Figura N° 20
SITIOS DE BOSQUES DE ÑIRRE DEGRADADOS POR DIFERENTES FACTORES
INCENDIOS (IZQ), PRESIÓN GANADERA (DER)

boles semilleros y presión del ramoneo, requieren efectuar acciones para reestablecer el bosque nativo a través de medidas de restauración activa.

Las propuestas de restauración de zonas degradadas debieran comenzar con recuperar la masa forestal nativa de ñirre en las áreas de cauces de río y arroyos para el control hídrico de la cuenca como así también para mantener la cantidad y calidad de agua.

En una segunda fase se debe priorizar la recuperación de las áreas degradadas de bosque nativo en la zona circundante a aquella donde se desarrollan tareas de aprovechamiento forestal o tienen una fuerte actividad ganadera.

Como la distribución original del bosque degradado mayoritariamente corresponde a ñirre en una disposición irregular en isletas, se propone para la restauración utilizar la misma especie en la conformación de agregados o bosquetes de recolonización.

Se ha observado que la regeneración natural avanza

lentamente desde los remanentes sobrevivientes marcando un frente de recolonización a pocos metros del borde de la isleta de árboles supervivientes.

De este modo, la recolonización de toda el área demandaría varias generaciones, cada una avanzando pocos metros sobre la anterior.

Una estrategia para optimizar el esfuerzo de restauración sería crear agregados o isletas de recolonización dispersas en toda la superficie afectada. Así, en la próxima generación la colonización de cada agregado lograría recobrar la continuidad del bosque original.

La intensidad de restauración de las áreas degradadas está determinada por la combinación del diámetro de los agregados o bosquetes de recolonización y la distancia entre ellos.

De acuerdo a las condiciones ambientales y de relieve se proponen diferentes intensidades de restauración por agregados.

Por ejemplo, en exposiciones de laderas expuestas

a los fuertes vientos del cuadrante oeste-sudoeste se propone una mayor intensidad de restauración determinada por un diámetro mínimo de cada agregado de recolonización de 30 m con distanciamientos medios entre agregados de 30 m.

Para zonas más favorables (exposiciones este, precipitaciones superiores a los 600 mm anuales o cañadones protegidos) se recomienda para optimizar el ritmo de restauración una intensidad de 30 a 60 m de diámetro de cada agregado con distanciamientos de 60 a 100 m entre ellos.

La densidad de plantación promedio dentro de cada agregado será determinada por un distanciamiento de 2 x 2 m entre árboles (equivalente a una densidad de 2.500 árb/ha).

El número total de árboles dentro de cada agregado varía con los diámetros propuestos desde 177 a 707 árboles/agregado.

Teniendo en cuenta el número de árboles dentro de cada agregado y la distancia entre los mismos se calculó que el número total de árboles a forestar por hectárea en el proceso de restauración el cual varía de 350 a 693 árb/ha.

Para aumentar las probabilidades de prendimiento y desarrollo en el proceso de restauración, las plantas deberán tener una altura media mínima de unos 20-30 cm y un diámetro a la altura del cuello de 3-5 mm al momento de llevarlas a plantación.

Las plantas de ñirre se pueden obtener a partir de la producción en viveros o a partir de repique de regeneración natural del bosque.

El momento óptimo para efectuar el repique es en agosto cuando aún no hayan brotado. Luego de repicadas las plantas se deberá evitar la desecación de las raíces para su traslado al lugar de plantación cubriéndolas con bolsas de arpillera humedecidas.

En gran medida el éxito de prendimiento de la plantación depende de evitar el desecamiento de raíces (Peri *et al.*, 2009).

A continuación se presenta una infografía (Figura N° 21) construida por el equipo del proyecto, que muestra en forma ilustrativa y grafica los alcances más relevantes de los sistemas silvopastorales en bosques de ñirre para la Región de Aysén.

En la infografía se relevan los aspectos a considerar al manejar los componentes más importantes del sistema silvopastoral, siguiendo una secuencia lógica de actividades y sus beneficios productivos, sociales y ambientales.

Además, se muestran zonas de conservación del ñirantal, sitios en los que, por características y restricciones legales, ambientales y de conservación de flora y fauna, no es recomendable aplicar labores de uso mixto silvopastoral, debiéndose preferir labores de conservación, recuperación y exclusión ganadera.

Manejo silvopastoral de bosque de ñirre



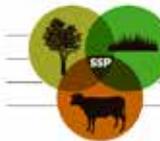
INFOR

Proyecto "Pautas de manejo silvopastoral de los bosques de ñirre (*Nothofagus antarctica*) de la Región de Aysén", ejecutado por el Instituto Forestal (INFOR), que promueve su aplicación entre pequeños propietarios forestales.

1 DIAGNÓSTICO Y PLAN DE MANEJO

Se realizan estudios a escala predial y se determina la línea base y la superficie sustentable para uso silvopastoral.

- Inventario forestal
- Cartografía temática a escala predial y regional
- Análisis de recursos (madera, herbaje, agua, etc.)
- Estado actual de la actividad silvopastoral



ÁRBOLES
PASTIZALES
GANADO

COMPONENTE ARBÓREO

Un raleo silvopastoral mejora la calidad de los árboles de ñirre, aumentando la productividad del recurso forestal.

Con la caída de las hojas, los ñirres aportan materia orgánica al suelo, que es aprovechada por la estrata herbácea.

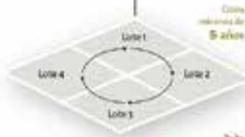
2 RALEO SELECTIVO

Para el aprovechamiento forestal se realizan cortas parciales. Se elige cortar ejemplares de ñirre intermedios o suprimidos, lo que propicia una mejor regeneración y calidad del bosque.

RALEOS

Aplicar raleos por lo bajo rotando lotes para permitir la recuperación del bosque.

Cada rotación de 5 años



ZONAS DE CONSERVACIÓN DEL ÑIRRANTAL

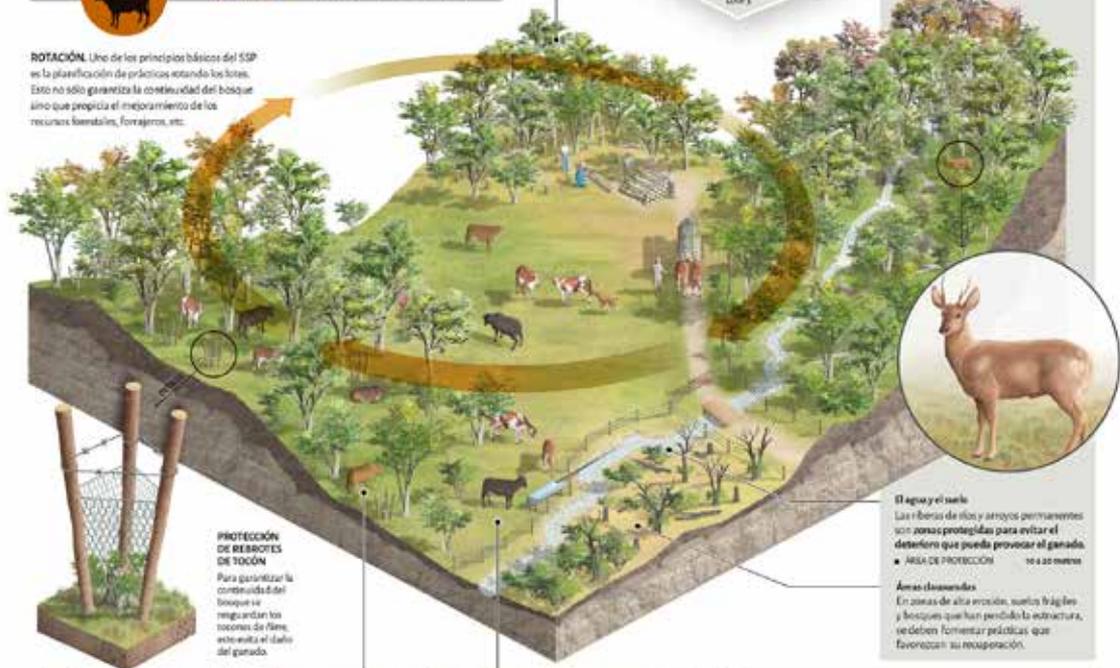
Biodiversidad

Toda actividad orientada al manejo silvopastoral de bosque nativo debe contemplar áreas de conservación. Si existe flora y fauna con problemas de conservación, se recomienda no realizar manejo silvopastoral. Deben dejarse árboles enfermos y muertos de diámetros asociados para el anidamiento de aves.

Protección

Se preservan las áreas de bosque con pendientes mayor a 45% y suelos frágiles con afloramientos rocosos. También las zonas de aseguramiento permanente.

ROTACIÓN. Uno de los principios básicos del SSP es la planificación de prácticas rotando los lotes. Esto no sólo garantiza la continuidad del bosque sino que propicia el mejoramiento de los recursos forestales, forrajeros, etc.



PROTECCIÓN DE RIBERAFIOS DE TONÓN
Para garantizar la continuidad del bosque se resguardan los riberones de ñirre, entre otros, el diámetro del ganado.

El agua y el suelo
Las riberas de ríos y arroyos permanentes son zonas protegidas para evitar el deterioro que pueda provocar el ganado.
• **ÁREA DE PROTECCIÓN:** 10 a 20 metros

Áreas de alta erosión
En zonas de alta erosión, suelos frágiles y bosques que han perdido la estructura, se deben fomentar prácticas que favorezcan su recuperación.

4 CONTINUIDAD DEL ESTRATO ARBÓREO

La continuidad del estrato arbóreo bajo uso silvopastoral no puede asegurarse sólo mediante la regeneración natural. Es necesario aplicar técnicas silviculturales adicionales, orientadas a dar continuidad al bosque nativo.

PRÁCTICAS COMPLEMENTARIAS

- Protección de tonón
- Plantación suplementaria
- Enriquecimiento ecológico
- Revegetación

COMPONENTE GANADO

El plan de producción ganadera depende de la disponibilidad de forraje. Es esencial el ajuste de carga.

El ganado debe tener abrevaderos separados de los cursos de agua naturales. Estos últimos deben estar protegidos del tránsito animal.

PASTOREO

- De clarificar la separación de potreros y rotación del ganado
- Carga animal óptima y ajustada a disponibilidad de forraje
- Época de uso de cada potrero

COMPONENTE HERBÁCEO

La evaluación forrajera de pastizales, y su capacidad de mejora, permiten ajustar la carga ganadera. La apertura de las copas de los árboles permite una mayor entrada de luz al suelo y aumento hasta 10 veces la producción de forraje (2.014 kg MS/ha).

3 BOSQUE DE CALIDAD Y MEJORA DEL PASTIZAL

El raleo mejora la calidad del ñirrantal, se obtienen árboles más sanos y cilíndricos, con un crecimiento hasta cuatro veces mayor que en un bosque sin

manejo. Se obtienen productos maderables de forma parcial y se mejora la rentabilidad. Aumenta la oferta forrajera y la calidad de los pastizales.

APERTURA DEL BOSQUE La producción de pasto tiene relación directa con el raleo realizado y el porcentaje de copas eliminadas.

CC < 45%
Bosque no manejado. No realizar silvopastores. Aplicar labores de recuperación del bosque, incluir plantar, etc.

Condición mojada
Un raleo selectivo por lo bajo que deje un 40% de cobertura permite incrementos en diámetro de 0,3 cm/año y volúmenes de forraje de 2.014 kg MS/ha

Condición seca
Aplicar raleo selectivo por lo bajo que deje 30% de cobertura permite incrementos en diámetro de 0,17 cm/año y volúmenes de forraje de 2.328 kg MS/ha.



INSTITUTO FORESTAL
Sede Patagonia
Carrero Coyhaique Alto Km 4.5
Coyhaique, Chile
www.infor.cl

Autor: Jaime Salinas S. Investigador (INFOR) jaimes@infor.cl
Editor: Santiago Barros A.

Financia:



Fondo de Investigación del Bosque Nativo



Figura N° 21

INFOGRAFÍA DE MANEJO SILVOPASTORAL EN BOSQUES DE ÑIRRE



Estrategia de Implementación de Sistemas Silvopastorales

Para la puesta en marcha de una estrategia de implementación de sistemas silvopastorales en bosques de ñirre es necesario abordar tres aspectos relevantes para su implementación:

Establecer unidades demostrativas de investigación silvopastoral de largo plazo, para transferir los conocimientos a los actores locales.

Capacitar a los productores y profesionales locales y mejorar sus capacidades para una adecuada aplicación de las pautas de manejo silvopastoral.

Monitorear y evaluar permanentemente las labores de manejo silvopastoral aplicadas por los productores y evaluar la respuesta a las intervenciones de los componentes del sistemas para mantener las pautas o hacer modificaciones.

Una de las ventajas de la Región de Aysén radica en que las unidades de investigación y transferencia ya están implementadas, por lo cual solo habría que destinar recursos para mantenerlas.

Para una correcta ejecución del manejo silvopastoral, la información entregada a los productores por parte de los técnicos debe ser concordante con lo planteado en las pautas.

Por las razones expuestas, contar con profesionales y técnicos capacitados para la implementación de planes de manejo y realizar extensionismo tecnológico con los dueños de predios es fundamental.

Las instituciones del agro relacionadas con el bosque desde su ámbito institucional deben implementar y apoyar la implementación de las pautas de manejo silvopastoral.

CONAF o el futuro Servicio Nacional Forestal deberá cumplir la tarea de crear programas internos o con recursos regionales para fomentar el manejo del bosque de ñirre y a la vez monitorear los planes de manejo y la aplicación de ellos.

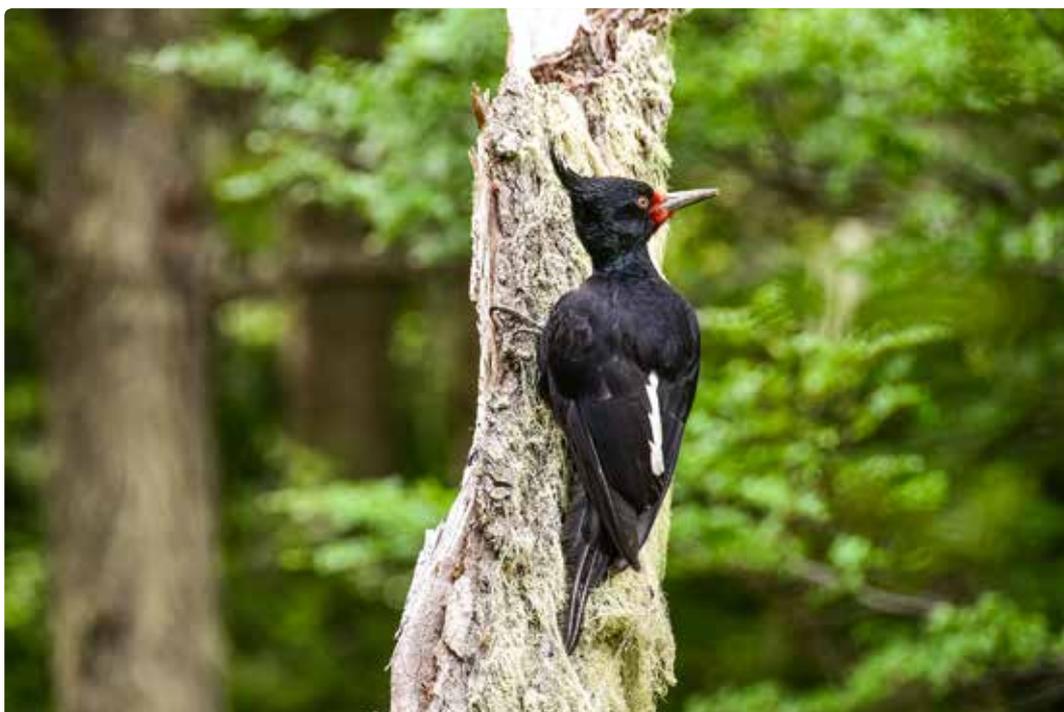
Por su parte, INFOR deberá velar a largo plazo por actualizar la investigación en torno al manejo silvícola de este tipo de bosques u otros que estén con ganadería integrada, a la vez, transferir los conocimientos generados en las unidades demostrativas a los productores, profesionales y extensionistas.



Ñirre achaparrado por ramoneo y condición de suelo.



Colapso de raíz de ñirre en condición de mallín.



Carpintero hembra sobre árbol de ñirre.



Desarrollo de estrata herbácea después de un raleo silvopastoral en bosque de ñirre.



Bosque silvopastoral de ñirre en zona de transición con la estepa.



Evaluación de composición botánica de la pradera, equipo INIA Tamei Aike.



Parición de vacuno al interior del bosque de ñirre.



Bosque de ñirre degradado.

CONCLUSIONES

Estructura Forestal y Raleos

La aplicación de raleos por lo bajo en bosques de ñirre permitió aumentar entre un 15 y 30% el diámetro cuadrático medio del bosque futuro, al mismo tiempo permitió incrementos anuales de área basal superiores al 200% en comparación de los bosques sin manejo. Lo anterior, confirma la respuesta positiva del ñirre a la aplicación de raleos como método silvícola para fomentar el manejo en este tipo de bosques.

Uno de los ámbitos de preocupación, es si el productor a futuro se preocupará por el bosque y realizará actividades tendientes a mantener un estrato arbóreo o por el contrario convertirá el bosque en pradera. Por lo anterior, se plantea que cada actividad de intervención silvícola en el bosque de ñirre lleve asociada necesariamente una actividad para dar continuidad al estrato arbóreo (Ej. Labor silvícola raleo año 1 - Labor de continuidad del bosque establecimiento de 5 protectores por hectárea año 1). De esta forma se exige al productor en el plan de manejo a realizar una actividad que traerá beneficio en el momento (productos madereros del raleo) y otra que traerá beneficios futuros (mantención de la estrata arbórea).

Se entrega relevante información de costos de las intervenciones silvícolas y de la construcción de protectores individuales de tocón, información demandada por los organismos de aplicación de la normativa forestal vigente. En este sentido, los costos asociados al manejo de bosques de ñirre bajo un escenario óptimo y para un escenario tradicional fue de 26,87 y 13,47 UTM/ha respectivamente (Anexo).

Es necesario conocer el ciclo completo de intervenciones silvícolas para el bosque de ñirre, el proyecto plantea la intervención raleos en etapas juveniles, pero es necesario generar información biométrica para proponer técnicas silvícolas para todo el ciclo, del mismo modo que existe para la especie *Nothofagus pumilio* (lenga).

Estrata Herbácea y Carga Ganadera

Se presentan datos de producción de la estrata herbácea en tres temporadas de crecimiento para bosques de ñirre de la Región de Aysén, información que era desconocida hasta la actualidad y que servirá para la aplicación de sistemas silvopastorales sustentables en la región.

Existe un notable efecto de la apertura del bosque de ñirre sobre el desarrollo de una estrata herbácea. Al segundo año es posible apreciar un aumento de disponibilidad de materia seca bajo el bosque intervenido por efecto del cambio en la dinámica lumínica producida por el raleo. En el bosque testigo el aporte de materia seca de herbáceas es bastante bajo.

Es importante seguir evaluando el desarrollo de la pradera bajo el bosque, ya que aún se encuentra en una fase de colonización de nuevos espacios. Asimismo es interesante poder evaluar el efecto animal y el comportamiento de los mismos en condiciones de bosque (preferencias, efecto de sombreado, compactación, entre otros). Igualmente se deben evaluar otras intervenciones que pudieran incrementar la productividad de los sistemas, por ejemplo la corrección de fertilidad. Sería necesario revisar la conveniencia de esa vía, considerando los efectos en los árboles, como también en la artificialización del ecosistema mismo.

En base a las producciones de forraje medidas en jaulas, la cobertura estimada en transectos y la aplicación de niveles de utilización por parte de los animales, se estimó en forma preliminar una aproximación de la capacidad sustentadora de la situación con bosque raleado y la de la pradera. En la localidad de Balma-ceda, se puede estimar que el bosque raleado podría sostener una carga animal aproximada (equivalente anual) de 0,15 UA/ha (unidades animales bovinas), mientras que la pradera degradada llegaría a 0,39 UA/ha. En la unidad de Galera Chico, se tiene valores

de 0,26 y 0,46, respectivamente. En todo caso, debe tenerse presente que la utilización de estos sectores será generalmente estacional.

Continuidad del Bosque

Se aporta al conocimiento de la especie, al entregar información sobre parámetros físicos y germinativos de semillas de ñirre, los diferentes análisis demostraron una capacidad germinativa baja, que no superó el 28%, con una estratificación fría de 45 días, siendo este valor el mayor registrado para la especie en el territorio nacional.

La regeneración natural del ñirre se ve favorecida en situaciones con mayor luminosidad (bosque manejado) y humedad (condición de mallín, Balmaceda), encontrándose abundante número de plantas por hectárea durante la etapa de establecimiento en primera temporada de evaluación (diciembre 2015), sin embargo, en la etapa de supervivencia (abril 2016) no se encontraron plantas vivas. En la siguiente temporada de evaluación no se encontró registro de regeneración natural en las etapas de establecimiento y supervivencia. El efecto de sequía (80% déficit hídrico) como factor principal, enmascaró cualquier resultado de los tratamientos en estudio y no permitió el establecimiento de regeneración natural en las dos temporadas de evaluación. Sin embargo, estos resultados corresponden solamente a dos años de evaluación, por lo que debería considerarse un horizonte de al menos 10 años para concluir sobre este importante aspecto.

Considerando el reducido tiempo de evaluación, se puede inferir que la continuidad del estrato arbóreo bajo uso silvopastoral no puede asegurarse solo mediante la regeneración natural por semillas, por lo que es necesario aplicar otras técnicas silviculturales que permitan dar continuidad al bosque y al mismo tiempo soportar actividades de silvopastoreo.

La propagación asexual de la especie se ha constituido como una estrategia para que estos bosques puedan perdurar en el tiempo, razón por la que el proyecto se abocó a buscar formas de propagación vegetativa del ñirre, entre ellas la propagación de estacas o esque-

jes, recomendándose para su producción la utilización de la auxina ácido indolbutírico (AIB) en una concentración de 500 ppm líquido y 2000 ppm polvo para lograr resultados superiores a 50% de enraizamiento.

Otra forma de dar continuidad al bosque propuesta por el proyecto es el rebrote por tocón, para ello se propone el uso de protectores individuales de tocón, se exponen tres diseños (ver Salinas y Acuña, 2017) y se cuantifican los costos asociados a su construcción para implementarlos en la tabla de valores de la Ley 20.283 como una actividad bonificable. Los costos unitarios para la construcción del protector individual de tocón fue de 0,19 - 0,31 y 0,18 UTM/unidad para los diseños Tradicional, Malla y de Residuos de Raleo respectivamente. Es necesario continuar con las evaluaciones posteriores para hacer posible instalar el conocimiento de silvicultura de monte bajo entre los técnicos, ya que podría convertirse en una estrategia de mantención del ñirrantal bajo uso silvopastoral.

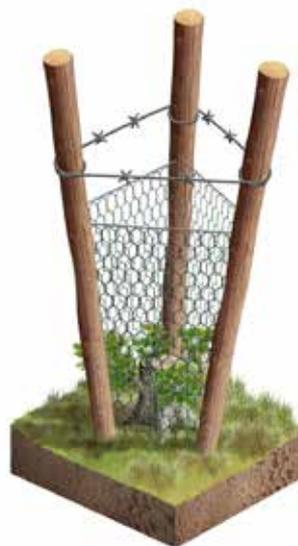


Figura N° 22

DISEÑO DE PROTECTOR INDIVIDUAL DE TOCÓN ELABORADO CON MALLA

Superficie Potencial de Uso Silvopastoral

En la Región de Aysén existe una superficie potencial de uso silvopastoral de 48.784 ha distribuida en 9

de las 10 comunas. Las comunas de Coyhaique, Lago Verde y Cochran son las que poseen mayor superficie para uso silvopastoral sustentable, representando el 78% del total regional.

En condiciones de bosques de ñirre insertos en turberas y mallines permanentes que abastezcan de agua a la población, bosques ubicados al interior del SNASPE, sitios con pendientes superiores a 30%, suelos frágiles y someros no se considera recomendable aplicar silvopastoreo, dado que la particularidad de estos terrenos hace necesario protegerlos, ya que entregan otras funciones que son de mayor importancia para la sociedad actual y futura.

Conclusiones Generales

La importancia de los sistemas silvopastorales en bosques nativos de ñirre se relaciona con los múltiples beneficios que pueden generar a productores, al integrar en conjunto la actividad ganadera con la obtención de productos madereros provenientes del manejo del bosque. De esta forma se transforman en un sistema continuo que otorga ingresos anuales derivados de prácticas pecuarias e intermedios producto del manejo del bosque.

Es necesario concebir el manejo silvopastoral en bosques de ñirre bajo un enfoque de ordenamiento predial que considere las distintas condiciones de la unidad predial. Bajo esta lógica no todo el bosque de ñirre está sujeto a manejo silvopastoral, se deben considerar bosques de protección a aquellos rodales que se encuentren asociados a cuerpos de agua, sectores de alta pendiente (> 30%), ñirrales creciendo en condiciones de sitio extremas (suelo poco profundo, estrés hídrico severo o bosque en el límite altitudinal) y turberas o pomponales.

Es necesario investigar los sistemas silvopastorales de ñirre con una estrategia de largo plazo, considerando temas centrales como la escala de trabajo, el manejo del ganado, interacción con propiedades del suelo y la regeneración natural.

RECONOCIMIENTOS

Al Fondo de Investigación del Bosque Nativo (FIBN) por el financiamiento del proyecto 022/2013 Pautas de Manejo Silvopastoral de Bosques de Ñirre en la Región de Aysén.

A los propietarios quienes permitieron instalar las unidades de investigación silvopastoral Sr. Claudio Bambs, del sector Galera Chico y el Sr. Roberto Muñoz y su esposa la Sra. Luz Millar, del sector Pte. Muñoz, por creer en esta iniciativa de investigación y apoyar el establecimiento de dichas unidades, manteniendo siempre buena disposición a las constantes solicitudes del equipo técnico del proyecto.

Al equipo técnico del proyecto, compuesto por los co-investigadores Álvaro Sotomayor, Paola Jofre, Christian Hepp, Fernan Silva, Iván Rodríguez, Christian Little e Iván Moya, por sus valiosos aportes para desarrollar la investigación. A los técnicos de INFOR Sres. Bernardo Acuña, Alicia Uribe, Exequiel Díaz y Luigi Solis; Andrés Naguil y Margot Monsalve, de INIA Tamel Aike por su gran aporte en las intensas labores de terreno. A las instituciones que participaron activamente INIA Tamel Aike, Servicio Agrícola y Ganadero Región de Aysén e Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria de Argentina.

A los Sres. Pablo Peri, Héctor Bahamonde, Guillermo Martínez Pastur, Francisco Matenet, Horacio Ivancich, Axel von Muller y Gonzalo Caballé por los importantes aportes, consejos, críticas, charlas y encuentros que fueron clave para la culminación del proyecto.

REFERENCIAS

- Aplet, G.; Johnson, N.; Olson, J. and Sample, V., 1993.** Defining Sustainable Forestry. The Island Press.
- Armesto, J. J.; Casassa, I. and Dollenz, O., 1992.** Age Structure and Dynamics of Patagonian Beech Forests in Torres del Paine National Park, Chile. *Vegetation* 98, 13 - 22.
- Bahamonde, H., Peri, P. L., Monelos, L. y Pastur, G., 2013.** Regeneración por Semillas en Bosques Nativos de *Nothofagus antarctica* Bajo Uso Silvopastoril en Patagonia Sur, Argentina. *Bosque (Valdivia)*, 2013, vol.34, no.1, p.89-101. ISSN 0717-9200.
- Bahamonde, H.; Peri, P.; Monelos, L. y Pastur, G., 2011.** Aspectos Ecológicos de la Regeneración por Semillas en Bosques Nativos de *Nothofagus antarctica* en Patagonia Sur, Argentina. *Bosque* 32(1): 20-29.
- Bannerman, S., 1988.** Riparian Areas: Providing Landscape Habitat Diversity: British Columbia Ministry of Forest Research Program, Extension Note N° 17. 8 p.
- Braun, A. C., 1969.** Abnormal Growth in Plants. En: *Plant Physiology, a Treatise*, vol. VB, F.C. Steward (Ed.). Academic Press, New York: 379-420.
- CONAF, 2012.** Actualización del Catastro y Evaluación de Recursos Vegetacionales Nativos. Región de Aysén.
- Donoso, C., 2006.** Las Especies Arbóreas de los Bosques Templados de Chile y Argentina. Autoecología. Marisa Cúneo Ediciones, Valdivia, Chile. 678 p.
- Donoso, C., 1987.** Variación Natural en Especies de *Nothofagus* en Chile. *Bosque*: 8 (2), 85 - 97.
- Donoso, C. y Cabello, A., 1978.** Antecedentes Fenológicos y de Germinación de Especies Leñosas Chilenas. *Ciencias Forestales* 1:31-41.
- Donoso, C., 1974.** Manual de Identificación de Especies Leñosas del Bosque Húmedo de Chile, CONAF, Santiago, 168 p.
- Gayoso, J. y Acuña, M., 1999.** Mejores Prácticas de Manejo Forestal Sustentable. UACH, Valdivia, Chile.
- Gentili, M. y Gentili, P., 1988.** Lista Comentada de los Insectos Asociados a las Especies Sudamericanas del Género *Nothofagus*. Monografías de la Academia Nacional de Cs. Exactas, Físicas y Naturales. Simposio sobre *Nothofagus*. Bs. As. N° 4: 85-105.
- Hansen, N., 2004.** Uso Silvopastoril de Ñirantales en el Chubut. EEA INTA Esquel. 3 pp.
- Hansen, N.; Fertig, M. y Tejera, L., 2009.** Sistemas Silvopastoriles en Bosques de Ñirre (*Nothofagus antarctica*). Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Estación Experimental Agroforestal Esquel. Chubut, Esquel. 5 p.
- Hoffmann, A. 1997.** Flora Silvestre de Chile, Zona Araucana: Árboles, Arbustos y Enredaderas Leñosas. Ediciones Fundación Claudio Gay, Santiago, Chile. 258 pp.
- Ivancich, H.; Martínez Pastur, G. y Peri, P. L., 2011.** Modelos Forzados y no Forzados para el Cálculo de Índice de Sitio en Bosques de *Nothofagus antarctica* en Patagonia Sur. *Bosque* 32(2): 135-145.
- Ivancich, H., 2013.** Relaciones entre la Estructura Forestal y el Crecimiento del Bosque de *Nothofagus*

antarctica en Gradientes de Edad y Calidad de Sitio. Tesis Doctoral, Universidad Nacional de La Plata, Argentina. 181 p.

Quintanilla, V.; Cadiñanos, J. y Lozano P. 2008. Degradaciones actuales en ecosistemas nordpatagónicos de Chile, derivadas de los incendios de bosques durante el siglo pasado. *Revista Tiempo y Espacio*. Vol 21. 13 p.

Quiroga, P.; Vidal Russel, R. y Premoli, A. C., 2005. Evidencia Morfológica e Isoenzimática de Hibridación Natural entre *Nothofagus antarctica* y *N. pumilio* en el Noroeste Patagónico. *Bosque* 26(2): 25-32.

Miller, K. R., 1996. Conserving Biodiversity in Managed Landscapes. In: Szaro, R. C. and Johnson, D. *Biodiversity in Managed Landscapes: Theory and Practice*. Oxford University Press, New York.

Navarro Cerrillo, R.; Rosenfeld, M.; Pérez-Aranda, M.; Padrón, J.; Guzmán, E.; Hernández Clemente, R., González, L. 2008. Evaluación de la Mortalidad de Bosques de Ñirre (*Nothofagus antarctica*) en la Patagonia Chilena Mediante Imágenes Landsat TM y ETM+. *Bosque* 29(1), 65 - 73.

Peri, P. L.; Sturzenbaum, M. V.; Monelos, L.; Livraghi, E.; Christiansen, R.; Moreto, A. y Mayo, J. P., 2005. Productividad de Sistemas Silvopastoriles en Bosques Nativos de Ñire (*Nothofagus antarctica*) de Patagonia Austral. *Actas III Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano, Comisión Silvicultura Bosque Nativo*. Corrientes, Argentina, 10 pp.

Peri, P. L., 2009. Evaluación de Pastizales en Bosques de *Nothofagus antarctica* – Método Ñirantal Sur. *Actas Primer Congreso Nacional Sistemas Silvopastoriles*. Posadas, Misiones, Argentina.

Peri, P. L.; Hansen, N.; Rusch, V.; Tejera, L.; Monelos, L. H.; Fertig, M.; Bahamonde, H. A. y Sa-

rasola, M., 2009. Pautas de Manejo de Sistemas Silvopastoriles en Bosques Nativos de *Nothofagus antarctica* (Ñire) en Patagonia. *Actas Primer Congreso Nacional Sistemas Silvopastoriles*. Posadas, Misiones, Argentina. 151-155 pp.

Peri, P. L.; Monelos, L. y Bahamonde, H., 2006. Evaluación de la Continuidad del Estrato Arbóreo en Bosques Nativos de *Nothofagus antarctica* Bajo Uso Silvopastoril con Ganado Ovino en Patagonia Sur, Argentina. In: *Proceeding of the 4th Latin American Congress of Sustainable Agroforestry*, Varadero, Cuba, 6 pp.

Premoli, A., 1991. Morfología y Capacidad Germinativa en Poblaciones de *Nothofagus antarctica* (Forster) Oerst del Noroeste Andino Patagónico. *Bosque* 12(2): 53-59.

Ramírez, C.; Correa, M.; Figueroa, H. y San Martín, J., 1985. Variación del Hábito y Hábitats de *Nothofagus antarctica* en el centro-sur de Chile. *Bosque* 6: 55-73.

Rodríguez, R.; Mathei, O. y Quezada, M., 1983. Flora Arbórea de Chile. Editorial Universitaria. Concepción, Chile. 408 pp.

Romero, Fabián; Cozano, Miguel; Gangas, Rodrigo y Naulin, Paulette, 2014. Zonas Ribereñas: Protección, Restauración y Contexto Legal en Chile. *Bosque (Valdivia)*, 35(1). 3-12.

Roxburgh, J. R. and Kelly, D., 1995. Uses and Limitations of Hemispherical Photography for Estimating Forest Light Environments. *N Z J. Ecol* 19:213-217.

Rusch, V.; Roveta, R.; Peralta, C.; Márques, B.; Vila, A.; Sarasola, M.; Todaro, C. y Barrios, D., 2004. Indicadores de Sustentabilidad en Sistemas Silvopastoriles. *Alternativas de Manejo Sustentable para el Manejo Forestal Integral de los Bosques de Patagonia*. Informe Final del Proyecto de Investigación Aplicada a los Recursos Forestales Nativos

(PIARFON), Tomo II: 681-797. Dirección de Bosques (SAyDS). Proyecto BIRF 4085-AR.

Salinas, J.; Acuña, B.; Koch, L. y Uribe, A., 2014. Producción de Árboles Nativos con Fines de Recuperación de Bosques y Áreas Degradadas en la Región de Aysén. Propagación Sexual y Asexual de *Nothofagus antarctica* (Forster) Oerst. Ñirre. Instituto Forestal, Ministerio de Agricultura. Coyhaique, Chile. 53 p.

Salinas, J.; Acuña, B.; Uribe, A. y Koch, L., 2015. Estudio de Regeneración Natural en Bosques de *Nothofagus antarctica* (Forster) Oerst. (Ñirre) Bajo Pastoreo Doméstico en la Región de Aysén. Instituto Forestal, Ministerio de Agricultura. Coyhaique, Chile. 50 p.

Salinas, J., 2016. Experiencia de Manejo Silvopastoral en Dos Renovales Coetáneos de *Nothofagus antarctica* (G.Forst.) Oerst. (Ñirre) en la Región de Aysén. En: Barros, S. (Ed), 2016. Revista Ciencia e Investigación Forestal. Vol 22 N° 1 Abril 2016. Instituto Forestal, Chile.

Salinas, J.; Ivancich, H.; Acuña, B.; Solís, L., 2016. Caracterización y Clasificación de los Bosques de Ñirre (*Nothofagus antarctica*) de la Comuna de Coyhaique como Herramienta para la Toma de Decisiones en el Manejo Silvícola. Instituto Forestal, Ministerio de Agricultura. Coyhaique, Chile. 50 p.

Salinas, J. y Acuña, B., 2017. Protección Individual de Tocones; Una Estrategia para la Continuidad del Bosque de Ñirre (*Nothofagus antarctica*). Instituto Forestal, Chile. Documento de Divulgación N° 42. 16 p.

Santelices, R. y Cabello, A., 2006. Efecto del Ácido Indolbutírico, del Tipo de la Cama de Arraigamiento, del Substrato y del Árbol Madre en la Capacidad de Arraigamiento de Estacas de *Nothofagus glauca* (Phil.) Krasser. Rev. Chil. Hist. Nat. [En línea]. vol.79, n.1 [citado 2017-03-24], pp.55-64.

Sarasola, M.; Fernández, M. A.; Gyenge, J. y Peyrou, C., 2008. Respuesta de los Ñires al Raleo en la Cuenca del Río Foyel. EcoNothofagus 2008 – Segunda Reunión sobre *Nothofagus* en la Patagonia. Esquel, Chubut, Argentina, 47 pp.

Soler Esteban R. 2011. Regeneración natural de *Nothofagus antarctica* en bosques primarios, secundarios y bajo manejo silvopastoril. Tesis Doctorado en Ciencias Biológicas. Córdoba, Argentina. Universidad Nacional de Córdoba. 126 p.

Tejera, L.; Hansen, N. y Fertig, M., 2005. Efecto de la Cobertura Arbórea y del Pastoreo Vacuno sobre el Establecimiento de la Regeneración de *Nothofagus antarctica* (G. Forst) Oerst. III Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano. Corrientes, 6-9 de Septiembre.

Veblen, T.; Donoso, C.; Kitzberger, T. and Rebertus, A., 1996. Ecology of Southern Chilean and Argentinean *Nothofagus* Forests. Pages 293-353. In: T. T. Veblen, R. S. Hill, and J. Read (Eds.), Ecology and Biogeography of *Nothofagus* Forests. Yale University Press.

Vidal, R. y Premoli, A., 2004. Variación en *Nothofagus antarctica* (Forster) Oerst. (Ñirre o Ñire) En: Donoso C., L. Gallo, A. Premoli & R. Ipinza (Eds.) Variación Intraespecífica en las Especies Arbóreas de los Bosques Templados de Chile y Argentina. Santiago: Editorial Universitaria.

APÉNDICE:

ESTRUCTURA DE COSTOS DE MANEJO DE BOSQUES DE ÑIRRE

Conocer los costos de las labores de manejo forestal es fundamental para orientar de forma correcta los instrumentos de fomento al manejo de los bosques. A continuación se presenta la estructura de costos de una faena de raleo, sobre un rodal de 1,0 ha de un bosque de ñirre creciendo en una condición de mallín, bajo las condiciones estructurales que se indican.

La determinación de costos de la faena de raleo se efectuó en diferentes etapas:

- Determinación de actividades y sub actividades consideradas dentro del raleo.
- Determinación de costos por ítem, para ello se estimó el costo de la mano de obra, alimentación, herramientas e insumos.
- Se determinaron dos tipos de escenarios en función de la realidad de la Región de Aysén.

Primer escenario denominado "óptimo" que considera todos los costos y actividades en que el propietario o una empresa de servicios incurrirían para la realización de la faena forestal.

Segundo escenario denominado "tradicional" responde a las actividades y costos básicos que maneja el propietario dueño del bosque para obtener la máxima rentabilidad de la cosecha, sin considerar la totalidad de elementos de protección personal, herramientas e insumos, es decir, la utilización de lo básico.

Mano de Obra

Para la estimación de los costos del ítem mano de obra se consideraron tres actividades.

Marcación de rodal afecto y asesoría técnica: Considera la marcación con pintura spray en la totalidad del rodal afecto a intervención contemplado en el plan de manejo. Para esta actividad se consideran dos personas con conocimiento técnico. Además, se considera la asesoría de un profesional con experiencia en marcación de raleo para orientar el conocimiento al productor o ejecutante del raleo.

Faena de raleo: Considera las labores de volteo, trozado y desrame de árboles, utilizando la unidad de medida jornadas (jor/día) para la estimación de los

Cuadro N° 1

PARÁMETROS DE ESTRUCTURA DEL BOSQUE DE ÑIRRE EN BALMACEDA CONDICIÓN DE MALLÍN ANTES Y DESPUÉS DEL RALEO CON ENFOQUE SILVOPASTORAL

	N (árbo/ha)	AB (m ² /ha)	DCM (cm)	HD (m)	SQ	VTCC (m ³ /ha)
Antes raleo	5.566 ± 988	47,0 ± 6,4	10,5 ± 1,4	9,5 ± 1,0	2,8 ± 0,7	243,8 ± 45,7
Después raleo	2.177 ± 429	29,6 ± 5,3	13,6 ± 1,8	10,0 ± 0,9	2,6 ± 0,5	158,0 ± 26,1

N: Densidad,
AB: Área Basal;
DCM: Diámetro Cuadrático Medio;

HD: Altura Dominante;
SQ: Calidad de Sitio;
VTCC: Volumen Total con Corteza.

costos. El valor unitario de cada jornada considera que el trabajador utilice su motosierra personal (el combustible es estimado en otro ítem), además se utilizó como factor de rendimiento el volteo de 80 árboles por jornada.

Ordenación de residuos y acopio de madera: Considera dos personas para ordenar los residuos productos del raleo (biomasa obtenida de la copa principalmente), este material leñoso es ordenado en fajas al interior del bosque. El acopio de madera corresponde a la ordenación dentro de un área defi-

nida, al interior o colindante al rodal, de los productos obtenidos del raleo (trozos, postes o leña).

Otros

El ítem otros considera la estimación de costos de los elementos de protección personal, la alimentación, insumos y herramientas que son utilizadas directamente en la faena forestal. Para la estimación de los costos de cada sub ítem se consideraron valores de mercado regional.



I. ESCENARIO ÓPTIMO

Cuadro N° 2

ESTRUCTURA DE COSTOS PARA UN RALEO SILVOPASTORAL EN BOSQUE DE ÑIRRE BAJO UN ESCENARIO ÓPTIMO

Labores	Unidad	Personas (N°) (a)	Jornadas (N°) (b)	Unidad (\$) (c)	Valor (\$/ ha)	Valor (UTM/ha)
Marcación de rodal afecto y asesoría técnica	jornadas	2	2	40.000	160.000	3,45
Faena de Raleo	jornadas	1	15	30.000	450.000	9,71
Ordenación de residuos y acopio madera	jornadas	2	7	20.000	280.000	6,04
Sub Total Mano de Obra (A)					890.000	19,20

Labores	Detalle	Valor (\$/ ha)	Valor (UTM/ ha)
Marcación de rodal afecto y asesoría técnica	Elementos de protección personal (d)	60.730	1,31
	Alimentación (e)	32.000	0,69
	Insumos (f)	12.900	0,28
	Herramientas (g)	24.000	0,52
Faena de Raleo	Elementos de protección personal (d)	60.730	1,31
	Alimentación (e)	60.000	1,29
	Insumos (f)	12.900	0,28
	Herramientas (g)	24.000	0,52
Ordenación de residuos y acopio madera	Elementos de protección personal (d)	60.730	1,31
	Alimentación (e)	8.000	0,17
	Insumos (f)	-	-
	Herramientas (g)	-	-
Sub Total Otros (B)		355.990	7,67

	(\$/ ha)	(UTM/ha)
Sub Total Mano de Obra (A)	890.000	19,20
Sub Total Otros (B)	355.990	7,67
Costo Total (A) + (B)	1.245.990	26,87

$C_{\text{mano obra}} (\$/\text{ha}) = C_{\text{marcación y asesoría}} (a*b*c) + C_{\text{raleo}} (a*b*c) + C_{\text{ordenación y acopio}} (a*b*c)$

$C_{\text{otros}} (\$/\text{ha}) = C_{\text{marcación y asesoría}} (d+e+f+g) + C_{\text{raleo}} (d+e+f+g) + C_{\text{ordenación y acopio}} (d+e+f+g)$

II. ESCENARIO TRADICIONAL

Cuadro N° 3

ESTRUCTURA DE COSTOS PARA UN RALEO SILVOPASTORAL EN BOSQUE DE ÑIRRE BAJO UN ESCENARIO TRADICIONAL

Labores	Unidad	Personas (N°) (a)	Jornadas (N°) (b)	Unidad (\$) (c)	Valor (\$/ ha)	Valor (UTM/ha)
Marcación de rodal afecto y asesoría técnica	jornadas	0	2	40.000	0	0,00
Faena de Raleo	jornadas	1	15	20.000	300.000	6,47
Ordenación de residuos y acopio madera	jornadas	1	15	15.000	225.000	4,85
Sub Total Mano de Obra (A)					525.000	11,32

Labores	Detalle	Valor (\$/ ha)	Valor (UTM/ ha)
Marcación de rodal afecto y asesoría técnica	Elementos de protección personal (d)	-	-
	Alimentación (e)	-	-
	Insumos (f)	-	-
	Herramientas (g)	-	-
Faena de Raleo	Elementos de protección personal (d)	-	-
	Alimentación (e)	45.000	0,97
	Insumos (f)	-	-
	Herramientas (g)	-	-
Ordenación de residuos y acopio madera	Elementos de protección personal (d)	9.670	0,21
	Alimentación (e)	45.000	0,97
	Insumos (f)	-	-
	Herramientas (g)	-	-
Sub Total Otros (B)		99.670	2,15

	(\$/ ha)	(UTM/ha)
Sub Total Mano de Obra (A)	525.000	11,32
Sub Total Otros (B)	99.670	2,15
Costo Total (A) + (B)	624.670	13,47

$$C \text{ mano obra } (\$/\text{ha}) = C_{\text{marcación y asesoría}} (a*b*c) + C_{\text{raleo}} (a*b*c) + C_{\text{ordenación y acopio}} (a*b*c)$$

$$C \text{ otros } (\$/\text{ha}) = C_{\text{marcación y asesoría}} (d+e+f+g) + C_{\text{raleo}} (d+e+f+g) + C_{\text{ordenación y acopio}} (d+e+f+g)$$

Cuadro N° 4
COMPARACIÓN DE LOS COSTOS DE RALEO DERIVADOS DEL
PROYECTO VS LOS DE OTRAS FUENTES DE INFORMACIÓN

Actividad Bonificable	Escenario Optimo (UTM/ha) ^a	Escenario Tradicional (UTM/ha) ^a	Bonificación Ley 20.283 (UTM/ha) ^b	Costo faena Argentina (UTM/ha) ^c
Costo de raleo	26,87	13,47	5,93	23,25

^a Obtenidos del proyecto 022/2013; ^b Obtenido de Tabla de Costos de Ley 20.283; ^c Comunicación personal Sr. Santiago Favoretti (Argentina).

La información contenida en el Cuadro N° 4 se obtuvo de diferentes fuentes de información. Las primeras columnas, sobre escenarios óptimo y tradicional, fueron desarrolladas por el proyecto y se calcularon costos de manejo de 26,87 y 13,47 UTM/ha, respectivamente.

La tercera columna se obtuvo con información de la tabla de valores para el año 2016, que determina montos máximos de las bonificaciones para las actividades referidas al Artículo 22° de la Ley N° 20.283 sobre Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal. El costo de la actividad raleo de latizal bajo corresponde a una intervención silvicultural que se realiza en este estado de desarrollo del bosque y consiste en la extracción de individuos previamente marcados, con el propósito de aumentar la tasa de crecimiento en diámetro en los árboles selecciona-

dos que quedan en pie, permitiendo el aumento de la proporción de volumen aserrable o debobinable al momento de la cosecha final. El costo de la actividad se obtuvo del Tipo Forestal Lengua y corresponde a 5,93 UTM/ha.

Finalmente la última celda se obtuvo como información de referencia de costos de manejo forestal en bosques de ñirre de Tierra del Fuego (Argentina) y fueron proporcionados por el Ingeniero Forestal Sr. Santiago Favoretti, de amplio conocimiento en Cosecha forestal de bosques de lenga y ñirre. Estos costos consideran la marcación del raleo y los servicios de ejecución y totalizan 23,25 UTM/ha:

- Servicios de marcación silvícola: U\$S 125/ha
- Servicio de ejecución y extracción a área de acopio: U\$S 1.500/ha

SISTEMAS SILVOPASTORALES EN BOSQUES DE ÑIRRE EN LA REGIÓN DE AYSÉN

