



**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y DE LA**  
**CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA**  
**ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES**

**DEPARTAMENTO DE SILVICULTURA Y CONSERVACIÓN DE LA**  
**NATURALEZA**

---

**REGENERACIÓN DE LENGUA EN MICROSITIOS DE SECTORES**  
**PERTURBADOS Y NO PERTURBADOS POR EFECTOS DEL *Castor***  
***canadensis* Kuhl EN TIERRA DEL FUEGO**

Memoria para optar al Título  
Profesional de Ingeniero Forestal

**MÓNICA DEL ROSARIO TORO MANRÍQUEZ**

Profesor Guía: Dr. Álvaro Promis Baeza. Ingeniero Forestal

---

**SANTIAGO, CHILE**

**2014**

**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y DE LA**  
**CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA**  
**ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES**  
**DEPARTAMENTO DE SILVICULTURA Y CONSERVACIÓN DE LA**  
**NATURALEZA**

**REGENERACIÓN DE LENGUA EN MICROSITIOS DE SECTORES**  
**PERTURBADOS Y NO PERTURBADOS POR EFECTOS DEL *Castor***  
***canadensis* Kuhl EN TIERRA DEL FUEGO**

Memoria para optar al Título  
Profesional de Ingeniero Forestal

**MÓNICA DEL ROSARIO TORO MANRÍQUEZ**

Calificaciones:	Nota	Firma
Prof. Guía Dr. Álvaro Promis Baeza	6,8	.....
Prof. Consejero Dr. Juan Caldentey Pont	6,8	.....
Prof. Consejero Dr. Gustavo Cruz Madariaga	6,5	.....

*A mi gente del cielo*

## AGRADECIMIENTOS

Mis más sinceros agradecimientos van dirigidos a quienes me dieron su apoyo en todo sentido para finalizar este proceso con satisfacción.

Agradezco a mi profesor guía, Dr. Álvaro Promis, por todos estos años de trabajo y oportunidades, por su apoyo y correcciones en esta memoria. Gracias por la paciencia, sus aportes, materiales y por los espacios de trabajo. A mis profesores consejeros, Dr. Juan Caldentey y Dr. Gustavo Cruz, por sus correcciones y aportes en este estudio.

A todo el equipo de Wildlife Conservation Society. A Ricardo Muza por la oportunidad de realizar práctica profesional en el Parque Karukinka, en la que también tuve la posibilidad de tomar los datos para mi memoria. A todos los guardaparques, con quienes compartí muy buenos momentos durante los dos meses de mi estadía en Vicuña. A Miguel Millán (Mr. Beaver), agradezco especialmente por ser el mejor guía y compañero de terreno.

También agradezco a Derek Corcoran, Guillermo Martínez-Pastur y Claudio Moraga por sus aportes bibliográficos de castores y lengas a mi estudio.

Quiero agradecer muy profundamente a mi familia: a mi madre Mónica y a mis hermanos Matías y Sebastián, por todo el apoyo y compañía a la distancia y por los gratos momentos peuminos. Agradezco también a mi abuela Fanni y a mi tía Oriana por acogerme y consentirme este último año en Santiago. No puedo dejar de agradecer a mi padre, Mario, por su incondicional apoyo en mis primeros años de Universidad, y cuyo recuerdo, siempre presente, me da fuerzas para seguir adelante.

A mis queridos amigos de Universidad por tantos buenos recuerdos, en especial a aquellos que me acompañaron en este último tiempo: Alejandro, Carla, Javiera y Tamara.

Agradezco también a muchas personas de la Universidad que han sido un 7 conmigo, ante cualquier cosa que necesité: Alejandra, Mariella, Herminia, Panchita y Verónica.

Y por último, doy gracias a todo lo que guió a mi vida a elegir esta maravillosa carrera y más, en estos años de formación, por lo que he logrado construir.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN

ABSTRACT

1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 Antecedentes generales de lenga.....	2
1.1.1 Distribución geográfica.....	2
1.1.2 Características botánicas de la especie.....	2
1.1.3 Características de las plantas de regeneración de lenga.....	2
1.1.4 Dinámica de la regeneración de lenga post-perturbaciones en Tierra del Fuego .	3
1.2 Castor como agente perturbador .....	4
1.2.1 Antecedentes generales de la invasión y expansión del castor en Tierra del Fuego .....	4
1.2.2 Daños del castor a los ecosistemas ribereños.....	5
1.3 Micrositios de regeneración .....	6
1.3.1 Definición y características de los micrositios.....	6
1.4 Herbivoría por parte del guanaco .....	7
1.4.1 Características de la especie.....	7
1.4.2 Daños a las plantas de regeneración.....	7
1.5 Objetivos .....	8
1.5.1 Objetivos generales .....	8
1.5.2 Objetivos específicos .....	8
2. MATERIALES Y MÉTODOS .....	9
2.1 Material .....	9
2.1.1 Área de estudio y ubicación geográfica .....	9
2.1.2 Clima .....	9
2.1.3 Geomorfología .....	10
2.1.4 Suelos .....	10
2.1.5 Vegetación.....	10
2.2 Características del lugar de estudio.....	11
2.2.1 Sector perturbado: Pradera de castorera abandonada.....	11
2.2.2 Sector no perturbado directamente por castor: Bosque de lenga .....	13
2.3 Método .....	14
2.3.1 Descripción de la cobertura de los sustratos del suelo disponibles para la regeneración en ambos ambientes.....	14

2.3.2 Mediciones a las plantas de regeneración por sustrato disponible como micrositio en ambos ambientes .....	15
2.3.3 Análisis estadístico.....	16
3. RESULTADOS.....	17
3.1 Cobertura de los sustratos sobre el suelo .....	17
3.1.1 Descripción de los sustratos posibles a ser utilizados como micrositios de regeneración en los ambientes .....	17
3.1.2 Determinación de la cobertura de sustratos disponibles en pradera de castorera abandonada.....	19
3.1.3 Determinación de la cobertura de sustratos disponibles en bosque de lenga.....	20
3.2 Efecto de los micrositios sobre la densidad, características de las plantas de regeneración y el efecto del ramoneo por guanaco .....	21
3.2.1 Plantas de regeneración por micrositio en ambos ambientes.....	21
3.2.2 Efecto de los micrositios sobre la densidad de plantas de regeneración en ambos ambientes.....	25
3.2.3 Efecto de los micrositios sobre las características dasométricas de las plantas de regeneración en ambos ambientes.....	27
3.2.4 Efecto del ramoneo en las plantas por parte del guanaco en los micrositios de ambos ambientes .....	29
4. DISCUSIÓN .....	32
4.1 Análisis del establecimiento de las plantas de regeneración de lenga en micrositios de ambos ambientes .....	32
4.1.1 Densidad de plantas de regeneración y sustratos disponibles como micrositios	32
4.1.2 Principales micrositios utilizados en ambos ambientes .....	32
4.1.3 Sustrato herbáceo como micrositio de mayor cobertura disponible en ambos ambientes.....	33
4.1.4 Micrositios y plantas recién germinadas .....	34
4.1.5 Factores que influyen en la dinámica de la regeneración de lenga en pradera de castorera .....	35
4.1.6 Características dasométricas de las plantas de regeneración y efecto del ramoneo por guanaco .....	35
4.2 Rehabilitación de praderas de castoreras abandonadas.....	36
5. CONCLUSIONES .....	37
6. BIBLIOGRAFÍA .....	39
APÉNDICES.....	47

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Mapa de Chile y área chilena de Tierra del Fuego, donde se ubica del Parque Natural Karukinka (gris oscuro) y el sector de Vicuña, donde se realizó el estudio (punto negro). .....	9
<b>Figura 2.</b> Imagen satelital del sitio de estudio, donde la castorera estudiada es señalada por el polígono en la esquina inferior izquierda. ....	11
<b>Figura 3.</b> Distintos sectores de la pradera estudiada. <b>A.</b> Lugar de la pradera donde se encuentra la represa <b>B.</b> Restos de material leñoso y <b>C.</b> Restos de árboles roídos por el castor. <b>D.</b> Abundancia de árboles muertos en el suelo y en pie. ....	12
<b>Figura 4.</b> Área donde se encuentra la represa. <b>A</b> y <b>B.</b> Restos de material leñoso apilados por el castor. <b>C.</b> Material del dique cubierto por musgo y plantas herbáceas. ....	13
<b>Figura 5.</b> Rodales de lenga vecinos a la castorera abandonada en el área de estudio. <b>A.</b> Rodal 1 <b>B.</b> Rodal 2. ....	13
<b>Figura 6.</b> Parcela de 1 m <sup>2</sup> utilizada para medición de cobertura de sustratos .....	14
<b>Figura 7.</b> Esquema del diseño de muestreo, donde se representa la disposición de las parcelas en ambos ambientes de estudio, pradera de castorera abandonada (□) y bosque de lenga (■). ....	15
<b>Figura 8.</b> Cobertura (%) promedio de sustratos disponibles en la pradera de castorera abandonada, que pueden llegar a ser utilizados como micrositio por las semillas para su germinación y para el establecimiento de las plantas de regeneración. Las barras de error indican los intervalos de confianza al 95%. Letras distintas indican diferencias significativas entre coberturas de los sustratos disponibles en la pradera de castorera abandonada (Prueba H de Kruskal-Wallis y posteriormente Prueba U-Mann-Whitney, p<0,05). ....	20
<b>Figura 9.</b> Cobertura (%) promedio de sustratos disponibles en el bosque de lenga, que pueden llegar a ser utilizados como micrositio por las semillas para su germinación y para el establecimiento de las plantas de regeneración. Las barras de error indican los intervalos de confianza al 95%. Letras distintas indican diferencias significativas entre coberturas de los sustratos disponibles en el bosque (Prueba H de Kruskal-Wallis y posteriormente de Prueba U-Mann-Whitney, p<0,05). ....	21
<b>Figura 10.</b> Densidades de plantas de lenga establecidas y recién germinadas desde los bordes de los rodales al centro de la pradera de castor. ....	23
<b>Figura 11.</b> Micrositios utilizados. <b>A.</b> Madera en descomposición grado 3. <b>B.</b> Hojarasca. <b>C.</b> Briófitas. <b>D.</b> Ramas. <b>E.</b> Hepáticas (c/herbáceas) <b>F.</b> Corteza (cotiledón). <b>G.</b> Herbáceas. <b>H.</b> Borde madera (Briófitas/Herbáceas). <b>I.</b> Suelo Mineral (cotiledón). ....	24
<b>Figura 12.</b> Densidad promedio de plantas de lenga recién germinadas por m <sup>2</sup> sobre micrositios utilizados en la pradera de castorera abandonada. Las barras de error indican los intervalos de confianza al 95%. Letras distintas indican diferencias significativas entre densidades plantas/m <sup>2</sup> sobre micrositios en la pradera (Prueba H de Kruskal-Wallis y posteriormente de Prueba U-Mann-Whitney, p<0,05). ....	25

<b>Figura 13.</b> Densidad promedio de plantas de lenga por m <sup>2</sup> de micrositio utilizado en la pradera de castorera abandonada. Las barras de error indican los intervalos de confianza al 95%. Letras distintas indican diferencias significativas entre densidades plantas/m <sup>2</sup> sobre micrositios en la pradera (Prueba H de Kruskal-Wallis y posteriormente de Prueba U-Mann-Whitney, p<0,05).....	26
<b>Figura 14.</b> Densidad promedio de plantas recién germinadas por m <sup>2</sup> de micrositio utilizado en el bosque de lenga. Las barras de error indican los intervalos de confianza al 95%. Letras distintas indican diferencias significativas entre densidades plantas/m <sup>2</sup> sobre micrositios en el bosque (Prueba H de Kruskal-Wallis y posteriormente de Prueba U-Mann-Whitney, p<0,05). .....	26
<b>Figura 15.</b> Densidad promedio de plantas establecidas por m <sup>2</sup> de micrositio utilizado en el bosque de lenga. Las barras de error indican los intervalos de confianza al 95%. Letras distintas indican diferencias significativas entre densidades plantas/m <sup>2</sup> sobre micrositios en el bosque (Prueba H de Kruskal-Wallis y posteriormente de Prueba U-Mann-Whitney, p<0,05). .....	27
<b>Figura 16.</b> Plantas de lenga ramoneadas por guanaco. <b>A.</b> Planta ramoneada por guanaco en micrositio herbáceas en pradera de castorera abandonada. <b>B.</b> Planta ramoneada en micrositio madera descompuesta grado 3 en bosque de lenga.....	29

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Descripción de los sustratos que se encuentran presentes en ambos ambientes de pradera de castorera abandonada y bosque de lenga.....	17
<b>Cuadro 2.</b> Porcentaje de plantas de lenga recién germinadas y establecidas por micrositios en la pradera de castorera abandonada.....	22
<b>Cuadro 3.</b> Porcentaje de plantas de lenga recién germinadas y establecidas por micrositios en el bosque de lenga .....	24
<b>Cuadro 4.</b> Estadígrafos descriptivos de los diámetros a la altura de cuello (DAC en mm) y longitudes (cm) de plantas de regeneración por micrositio en la pradera de castorera abandonada.....	28
<b>Cuadro 5.</b> Estadígrafos descriptivos de los diámetros a la altura del cuello (DAC en mm) y longitudes (cm) de plantas de regeneración de lenga por micrositio en el bosque de lenga.....	28
<b>Cuadro 6.</b> Características dasométricas de las plantas no ramoneadas y ramoneadas en la pradera de castorera abandonada. ....	29
<b>Cuadro 7.</b> Porcentaje de plantas ramoneadas por micrositio en la pradera de castorera abandonada.....	30
<b>Cuadro 8.</b> Características dasométricas de las plantas no ramoneadas y ramoneadas en el bosque de lenga. ....	30
<b>Cuadro 9.</b> Porcentaje de plantas ramoneadas por micrositio en el bosque de lenga.....	31

## RESUMEN

*Castor canadensis* (castor americano) fue introducido en el sector argentino de Tierra del Fuego en 1946 y se ha expandido hacia el territorio chileno, ocasionando graves daños en ecosistemas fluviales y bosques ribereños. El castor construye represas a partir del material arbóreo de *Nothofagus*, principalmente de *Nothofagus pumilio* (lenga). Luego que el castor abandona la represa, el ecosistema boscoso se transforma en una pradera abierta, que presenta una alta variedad de sustratos, los que pueden servir de micrositios para la escasa germinación de semillas y posterior establecimiento de plantas de regeneración arbórea.

El objetivo de este estudio es analizar el establecimiento de plantas de regeneración de lenga respecto a micrositios en pradera de castorera abandonada y bosque no afectado por castor. La investigación se desarrolló en una pradera formada por el abandono de la castorera por parte del castor, en el sector de Vicuña, Tierra del Fuego (54°8'S, 68°42'O). La castorera se encuentra rodeada por un bosque de lenga coetáneo (390 árboles/ha, 93,5 m<sup>2</sup>/ha).

En la pradera de la castorera abandonada y en el bosque se instalaron sistemáticamente 121 y 88 parcelas (1 m<sup>2</sup>) para la estimación de cobertura de cada uno de los sustratos presentes. A nivel del suelo en las parcelas se identificaron los micrositios que están siendo utilizados por las plantas de regeneración de lenga. Las plantas fueron caracterizadas dasométricamente y se identificó la presencia de signos de ramoneo por *Lama guanicoe* (guanaco).

Los resultados establecen que el principal sustrato en la pradera corresponde a conjuntos de plantas herbáceas (47,9% de cobertura). En el bosque el sustrato del suelo está cubierto principalmente por plantas herbáceas (30,7%) y hojarasca (13,7%). En la pradera se encontraron 1,9 plantas/m<sup>2</sup>. En el bosque de lenga se encontraron 10,0 plantas/m<sup>2</sup>. Los micrositios más utilizados por las plantas de regeneración en la pradera corresponden a herbáceas, hojarasca y borde de madera, y en el bosque a madera en descomposición, ramas y hojarasca. El 81,5% de las plantas de regeneración muestran signos de ramoneo por guanaco en la pradera y solamente el 15,9% de las plantas de regeneración en el bosque.

Actividades de restauración de castoreras abandonadas deberían considerar el establecimiento de plantas de regeneración en micrositios que son utilizados naturalmente por lenga y recuperar los sustratos para la germinación de las semillas, además de aislar la presencia de guanaco.

**Palabras clave:** Plantas de regeneración, micrositio, ramoneo, lenga, pradera de castorera abandonada, Tierra del Fuego, Chile.

## ABSTRACT

*Castor canadensis* (american beaver) was introduced in the argentine sector of Tierra del Fuego in 1946 and has expanded into chilean territory, causing serious damage in rivers and riparian ecosystems. The beaver builds dams from *Nothofagus* tree material, mainly *Nothofagus pumilio* (lenga). After leaving the beaver dam, the forest ecosystem is transformed into an open meadow, featuring a full range of substrates, which can serve as microsites for seed germination and limited subsequent establishment of tree regeneration plants.

The objective of this study was to analyze the establishment of lenga seedlings respect to microsites in a beaver meadow and in a forest unaffected by beaver. The research was conducted in an abandoned beaver dam in Vicuña, Tierra del Fuego (54°8'S, 68°42'W). The beaver dam was surrounded by an evenaged lenga forest (390 trees ha<sup>-1</sup>, 93.5 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>).

In the meadow of the abandoned beaver dam and in the forest were systematically installed 121 and 88 plots (1 m<sup>2</sup>), to estimate coverage for each of the substrates presents. At the ground level in the plots, microsites that are being used by seedlings of lenga were identified. Seedlings were dasometric characterized and the presence of signs browsing for *Lama guanicoe* (guanaco).

The results showed that the main substrate in the meadow corresponded to sets of herbaceous plants (47.9 % coverage). In the forest the substrate at the ground level was covered mostly by herbaceous plants (30.7%) and litter (13.7 %). In the meadow were found 1.9 seedlings/m<sup>2</sup>. In the lenga forest is found 10.0 seedlings/m<sup>2</sup>. The most used microsites by seedlings the meadow was herbaceous plants, litter and wood edge, and in the forest was decaying wood, branches and litter. 81.5% of the seedlings showed signs of browsing by guanaco in the meadow and only 15.9% of the seedlings in the forest.

The restore abandoned beaver dams activities should consider to establish regeneration plants in microsites that are used naturally by lenga and recover the substrates for seed germination, in addition to isolate the presence of guanaco.

**Keywords:** Plant regeneration, microsite, browsing, lenga, beaver meadow, Tierra del Fuego, Chile.

## 1. INTRODUCCIÓN

El castor americano (*Castor canadensis* Kuhl) es un roedor exótico que fue introducido en el sector argentino de la Isla Grande de Tierra del Fuego en el año 1946 (Lizarralde, 1993; Skewes *et al.*, 1999). El castor se encuentra en el territorio chileno desde el año 1964 (Skewes *et al.*, 1999). Se ha establecido en diversos ecosistemas, afectando hábitats terrestres y acuáticos, no solo a nivel de comunidades bióticas, sino que también a nivel de paisaje (Lizarralde, 1993; Anderson *et al.*, 2008), dañando gravemente a los bosques ribereños (Baldini *et al.*, 2008).

El castor utiliza ramas y troncos de árboles para la construcción de diques, canales y madrigueras, e incorpora estos materiales también dentro de su dieta, junto con plantas herbáceas y arbustos (Lizarralde, 2008). Los diques generan disminución de la velocidad del flujo de los ríos y expansión de la superficie de suelos inundados (Naiman *et al.*, 1988; Wright *et al.*, 2002; Baldini *et al.*, 2008). Dentro de las especies arbóreas forrajeadas por castor se encuentran especies del género *Nothofagus*, principalmente lenga (*Nothofagus pumilio* [Poepp. *et* Endl.] Krasser) (Mella *et al.*, 1995).

La acción del castor altera la dinámica de la vegetación, modifica la estructura y la composición de comunidades, hasta transforma bosques primarios en praderas abiertas que son dominadas por especies de plantas herbáceas y gramíneas (Martínez-Pastur *et al.*, 2006; Anderson *et al.*, 2008; González, 2013). Las especies del género *Nothofagus* en Tierra del Fuego tienen como estrategia regenerativa formar un banco de plántulas en el sotobosque (Cuevas y Arroyo, 1999). Debido a la inundación de los bosques, el banco de plántulas muere por asfixia, lo que impide la recuperación posterior del bosque, al momento de que la castorera es abandonada. Esto además se ve impedido por la baja posibilidad de que las semillas germinen, por la acumulación de sedimentos y restos de material orgánico en el suelo (Anderson *et al.*, 2008). Por otro lado, a bajas elevaciones, la especie lenga no presenta posibilidad de regenerar vegetativamente (se ha observado regeneración vegetativa respecto a límites altitudinales arbóreos) (Martínez-Pastur *et al.*, 1997; Barrera *et al.*, 2000) por lo que estos bosques no estarían adaptados para regenerar bajo este tipo de disturbio (Anderson *et al.*, 2006), siendo un impedimento para la recuperación de estos terrenos.

Las escasas plantas de regeneración establecidas en praderas de castoreras abandonadas por castor, son dañadas por el guanaco (*Lama guanicoe* Müller), que limita el establecimiento y crecimiento de las plantas, convirtiéndolas en arbustos deformes (Anderson *et al.*, 2009).

Como se sabe que las plantas de regeneración son escasas, es importante determinar en qué lugares (micrositios) se encuentran establecidas en las praderas de castor. Los micrositios son aquellos lugares que presentan las condiciones necesarias para la germinación de semillas y posterior establecimiento de las plantas de regeneración (Harper *et al.*, 1965; Harper, 1977).

Frangi *et al.* (2004) describen que las plantas de regeneración de lenga en el bosque germinan y se establecen sobre sustratos de hojarasca, madera en descomposición y suelo mineral. Sin embargo, luego de la acción de disturbios (tal como la construcción de castorera), la disponibilidad de micrositios puede disminuir o cambiar.

Es así como surge la importancia de la caracterización de los sustratos como micrositos que pueden ser utilizados por las plantas de regeneración de lenga, en sectores perturbados y no perturbados por acción del castor, analizando además patrones de crecimiento y ramoneo de ellas en cada microsito.

## **1.1 Antecedentes generales de lenga**

### **1.1.1 Distribución geográfica**

La especie lenga es endémica de los bosques templados de Sudamérica y cubre una extensa distribución geográfica de 2.200 km por la Cordillera de los Andes (González *et al.*, 2006). La distribución natural parte desde Talca (35°35'S) hasta Cabo de Hornos (55°31'S) (Rodríguez *et al.*, 1983; Donoso, 1993; González *et al.*, 2006). En la Región de Magallanes, los bosques de lenga se desarrollan en altitudes menores hasta llegar a encontrarse a nivel del mar (Donoso, 1981). Específicamente en esta región, la superficie estimada del Tipo Forestal Lenga es de 1,3 millones de hectáreas (CONAF, 2011).

### **1.1.2 Características botánicas de la especie**

La especie lenga es caduca, puede alcanzar hasta 30 metros de altura y 170 centímetros de diámetro (Donoso, 1978; Frangi *et al.*, 2004), es relativamente longeva, llegando a registrarse árboles de más de 400 años (Rebertus y Veblen, 1993).

Las especies del género *Nothofagus* son monoicas y florecen en primavera. El polen es dispersado por el viento, sus semillas maduran durante el verano y se dispersan de febrero a mayo, el número de semillas es variable año a año (Veblen *et al.*, 1996), ya que hay años de baja producción y baja viabilidad (Schmidt, 1989), desde 0,5 a 17 millones de semillas/ha (González *et al.*, 2006). Registros en Tierra del Fuego, en antiguos predios de Forestal Trillium, reportan un año de buena semillación (17 millones de semillas/ha/año) y al segundo año, bastante más baja (350.000 semillas/ha/año) (González *et al.*, 2006).

### **1.1.3 Características de las plantas de regeneración de lenga**

Para que el proceso de regeneración de lenga sea exitoso, en general, es necesario una cantidad suficiente de semillas viables, condiciones microclimáticas y edáficas adecuadas para la germinación y el desarrollo posterior de las plántulas (Schmidt y Urzúa, 1982). Al ser una especie heliófila, necesita altos niveles de luz para su establecimiento y desarrollo (Uriarte y Grosse, 1991; Frangi *et al.*, 2004). La luminosidad también influye en el periodo de establecimiento de la regeneración. Es necesario un menor número de años para lograr que las plántulas se establezcan, en la medida que los niveles de luz disponible sean más altos (Uriarte, 1987). Además, para la zona de Magallanes se ha descrito que el éxito de la regeneración dependería también de la protección contra el viento, por el cual, se necesita un dosel protector que permita la entrada de luz suficiente para la nueva regeneración y que a la vez otorgue protección suficiente contra el viento (Uriarte y Grosse, 1991).

Schmidt y Urzúa (1982) muestran que en Magallanes las densidades de plantas de regeneración en bosques vírgenes varían entre 191.300 y 546.000 plantas por hectárea, lo

refleja la facilidad en el establecimiento de plantas de regeneración. Los mismos autores indican que la densidad de plantas de regeneración en bosques vírgenes varía dependiendo de la fase de desarrollo en que se encuentre el bosque y la luz que llega al piso, siendo menor en fases juveniles y mayor en fases más adultas. Schmaltz (1993) afirma en su estudio en la Patagonia argentina, que para que la regeneración sea exitosa, se puede esperar más de 10 a 12 plantas/m<sup>2</sup>.

El establecimiento de plantas de regeneración en Tierra del Fuego, puede variar entre 5 a 20 años, para lograr densidades de plantas de regeneración de entre 50.000 a 300.000 plantas/ha, con longitudes entre 40 y 50 cm, sin dejar de considerar el ramoneo por guanaco que afecta al normal crecimiento de las plantas (Doods, 1997; Martínez-Pastur *et al.*, 1999; Rosenfeld *et al.*, 2006.).

Respecto al crecimiento de plantas de regeneración de lenga en condiciones naturales, existen pocos antecedentes (González *et al.*, 2006) y se ha descrito que el crecimiento promedio es entre 1,0 y 3,4 mm/año de diámetro a la altura de cuello y entre 3,1 y 8,1 cm/año de longitud en rodales bajo manejo en el sector argentino de Tierra del Fuego (Gea *et al.*, 2004). Caldentey *et al.* (2009) reportaron para plantas de regeneración de lenga creciendo bajo dosel con el 34% de abertura, crecimientos en longitud de entre 12,2 y 13,1 cm/año y de diámetro a la altura del cuello entre 2,7 y 3,1 mm/año.

La reproducción vegetativa de lenga predomina en el límite altitudinal de su distribución, en que el bosque crece en forma achaparrada hasta formar un *krummholz*, sin presencia de plántulas provenientes de semillas (Barrera *et al.*, 2000). En el *krummholz* los renuevos son ramas enraizadas emergiendo de troncos y ramas principales enterradas (Frangi *et al.*, 2004).

#### **1.1.4 Dinámica de la regeneración de lenga post-perturbaciones en Tierra del Fuego**

##### a) Dinámica y disturbios naturales

Los disturbios naturales que afectan o modifican la dinámica de regeneración en estos bosques en Tierra del Fuego se han presentado a lo largo de la historia, tales como: las glaciaciones que afectaron la distribución geográfica de los bosques (Rabassa *et al.*, 2005), vulcanismo (Auer, 1960), terremotos, aludes o avalanchas de nieve y fuertes vientos (Veblen *et al.*, 1996; Rebertus *et al.*, 1997; Promis, 2013). Los aludes y fuertes vientos hacen que se pierda la capa del horizonte orgánico superficial, y por lo tanto compromete seriamente la supervivencia de la regeneración (Veblen *et al.*, 1996).

La dinámica de los bosques de lenga es influenciada por disturbios de gran escala que resultan en el reemplazo de rodales completos, así como por disturbios de pequeña escala como la formación de claros (Bava y Rechene, 2004; Frangi *et al.*, 2004; González *et al.*, 2006). Los claros se generan por la caída de árboles que puede ser causada por fuertes vientos que promueven el desenraizamiento, principalmente de árboles sobremaduros, generando rodales con estructura uniforme, aparentemente coetáneos. En grandes claros existen problemas para la regeneración, por la acción desecante del viento (Veblen *et al.*, 1996).

En los bosques de lenga, el número de plantas de regeneración aumenta con la reducción de la cobertura del dosel, aumentando la mortalidad de plantas con las mayores coberturas. Las plantas bajo dosel cerrado parecen menos vigorosas, observándose plantas recién germinadas formando bancos de plantas que perduran por 5-8 años (Skrt *et al.*, 1997), pero su reclutamiento puede verse impedido además del viento (Schmidt y Urzúa, 1982), por el pisoteo y ramoneo por el guanaco (Frangi *et al.*, 2004).

#### b) Dinámica y perturbaciones antrópicas

La presencia del castor, los incendios, el pastoreo y el uso forestal de los bosques han sido considerados como perturbaciones inducidas por la acción del hombre en los bosques de Tierra del Fuego (Richter y Frangi, 1992; Bava y Rechene, 2004; Frangi *et al.*, 2004; Anderson *et al.*, 2009).

El castor, especie introducida por el hombre en Tierra del Fuego, representa uno de los grandes cambios ecológicos ocurridos en ecosistemas sub-antárticos en los últimos 10.000 años (Anderson *et al.*, 2009). El castor, a través de la formación de diques y represas en ríos y arroyos, produce cambios en el hábitat acuático, la muerte de árboles por paludificación y anegamiento, anillado y corta de árboles (Lizarralde, 1993), junto con los efectos que generan sobre las plantas de lenga (mencionados anteriormente).

Los incendios son causados mayormente por efecto antrópico (Rodríguez y Cwielong, 1995), y han afectado al bosque de lenga muchas veces de manera irreversible, donde la recuperación de estas superficies depende, en Tierra del Fuego, principalmente de la ausencia de herbívoros y de la disponibilidad de semillas (Bava y Rechene, 2004), dejando un abundante legado de necromasa gruesa en pie y en el suelo (Richter y Frangi, 1992). A esto se suma la sucesión de la regeneración de lenga detenida por la formación de una pradera y también el pisoteo a las plantas, por el ganado doméstico, principalmente por ovejas (Richter y Frangi, 1992). En lugares donde existe el pastoreo se observan pequeños matorrales de lenga achaparrados, debido al continuo ramoneo a las plantas por el ganado (Bava y Rechene, 2004).

Además del fuego y pastoreo, el aprovechamiento forestal no planificado y sin consideraciones ecológicas ha sido de importancia en la reducción de los bosques sub-antárticos (Veblen *et al.*, 1996; Bava y Rechene, 2004; Frangi *et al.*, 2004).

## **1.2 Castor como agente perturbador**

### **1.2.1 Antecedentes generales de la invasión y expansión del castor en Tierra del Fuego**

El castor es un roedor semi-acuático, cuya invasión comenzó en noviembre de 1946, con la liberación de 25 parejas para fines peleteros, a unos 20 km de la desembocadura del río Claro en el Lago Fagnano, por el sector argentino de la Isla Grande de Tierra del Fuego (Lizarralde, 1993; Lizarralde *et al.*, 2004; Wallem *et al.*, 2007; Parkes *et al.*, 2008). Skewes *et al.* (1999), proponen a 1964 como el año del primer establecimiento del castor en el sector chileno, en la región oeste del Lago Fagnano. Además, en el continente chileno, en la Península de Brunswick, se han detectado colonias desde el año 1990 (Wallem *et al.*,

2007). Con el tiempo, el castor se ha extendido a otras islas más pequeñas y al territorio continental sobre un área de aproximadamente 7 millones de hectáreas, en la que ocupan al menos 27.000 km de cursos de agua (Parkes *et al.*, 2008).

Soto (2008) describe que existen diversos factores que han contribuido en el crecimiento poblacional de esta especie en Tierra del Fuego, como son: la ausencia de depredadores y competidores naturales, la alta disponibilidad de recursos y hábitat favorable, la plasticidad para adaptarse y utilizar los recursos, la capacidad para modificar la estructura y calidad del hábitat y la tasa reproductiva relativamente alta.

En Argentina, la caza de castores fue oficialmente autorizada en el año 1981 (Lizarralde, 1993; Anderson *et al.*, 2009). Desde 1991, la piel de estos animales ha perdido valor, desapareciendo así los interesados en la caza comercial, único control al incremento del número de animales, puesto que no posee enemigos naturales. El castor se encuentra presente en gran parte del archipiélago de Tierra del Fuego y se estima que en el territorio chileno, existe una población de más de 61.000 individuos (Skewes *et al.*, 2006), con una abundancia de 4 a 5 colonias/km, cuya densidad de colonias en actividad es 0,7 por km<sup>2</sup>, con un promedio de 5 individuos por colonia, estimándose una tasa intrínseca de crecimiento cercana al 21-23% en Tierra del Fuego (Lizarralde, 1993; Skewes *et al.*, 2006).

### **1.2.2 Daños del castor a los ecosistemas ribereños**

La presencia de castor ha producido muchas alteraciones ecológicas, tales como: la destrucción del bosque de ribera y desestabilización del suelo, la alteración del régimen de luz por la apertura de claros, modificación de la estructura del hábitat y de la biota acuática, notable expansión de las áreas húmedas, cambios en el drenaje y en la profundidad de la napa freática y acumulaciones de sedimento y materia orgánica que modifican los principales ciclos de nutrientes en bosques de *Nothofagus* (Soto, 2008).

En Tierra del Fuego, los castores afectan directamente a los bosques caducifolios sub-antárticos asociados a cursos de agua, siendo estos bosques ribereños de protección al régimen hídrico<sup>1</sup> (Jaksic *et al.*, 2002; Baldini *et al.*, 2008). Se ha estimado que el área máxima de ingreso del castor desde el curso de agua hacia el bosque son 100 m, correspondiendo al área potencial donde realizan sus actividades (para alimentación y material de construcción del dique) (Bava y Rechene, 2004; Baldini *et al.*, 2008).

En estos bosques destacan, además de lenga que es la más apetecida por los castores, especies arbóreas menos abundantes como ñirre (*Nothofagus antarctica* [Forst.] Oerst.) y la especie siempreverde coigüe de Magallanes (*Nothofagus betuloides* [Mirb.] Oerst.) (Wallem *et al.*, 2007), así como también arbustos del género *Berberis* sp. y plantas herbáceas (Anderson *et al.*, 2006).

---

<sup>1</sup>Los bosques ribereños según ley (Artículo 2, Ley N° 20.283), corresponden a ser bosques de conservación y protección, definidos como aquellos, cualquiera sea la superficie, que se encuentren ubicados en pendientes por sobre los 45%, en suelos frágiles o a menos de 200 metros de manantiales, cuerpos o cursos de agua naturales destinados al resguardo de tales suelos y recursos hídricos (CONAF, 2008).

Las estrategias regenerativas son una razón principal por la cual los *Nothofagus* carecen de adaptación al impacto a largo plazo que produce el castor. Se esperaría que los *Nothofagus* se regeneraran en los estanques abandonados en el corto plazo, esto debido a que están adaptados a alteraciones catastróficas (Donoso 1993; Rebertus *et al.*, 1997). Sin embargo, se han encontrado bajas densidades de plantas de regeneración en praderas de castor, éstas desapareciendo con el correr del tiempo, mientras el estrato gramíneo conforma la pradera (Anderson *et al.*, 2006; Martínez-Pastur *et al.*, 2006; González, 2013).

En bosques de lenga, uno de los efectos más importantes es la pérdida de biomasa que resulta de la muerte de individuos en la zona de inundación de la represa y en el corte de árboles para la creación del dique y la castorera, llegando a cortar hasta 15 ton/ha (Baldini *et al.*, 2008).

### **1.3 Micrositios de regeneración**

#### **1.3.1 Definición y características de los micrositios**

Micrositios o sitios seguros (*Safe-sites*) son aquellos lugares en donde las semillas pueden germinar sobre un conjunto de condiciones ambientales adecuadas, que cumplan con las exigencias de una especie arbórea, para su posterior establecimiento y crecimiento (Harper *et al.*, 1965; Harper, 1977). Harper (1977) describe un sitio seguro como una zona que presenta las siguientes características:

- El lugar donde existen los estímulos suficientes para la ruptura de la latencia de las semillas.
- El lugar donde se dan las condiciones necesarias para la germinación de las semillas.
- Disponibilidad de recursos para el crecimiento de las plántulas.
- Ausencia de peligros<sup>2</sup>.

Los factores incluidos en la definición de un sitio seguro son la caída de la semilla en relación con la microtopografía de la superficie del suelo, la disponibilidad de agua y otros recursos y condiciones necesarias para la germinación (Harper, 1977)

Christie y Armesto (2003) en un estudio en bosques templados lluviosos de Chiloé, describen que el piso de los bosques presenta un mosaico de micrositios que son importantes para la coexistencia de distintas especies, como la hojarasca y los originados por la caída de un árbol, troncos caídos y ramas en el suelo. Esta heterogeneidad presentada en el piso del bosque, hace que diferentes especies arbóreas puedan establecerse en los diversos micrositios existentes y las especies pueden coexistir en el tiempo. Los micrositios

---

<sup>2</sup> Peligros en el caso de semillas y plantas de lenga, como agentes abióticos a través de la desecación por efecto del viento (Veblen *et al.*, 1996; Frangi *et al.*, 2004) y bióticos como el daño y consumo de semillas, por insectos, aves, roedores (Rusch, 1987; Veblen *et al.*, 1996) y herbivoría de plantas por guanaco (Doods, 1997; Pulido *et al.*, 2000; Martínez-Pastur *et al.*, 2006).

pueden presentarse de muchas formas, tales como restos leñosos, sitios abiertos, troncos caídos y copas, además de montículos y hoyos de los árboles caídos (Carlton y Bazzaz, 1998).

La germinación de semillas en un micrositio depende mucho de la congruencia entre los recursos bióticos y abióticos presentes en el lugar (Carlton y Bazzaz, 1998). El reclutamiento de plantas de regeneración es limitado por la disponibilidad de micrositos o sitios seguros que son adecuados para la germinación y establecimiento de las plántulas. Para el caso de los bosques *Nothofagus*, el establecimiento de plantas de regeneración ocurre sobre troncos caídos en descomposición y hojarasca (Veblen *et al.*, 1981; Frangi *et al.*, 2004), además en general se establecen mejor bajo condiciones moderadamente altas de luz y suelo mineral expuesto (Veblen *et al.*, 1996).

## **1.4 Herbivoría por parte del guanaco**

### **1.4.1 Características de la especie**

El guanaco es el único ungulado nativo en Tierra del Fuego, el mayor herbívoro de carácter generalista de la isla y el camélido más grande de Sudamérica (Raedake, 1982; Dodds, 1997; Pulido *et al.*, 2000; Cavieres y Fajardo, 2005). Esta especie produce un gran impacto a las plantas del sotobosque debido al ramoneo, como también a las plantas de regeneración de los bosques (Dodds, 1997; Pulido *et al.*, 2000; Cavieres y Fajardo, 2005).

La preferencia natural del guanaco son áreas abiertas, principalmente de estepa húmeda, zona de vegetación andina, bosque de estepa y bosques ecotonales, donde se alimentan de pastos y arbustos. Además, por la presión ganadera, el guanaco ha sufrido un desplazamiento desde las vegas y praderas a los bosques (Raedeke, 1982; Dodds, 1997; Pulido *et al.*, 2000; Cavieres y Fajardo, 2005).

### **1.4.2 Daños a las plantas de regeneración**

En bosques vírgenes, los guanacos prefieren lugares donde se han producido claros, o borde de bosques, donde ubican sus dormideros y bosteaderos, siendo estos lugares los más afectados por el ramoneo (Mella, *et al.*, 1995; Dodds, 1997; Pulido *et al.*, 2000; Cavieres y Fajardo, 2005). A nivel de plantas, el signo más característico del ramoneo es el tipo de corte en brotes de plantas de regeneración (en forma de bisel) y la deformación que sufre el tallo debido a la pérdida del brote apical y el posterior surgimiento vigoroso de numerosos brotes laterales (Dodds, 1997).

Según Pulido *et al.* (2000) en el caso de un bosque virgen, plantas de lenga de hasta 22 años de edad y una altura esperada de 3 m, que presentan ramoneo crónico, no consiguen sobrepasar los 15 cm de altura

Con estos antecedentes, se plantean los siguientes objetivos para el estudio de los micrositos de regeneración de lenga en pradera de castorera abandonada y de su bosque vecino.

## **1.5 Objetivos**

### **1.5.1 Objetivos generales**

- Analizar el establecimiento de las plantas de regeneración de lenga respecto a las características de micrositios en áreas de bosques perturbadas y no perturbadas por el efecto del castor.

### **1.5.2 Objetivos específicos**

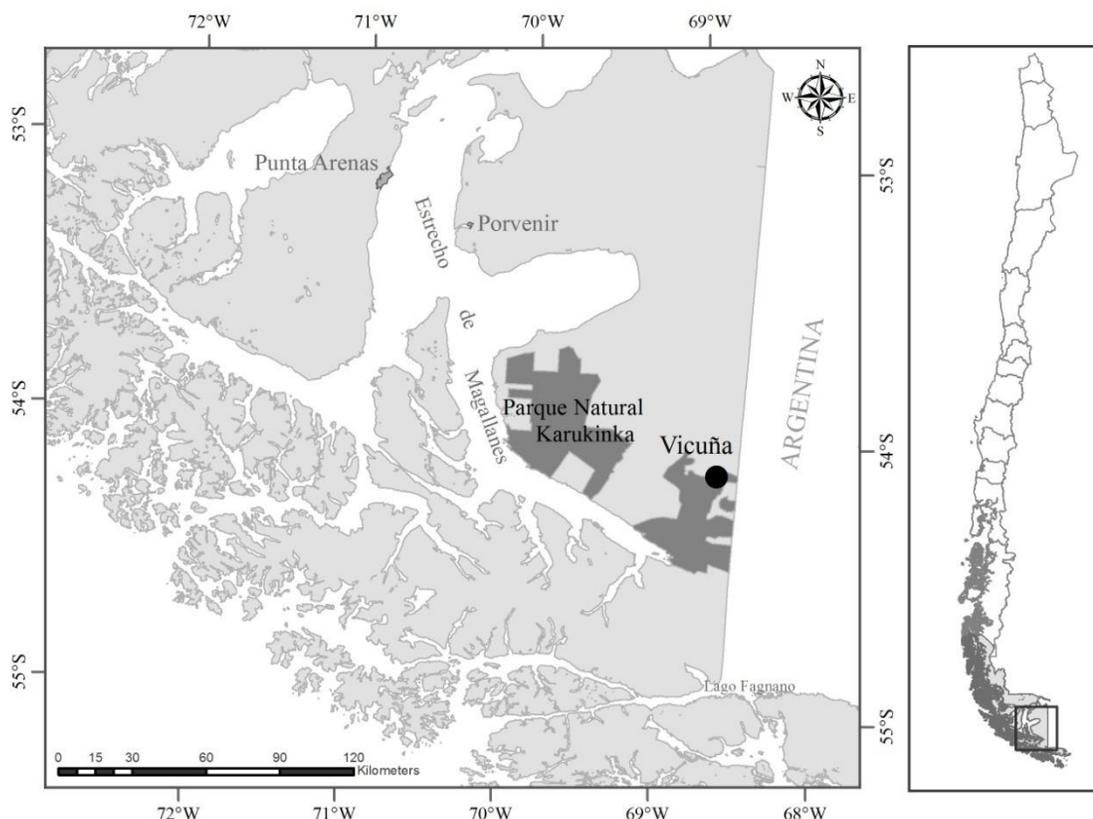
- Describir y determinar la cobertura de los micrositios de regeneración disponibles para lenga en un bosque modificado a pradera por castor y en el bosque adyacente no perturbado.
- Analizar el efecto de los micrositios sobre la densidad y características de las plantas de regeneración de lenga (longitud y diámetro a la altura del cuello) y el efecto de ramoneo por parte del guanaco en micrositios por sector, perturbado y no perturbado por castor.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 Material

#### 2.1.1 Área de estudio y ubicación geográfica

El estudio se llevó a cabo en el Parque Natural Karukinka, a cargo del organismo internacional Wildlife Conservation Society (WCS). Específicamente, el área de estudio se encontraba cercano al sector de Vicuña, ( $54^{\circ} 8'S$ - $68^{\circ}42'W$ ), comuna de Timaukel, en la Isla Grande de Tierra del Fuego, Región de Magallanes y de la Antártica Chilena (Figura 1).



**Figura 1.** Mapa de Chile y área chilena de Tierra del Fuego, donde se ubica del Parque Natural Karukinka (gris oscuro) y el sector de Vicuña, donde se realizó el estudio (punto negro).

#### 2.1.2 Clima

El clima de la zona estudiada, según la clasificación climática de Köeppen, corresponde a un clima templado frío lluvioso sin estación seca (Arroyo *et al.*, 1996). Pisano (1977) describe que el sector presenta un clima trasandino con degeneración esteparia. La temperatura media anual del aire se encuentra entre 2,7 y 5,3 °C (Henríquez, 2004; Arismendi *et al.*, 2008). El clima de esta región se caracteriza por veranos cortos y fríos seguidos por la nieve y la escarcha en el invierno (Soto, 1994). La temperatura media anual

es de 2,7°C, siendo el mes más cálido el de enero con 9,6°C promedio y el más frío de -4,2°C promedio (Arroyo *et al.*, 1996). La precipitación anual es de aproximadamente 450-500 mm en Vicuña y se distribuye uniformemente a lo largo del año (Pisano, 1977; Arroyo *et al.*, 1996). En verano se producen fuertes vientos que pueden superar los 100 km/hr (Novoa y Villaseca, 1989).

### **2.1.3 Geomorfología**

Vicuña se encuentra en un rango de altitud entre 150 y 312 m.s.n.m (Henríquez, 2004), definida por depósitos morrénicos de fines de la tercera y cuarta glaciación, siendo las especies deciduas quienes caracterizan esta zona (Pisano, 1977). El lugar se describe entre una zona subalpina, con cuevas empinadas y valles en forma de U formado por los glaciares y la planicies. Los lóbulos de glaciar en el área de Vicuña, por el sector de Rasmussen entraron desde el Seno Almirantazgo a través de los pasos del Cordón Almirantazgo y produciendo un redondeo en las cuevas del paisaje (Frederiksen, 1988).

### **2.1.4 Suelos**

Los suelos bajo bosques deciduos (lenga y ñirre) o bosques mixtos han sido caracterizado como de tipo podzólicos y grises de bosque. Estos suelos, se han desarrollado sobre substratos glaciales de diverso origen y constitución, y que pueden contener cantidades variables de cenizas volcánicas pleistocénicas (Pisano, 1977).

Los horizontes orgánicos están clasificados como Moder y Mor (Oi=1-3cm; Oe=5-15cm), inmediatamente bajo estos horizontes orgánicos de superficie se encuentran capas de tefras (depósitos volcánicos), con pocas raíces (Arroyo *et al.*, 1996). En regiones de orografía ondulada o de lomajes, presentan buen drenaje y son frecuentemente delgados y fácilmente penetrables, pero difícilmente a profundidades mayores (Pisano, 1977). El drenaje es pobre en áreas planas. Existen suelos de menos de 20 cm de profundidad, cuando la capa orgánica es delgada y se encuentra directamente sobre una base rocosa sin ningún desarrollo de suelo mineral. Los suelos se clasifican de delgados a muy delgados, con una zona de raíces de menos de 40 cm y muy rara vez de hasta 70 cm, con materiales pedregosos que limitan el enraizamiento (Arroyo *et al.*, 1996).

### **2.1.5 Vegetación**

Según la clasificación dada por Gajardo (1994), la vegetación del área de estudio corresponde a la Región del Bosque Andino-Patagónico, Subregión de las Cordilleras Patagónicas, en la formación vegetal del Bosque Caducifolio de Magallanes.

La vegetación de Vicuña corresponde a bosques sub-antárticos caducifolios y de transición hacia la estepa, existiendo en ella ambientes mixtos de estepa húmeda, turbales y bosques de lenga (Mella, 1994; Arismendi *et al.*, 2008). El principal estrato arbustivo en bosques de lenga está conformado también por especies como *Berberis microphylla* G. Forst., *Empetrum rubrum* Vahl., *Gaultheria pumila* (L. f.) Middleton (Cuevas y Arroyo, 1999) y *Gaultheria mucronata* (L.f.) Hook. & Arn. (Gajardo, 1994), y herbáceas como *Acaena*

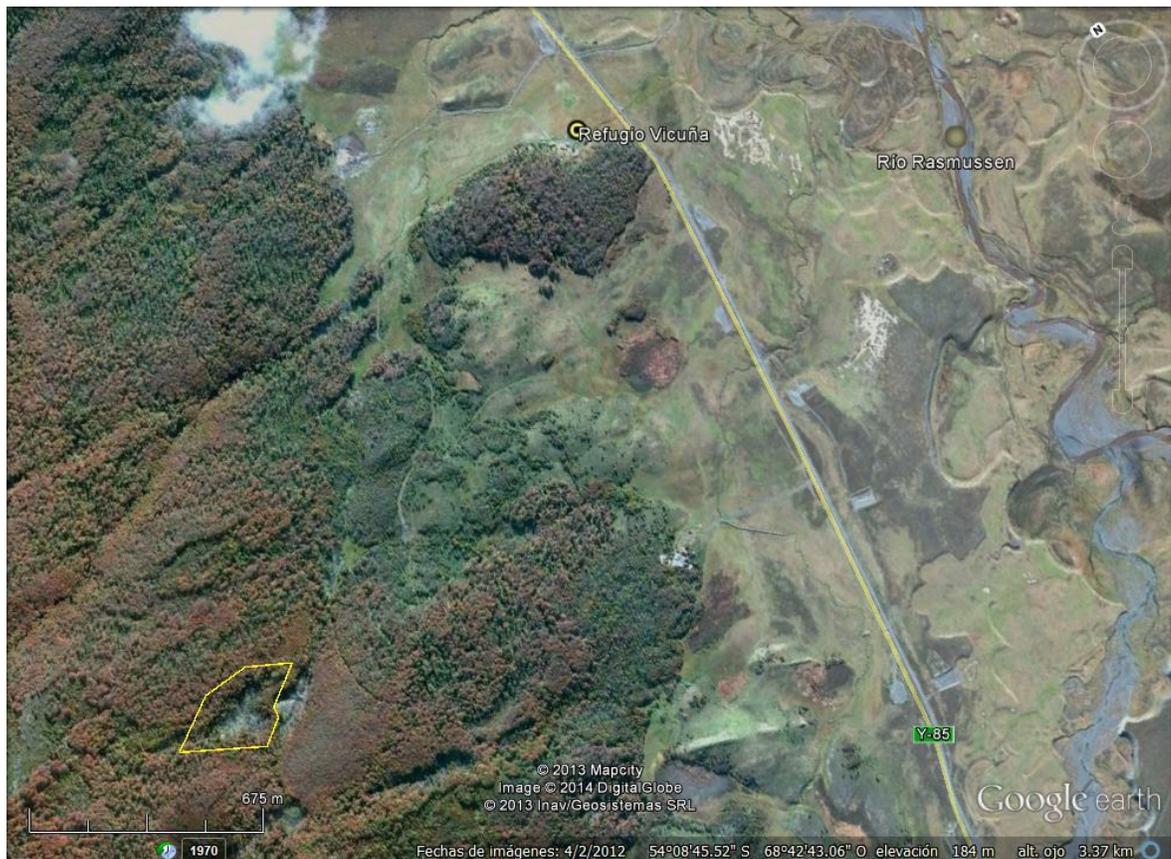
*ovalifolia* Ruiz & Pavón., *Osmorhiza chilensis* Hooker & Arn., y *Rubus geoides* Sm. (Gajardo, 1994).

Del estrato arbóreo solo se encuentran en Vicuña las especies lenga y ñirre. La secuencia característica de tipos de bosque en este sector va típicamente desde ñirre en el límite de la estepa (aproximadamente a los 200 m.s.n.m.) a bosque de lenga puro, que se extiende hasta el límite de vegetación arbórea que fluctúa entre los 500-700 m.s.n.m., dependiendo del sitio. Los únicos arbustos que se presentan con alguna frecuencia en los bosques son *Ribes magellanicum* y *Berberis microphylla* (Arroyo *et al.*, 1996).

## 2.2 Características del lugar de estudio

### 2.2.1 Sector perturbado: Pradera de castorera abandonada

El sitio de estudio pertenece a una antigua castorera, que se encuentra a una altitud de 271 m.s.n.m., en un sector de cuevas onduladas por el que transcurría un arroyo, donde el área boscosa que fue transformada a pradera pertenecía a un bosque de lenga (Figura 2). Esta pradera de castor se encontraba deshabitada desde hace por lo menos seis años cuando se tomó los datos en terreno (febrero 2012), según registros del personal del Parque Natural Karukinka.



**Figura 2.** Imagen satelital del sitio de estudio, donde la castorera estudiada es señalada por el polígono en la esquina inferior izquierda.

Existe presencia de bosque de lenga en ambos lados del antiguo dique y pradera de castorera abandonada por castor. El arroyo existente en esta área correspondería a uno de los brazos del río Rasmussen, principal curso de agua del sector.

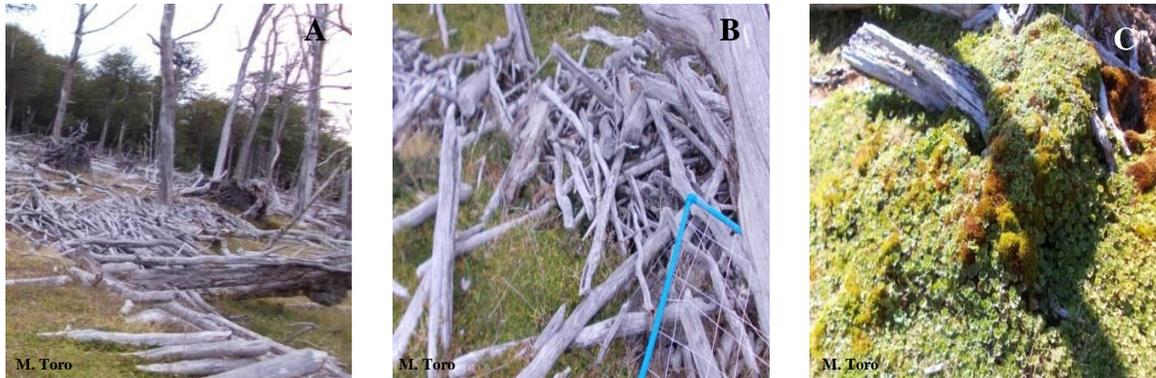
La invasión del castor en el sector Vicuña se registra desde principios de los años 1970 (Skewes *et al.*, 2006). La densidad de colonias de castor en el área han ido variando desde 8,5 colonias/km de río (Mella *et al.*, 1995), hasta 1,09 colonias/km de río (Funes *et al.*, 2008). En la actualidad existen numerosas represas activas y otras abandonadas en los cursos de agua en bosques y estepa de Vicuña.

La pradera de castorera abandonada (aproximadamente 3% de pendiente), está cubierta por una gran cantidad de pastizales, principalmente en el área que fue inundada por el establecimiento del dique, además de restos leñosos, árboles caídos y muertos en pie (Figuras 3A y B). También se pueden encontrar árboles roídos por el castor (muertos por anillamiento y descortezamiento) y tocones con las huellas de los dientes (Figuras 3C y D). Posterior a la inundación, la pradera ha sido recolonizada por distintas especies herbáceas y cubierta de material leñoso, con diferentes grados de descomposición.



**Figura 3.** Distintos sectores de la pradera estudiada. **A.** Lugar de la pradera donde se encuentra la represa **B.** Restos de material leñoso y **C.** Restos de árboles roídos por el castor. **D.** Abundancia de árboles muertos en el suelo y en pie.

En el dique, la acumulación de materia orgánica en el suelo ha facilitado el cubrimiento de plantas herbáceas, principalmente de pastos y gramíneas (Figuras 4A y B) y por otra parte, los restos de material de la represa están cubiertas de briófitas (musgos y hepáticas en su mayoría) y herbáceas, debido a la humedad que se mantiene junto al escaso curso de agua que circula en el trayecto de agua antes de la perturbación (Figura 4C).



**Figura 4.** Área donde se encuentra la represa. **A** y **B.** Restos de material leñoso apilados por el castor. **C.** Material del dique cubierto por musgo y plantas herbáceas.

### 2.2.2 Sector no perturbado directamente por castor: Bosque de lenga

El área no perturbada se considera a los bosques vecinos a la pradera de castor (rodales 1 y 2), los que se presentan en una pendiente que no supera el 3%. El rodal 1 corresponde a un bosque de lenga floreado en el pasado (hay presencia de tocones) con una densidad de 380 árb/ha y área basal de 89 m<sup>2</sup>/ha (Figura 5A). El rodal 2 es también un bosque de lenga, en este caso virgen, sin presencia de signos de floreo, que presenta una densidad de 400 árb/ha y área basal de 98 m<sup>2</sup>/ha (Figura 5 B).



**Figura 5.** Rodales de lenga vecinos a la castorera abandonada en el área de estudio. **A.** Rodal 1 **B.** Rodal 2.

## 2.3 Método

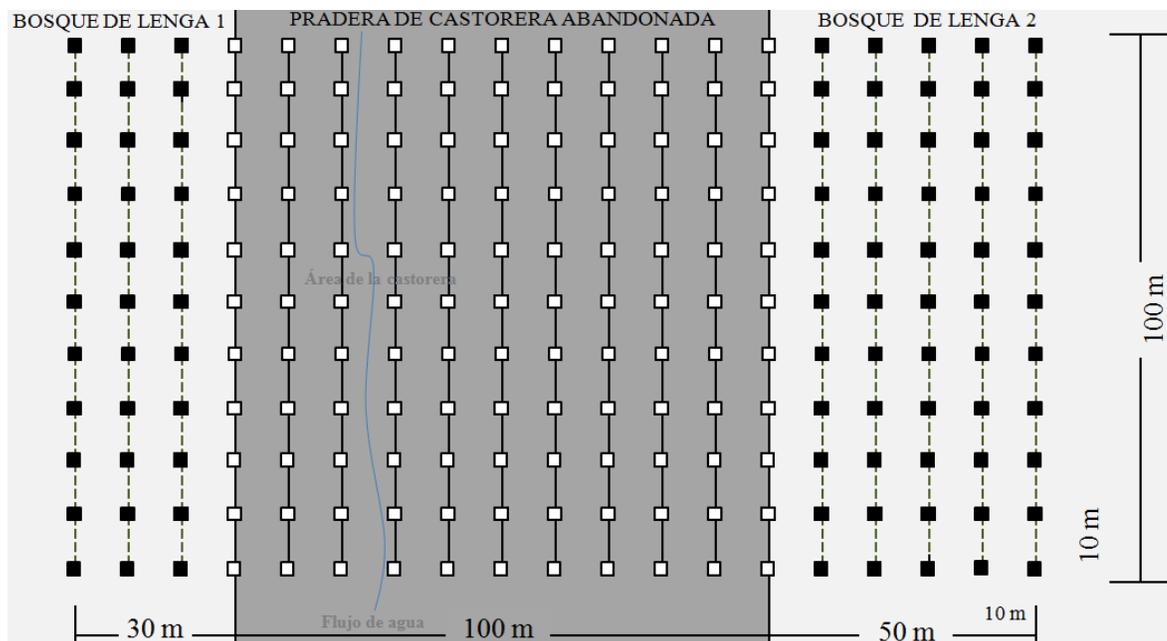
### 2.3.1 Descripción de la cobertura de los sustratos del suelo disponibles para la regeneración en ambos ambientes

Para la determinación de la cobertura de los sustratos (%) se realizó un muestreo durante el verano del año 2012. La determinación de la cobertura de los sustratos presentes en ambos ambientes se llevó a cabo a través de parcelas cuadradas de 1 m<sup>2</sup> de superficie (Figura 6). Las parcelas se delimitaron a través de un cuadrante de tubos de PVC subdividida por 100 cuadrículas con cuerdas delgadas.



**Figura 6.** Parcela de 1 m<sup>2</sup> utilizada para medición de cobertura de sustratos

Las parcelas fueron localizadas sistemáticamente en ambos ambientes (pradera de castorera abandonada y rodales de lenga), a través de una red de puntos de muestreo, los que se encontraban separados cada 10 metros (Figura 7). En la castorera abandonada (1 ha) se instalaron 121 parcelas. En los rodales se instalaron 88 parcelas (33 en el rodal 1 y 55 en el rodal 2, respectivamente), abarcando unos 30 y 50 m desde el borde de cada uno de ellos.



**Figura 7.** Esquema del diseño de muestreo, donde se representa la disposición de las parcelas en ambos ambientes de estudio, pradera de castoreira abandonada (□) y bosque de lenga (■).

### 2.3.2 Mediciones a las plantas de regeneración por sustrato disponible como micrositio en ambos ambientes

Dentro de la misma parcela de 1 m<sup>2</sup>, se cuantificó el número de plantas de regeneración encontradas, ya sean recién germinadas (cotiledón) o plantas establecidas, identificando además el micrositio sobre el cual cada planta se encontró. Una vez cuantificadas las plantas de regeneración, se realizó una transformación del número de plantas a densidad de plantas por m<sup>2</sup> de micrositio utilizado por éstas. Con esto, se analizó el efecto de los micrositios sobre la densidad de las plantas de regeneración en ambos ambientes. La fórmula usada fue la siguiente:

$$D = \frac{N}{a} \quad (1)$$

D=Densidad de plantas por m<sup>2</sup> de micrositio utilizado

N=Número de plantas de regeneración

a=Superficie (m<sup>2</sup>) de micrositio en que se establecieron las plantas

A las plantas de regeneración establecidas (con excepción a las plantas recién germinadas), se les midió el diámetro a la altura de cuello DAC (mm) y la longitud (cm). Además, a las plantas medidas, se registró si ésta fue ramoneada o no por guanaco. Esta característica se consideraba si la planta presentaba cortes en brotes apicales o ramificación en plantas que antiguamente fueron ramoneadas. Solamente se clasificó la presencia o ausencia de daño de las plantas en cada micrositio.

### 2.3.3 Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó por separado para cada uno de los ambientes. Para la determinación de la cobertura de sustratos y el efecto de los sustratos que son micrositios sobre la densidad de plantas de regeneración, se interpretaron los resultados a través de la media y el error estándar ( $\text{Media} \pm \text{EE}$ ). Se usó la prueba no paramétrica H de Kruskal Wallis ( $p < 0,05$ ) para contrastar si las diferencias entre las coberturas y entre las densidades de plantas, indican variaciones dentro de las parcelas de cobertura. Posteriormente, se usó la prueba U de Mann-Whitney ( $p < 0,05$ ) para comparar las diferencias significativas en la cobertura de sustratos disponibles en cada ambiente y en la densidad de plantas por micrositio (sustrato usado como tal). Estas pruebas se realizaron luego de la comprobación de que los datos no cumplían con los supuestos de estadística paramétrica (Normalidad, a través de prueba de Kolgomorov-Smirnov y Shapiro-Wilks ( $p < 0,05$ ) y homocedasticidad o igualdad de varianzas a través de prueba de Levene ( $p < 0,05$ )).

Sobre las características dasométricas de las plantas, se analizaron los datos a través de estadística descriptiva (media, error estándar, intervalos de menor a mayor) para el diámetro a la altura de cuello (DAC y longitud), por micrositios para cada uno de los ambientes, además, la presencia y ausencia de ramoneo respecto al DAC y longitud media. Se calculó el porcentaje (%) de plantas ramoneadas por micrositio para cada uno de los ambientes.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1 Cobertura de los sustratos sobre el suelo

##### 3.1.1 Descripción de los sustratos posibles a ser utilizados como micrositios de regeneración en los ambientes

Existe una variedad de sustratos que es posible encontrar en cada uno de los ambientes, cuya composición varía de acuerdo a sus características y que pueden presentarse como posibles micrositios. En el cuadro 1 se entrega una descripción general realizada en el muestreo de terreno de todos los sustratos que se encuentran presentes en los ambientes.

**Cuadro 1.** Descripción de los sustratos que se encuentran presentes en ambos ambientes de pradera de castorera abandonada y bosque de lenga.

Sustrato (nombre/abreviado)	Definición del tipo de sustrato como micrositio	Ambiente en que se encuentra en este estudio	
		Pradera	Bosque
<b>Boca del descalce</b>	Hoyo generado por el desarraigo de las raíces de un árbol caído	Presencia	Presencia
<b>Montículo de raíces</b>	Montículo de raíces de árboles caídos producto del viento	Presencia	Ausencia
<b>Corteza</b>	Acumulaciones de distintos tamaños de corteza. Algunas veces con presencia de ramas y/o hojarasca	Presencia	Presencia
<b>Ramas</b>	Acumulaciones de distintos tamaños de ramas desde pequeños palitos hasta 4 cm de diámetro. Dominancia por sobre corteza y hojarasca	Presencia	Presencia
<b>Hojarasca</b>	Dominancia de hojarasca con presencia de ramas y corteza	Presencia	Presencia
<b>Suelo Mineral</b>	Suelo mineral expuesto. Se asocia a zonas con boca del descalce de algún árbol caído o de revolcaderos de guanaco (zona de mayor compactación y restos de pelo)	Presencia	Presencia
<b>Base de Árbol muerto en pie</b>	Árbol muerto en pie, como sustratos las áreas cercanas a su raíz	Presencia	Ausencia
<b>Base de Árbol vivo</b>	Árbol vivo, como sustratos las áreas cercanas a su raíz	Ausencia	Presencia
<b>Bajo Arbustos</b>	Bajo la cobertura de arbustos, como <i>Berberis microphylla</i> , presentes con distintos tamaños y asociados con plantas herbáceas	Presencia	Presencia

**Cuadro 1.** Descripción de los sustratos que se encuentran presentes en ambos ambientes de pradera de castorera abandonada y bosque de lenga (continuación)

Sustrato (nombre/abreviado)	Definición del tipo de sustrato como micrositio	Ambiente en que se encuentra en este estudio	
		Pradera	Bosque
<b>Briófitas</b>	Carpetas dominadas por la presencia de musgos y hepáticas difíciles de distinguir en terreno, algunas veces con plantas herbáceas	Presencia	Presencia
<b>Helechos</b>	Carpetas dominadas por la especie <i>Blechnum penna-marina</i> (Poir.) Kuhn algunas veces se presentan especies briófitas y plantas herbáceas	Presencia	Presencia
<b>Hepáticas</b> ( <i>Marchantia berteroana</i> Lehm)	Presentes en zonas con mayor humedad o acumulación de agua y muy asociados a plantas herbáceas	Presencia	Presencia
<b>Herbáceas</b>	Conjunto de diversas especies de monocotiledóneas y dicotiledóneas con hábito de hierba	Presencia	Presencia
<b>Hongos (cuerpos fructíferos)</b>	Asociados con plantas herbáceas, heces fecales y madera, además de líquenes	Ausencia	Ausencia
<b>Bordes de madera con briófitas o herbáceas (Borde Madera (Br/H) o Suelo mineral (SM) o restos de ramas, corteza</b>	En el borde de troncos caídos, donde posiblemente se acumula mayor cantidad de agua. El sustrato en este caso también se asocia a la presencia de plantas herbáceas, briófitas, hojarasca y/ o suelo mineral expuesto	Presencia	Ausencia
<b>Madera en descomposición grado 1 (Madera D. G1)*</b>	Restos de madera caída poco podrida, estructura de la madera dura, donde un cuchillo solo puede penetrar unos pocos milímetros	Presencia	Ausencia
<b>Madera en descomposición grado 2 (Madera D. G2)*</b>	Restos de madera caída media podrida, donde los rangos de estructura de la madera van de relativamente duro a relativamente blando. Al enterrar un cuchillo en la madera, este penetra menos de 2 cm	Presencia	Ausencia
<b>Madera en descomposición grado 3 (Madera D. G3)*</b>	Restos de madera caída muy podrida, con estructura de la madera blanda a muy blanda, donde un cuchillo puede penetrar más de 2 cm	Presencia	Presencia
<b>Fecas o heces fecales de guanaco</b>	Acumulación de heces fecales o bostaderos de guanaco	Presencia	Ausencia

\*Madera en tres tipos de grado de descomposición. Los tipos de grados de descomposición de la madera, según el estado de pudrición se determinó por la integridad estructural y la consistencia de la madera, de acuerdo a tres categorías descritas por Promis *et al.* (2012).

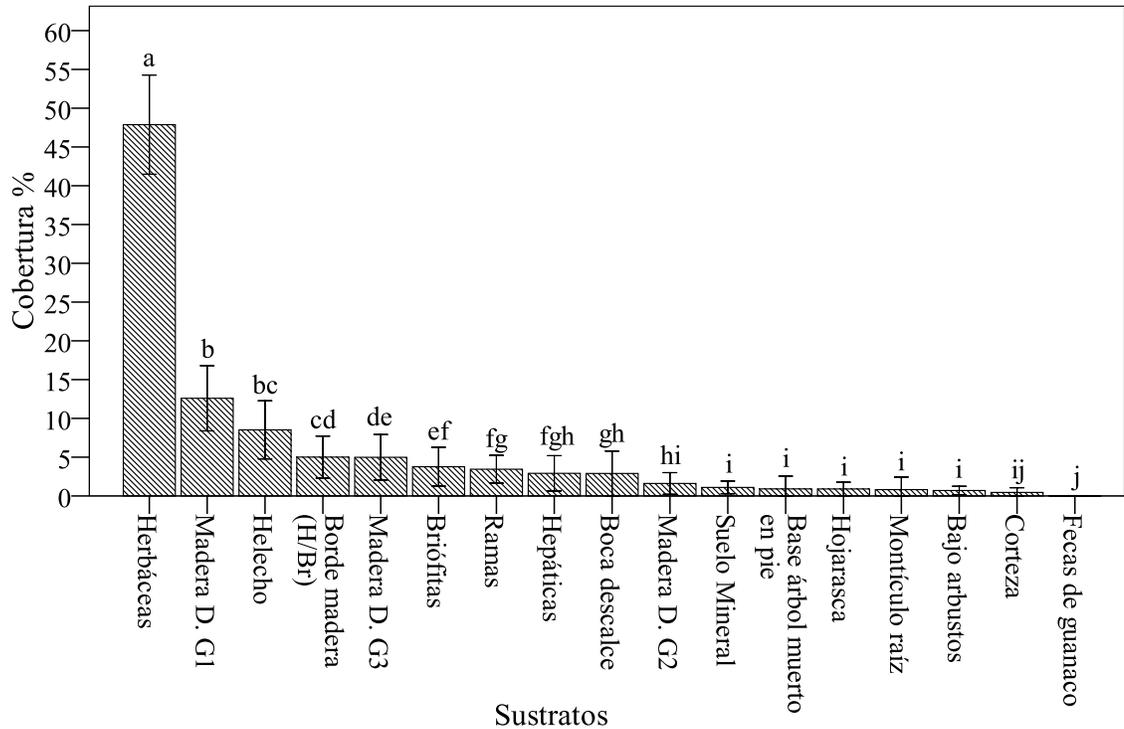
### **3.1.2 Determinación de la cobertura de sustratos disponibles en pradera de castorera abandonada**

De acuerdo a lo observado en el cuadro 1, la superficie del suelo de la pradera puede ser segregada en 17 tipos de sustratos, los que podrían llegar a ser utilizados como micrositios para la germinación de semillas y establecimiento de plantas de regeneración.

La Figura 8 muestra que existen diferencias significativas entre las coberturas de los distintos sustratos presentes en la pradera. Sin embargo, algunos sustratos, no presentan mayores diferencias estadísticas. Se observa que las plantas herbáceas son el sustrato que cubre estadísticamente con mayor cobertura la superficie de la pradera de castorera abandonada ( $47,9 \pm 3,2\%$ , promedio  $\pm$  error estándar), respecto a los demás (Figura 8). Este sustrato se encontraba compuesto por al menos 35 especies de plantas (Apéndice 1). De las 35 especies de plantas, el 68,6% son nativas, el 11,4% son endémicas (Patagonia Sur y Tierra del Fuego) y el 20% son exóticas. De las nativas destacan la presencia de *Festuca magellanica* Lam., *Rubus geoides* J. E. Sm., *Gunnera magellanica* Lam., *Macrachaenium gracile* Hook. f. y *Uncinia lechleriana* Steud. De las endémicas destaca la especie *Elymus (Agropyron) fuegianus* (Speg.) A. Love. De las especies introducidas destacan *Poa nemolaris* L., *Holcus lanatus* L., *Taraxacum officinale* Weber ex F. H. Wigg y *Cerastium arvense* L. D. Además, del total de las especies, el 55,3% pertenecen a gramíneas del género Poaceae, nativas e introducidas (Apéndice 1).

Los sustratos madera en descomposición grado 1 (Madera D. G1) y helecho presentan cobertura estadísticamente similar ( $12,6 \pm 2,1\%$  y  $8,5 \pm 1,9\%$  respectivamente), pero menor que herbáceas (Figura 8). La madera descomposición grado 1 es representada principalmente por los restos leñosos de gran tamaño, luego de la caída de árboles a causa del viento o por castor.

Con una menor cobertura sobre el suelo, los siguientes sustratos se presentan con cobertura bajo el 10% y con diferentes resultados de similitud o diferencia estadística (Figura 8): helecho, borde de madera (Br/H), madera en descomposición grado 3 (Madera D. G3), briófitas, ramas, hepáticas, boca del descalce, madera en descomposición grado 2 (Madera D. G2) y suelo mineral. Además, con valores menores al 1% promedio de cobertura sobre el suelo, se encontraron los siguientes sustratos (Figura 8): base de árboles muertos en pie (raíz), hojarasca, bajo arbustos, restos de corteza y fecas de guanaco.



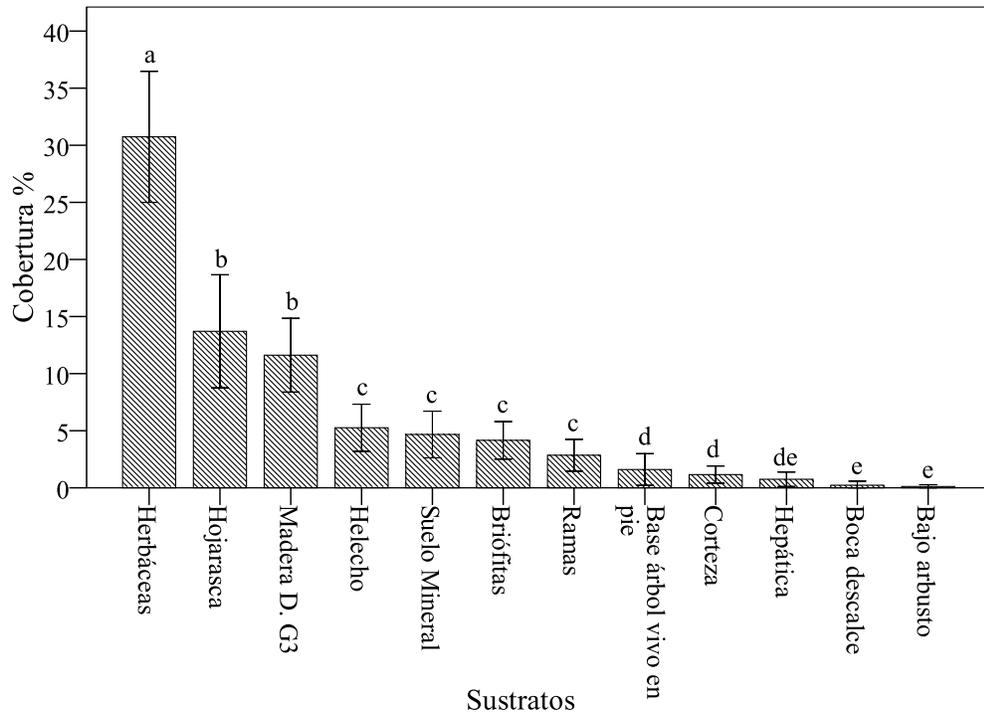
**Figura 8.** Cobertura (%) promedio de sustratos disponibles en la pradera de castorera abandonada, que pueden llegar a ser utilizados como micrositio por las semillas para su germinación y para el establecimiento de las plantas de regeneración. Las barras de error indican los intervalos de confianza al 95%. Letras distintas indican diferencias significativas entre coberturas de los sustratos disponibles en la pradera de castorera abandonada (Prueba H de Kruskal-Wallis y posteriormente Prueba U-Mann-Whitney,  $p < 0,05$ ).

### 3.1.3 Determinación de la cobertura de sustratos disponibles en bosque de lenga

En el bosque de lenga se identificaron 12 sustratos diferentes, que pueden ser utilizados como micrositio por las semillas para la germinación y el establecimiento de plantas de lenga (Cuadro 1). La figura 9 muestra que existen diferencias significativas entre las coberturas de los distintos sustratos presentes en el bosque.

Al igual que en pradera, agrupaciones de las plantas herbáceas son el sustrato que cubre con mayor cobertura ( $30,7 \pm 2,9\%$ ) el suelo en el bosque de lenga, diferenciándose estadísticamente de los demás sustratos (Figura 9). Dentro del bosque se encontraron 18 especies herbáceas (Apéndice 2), dentro de las cuales el 94,4% de las especies son nativas y el 5,6% corresponde a especies exóticas. De las especies nativas se encuentran *Alopecurus magellanicus* Lam., *Adenocaulon chilense* Poepp ex Less., *Gunnera magellanica* Lam., *Dysopsis glechomoides* (A.Rich) Muell. Arg., *Acaena ovalifolia* Ruíz et Pavón. *Rubus geoides* J.E.Sm., *Schizeilema ranunculus* (D'Urv.) Domin y *Osmorhiza chilensis* Hook. et Arn. La única especie introducida determinada fue la gramínea *Poa pratensis* L.

Luego de la cobertura de plantas herbáceas, la cobertura de la hojarasca ( $13,7\pm 2,5\%$ ) y madera en descomposición grado 3 (Madera D.G3) ( $11,6\pm 1,6\%$ ) son los sustratos que presentaron mayor cobertura sobre el suelo. La cobertura de estos sustratos no presentó diferencia estadística entre ellos (Figura 9). Los siguientes sustratos se encuentran con menos del 10% de cobertura y estadísticamente no tienen diferencias significativas (Figura 9): helechos, suelo mineral, briófitas y ramas. El resto de los sustratos presentan menos del 3% de cobertura: base raíz de árbol vivo en pie, corteza, carpetas de plantas hepáticas, boca de un descalce y bajo arbustos.



**Figura 9.** Cobertura (%) promedio de sustratos disponibles en el bosque de lenga, que pueden llegar a ser utilizados como micrositio por las semillas para su germinación y para el establecimiento de las plantas de regeneración. Las barras de error indican los intervalos de confianza al 95%. Letras distintas indican diferencias significativas entre coberturas de los sustratos disponibles en el bosque (Prueba H de Kruskal-Wallis y posteriormente de Prueba U-Mann-Whitney,  $p < 0,05$ ).

### 3.2 Efecto de los micrositos sobre la densidad, características de las plantas de regeneración y el efecto del ramoneo por guanaco

#### 3.2.1 Plantas de regeneración por micrositio en ambos ambientes

No todos los sustratos son adecuados para la germinación de las semillas y el establecimiento de plantas. Por lo tanto, solo algunos sustratos se pueden clasificar como micrositos adecuados.

a) Pradera de castorera abandonada

En la pradera se encontraron 227 plantas de regeneración de lenga. Del total de plantas de regeneración encontradas 92 (40,5%) correspondieron a plantas con cotiledón (plantas recién germinadas), mientras que 135 (59,5%) son plantas que se encontraron ya establecidas.

De los 17 sustratos encontrados en la pradera de castor, el 52,9% (9 sustratos) son utilizados como micrositio por plantas establecidas y el 29,4% de los micrositos por plantas recién germinadas (5 micrositos) (Cuadro 2). Del total de plantas establecidas, el 55,6% se establecieron sobre el micrositio herbáceas, en el resto de los micrositos, hubo un establecimiento menor al 10% de las plantas (Cuadro 2).

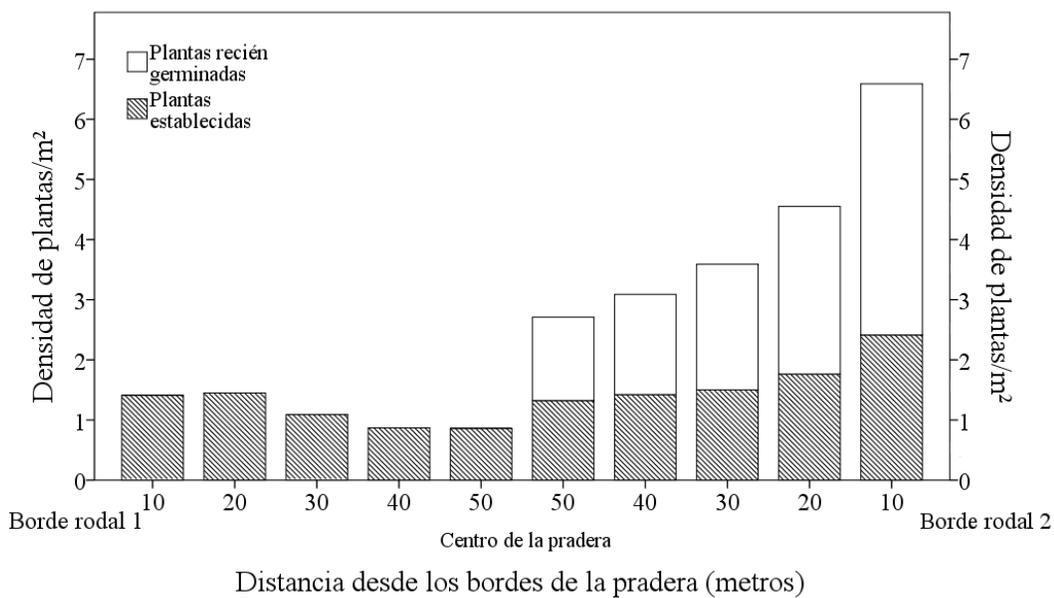
Los micrositos que no fueron utilizados por las plantas de regeneración son: madera en descomposición grado 1, helecho, boca descalce, madera en descomposición grado 2, base muerto en pie, montículo raíz, bajo arbustos y fecas de guanaco, correspondiendo estos al 47% de los sustratos en la pradera de castorera abandonada.

**Cuadro 2.** Porcentaje de plantas de lenga recién germinadas y establecidas por micrositos en la pradera de castorera abandonada

<b>Micrositio</b>	<b>% Plantas recién germinadas</b>	<b>% Plantas establecidas</b>
Borde Madera (Br/H)	7,6	9,6
Briófitas	4,4	2,2
Corteza	0,0	9,7
Hepáticas	0,0	3,0
Herbáceas	52,2	55,6
Hojarasca	8,6	5,2
Madera en descomposición grado 3	0,0	8,1
Ramas	27,2	4,4
Suelo Mineral	0,0	2,2

La densidad total de plantas de la pradera es de 1,9 plantas/m<sup>2</sup>. La densidad de plantas en la pradera se concentró mayoritariamente dentro de los primeros 20 metros desde el borde del rodal 1 y 30 metros desde el borde del rodal 2 hacia la pradera (área mayormente talada por el castor (3,3 plantas/m<sup>2</sup>), así como también las plantas recién germinadas en esta área (0,8 plantas/m<sup>2</sup>). Hacia el centro de la pradera, en el área de la represa (60 metros), la densidad de plantas de regeneración fue menor, alcanzando valores de 0,7 plantas/m<sup>2</sup>.

La disminución de densidades se aprecia en la figura 10. A medida que se avanza desde los bordes de los rodales hacia el centro de la pradera, va disminuyendo la concentración de densidades de plantas establecidas y recién germinadas.



**Figura 10.** Densidades de plantas de lenga establecidas y recién germinadas desde los bordes de los rodales al centro de la pradera de castor.

#### b) Bosque de lenga

En el bosque se encontraron un total de 884 plantas de regeneración, donde 219 (24,8%) correspondieron a plantas recién germinadas y 665 (75,2%) a plantas establecidas. De los 12 sustratos presentes en el bosque, el 41,7% de estos fueron utilizados como micrositios por plantas recién germinadas y también por plantas establecidas (5 micrositios) (Cuadro 3).

En madera en descomposición grado 3, se registra el mayor número de plantas recién germinadas (39,7%) y plantas establecidas (44,6%). La hojarasca, herbáceas, ramas y suelo mineral también son sustratos utilizados por las plantas recién germinadas y establecidas como micrositios de regeneración (Cuadro 3).

Hay 7 sustratos (58,3% de los 12 sustratos) que no están siendo utilizados por las plantas para establecerse. Los micrositios que no fueron utilizados por las plantas de regeneración son: carpetas de briófitas, base árbol vivo en pie, corteza, hepática, boca descalce y bajo arbustos, correspondiendo estos al 58,3% de los sustratos disponibles en el bosque.

La densidad de plantas en el bosque es de 10,0 plantas/m<sup>2</sup>. En 0,3 ha del rodal 1 se concentró una densidad de 13,8 plantas/m<sup>2</sup> y en 0,5 ha del rodal 2 una densidad de 7,8 plantas/m<sup>2</sup>.

**Cuadro 3.** Porcentaje de plantas de lenga recién germinadas y establecidas por micrositios en el bosque de lenga

Micrositio	% Plantas recién germinadas	% Plantas establecidas
Herbáceas	3,2	23,3
Hojarasca	37,4	26,3
Madera en descomposición grado 3	39,7	36,5
Ramas	10,9	10,8
Suelo Mineral	8,8	3,0

En la Figura 11 se puede observar algunas plantas recién germinadas (cotiledón) y plantas establecidas en diferentes micrositios.

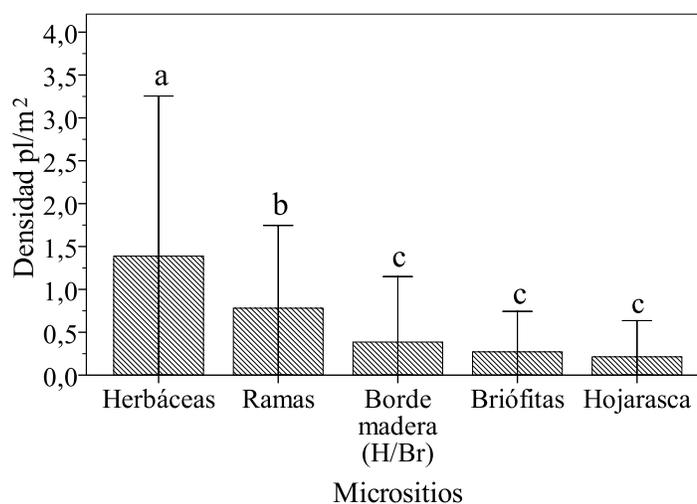


**Figura 11.** Micrositios utilizados. **A.** Madera en descomposición grado 3. **B.** Hojarasca. **C.** Briófitas. **D.** Ramas. **E.** Hepáticas (c/herbáceas) **F.** Corteza (cotiledón). **G.** Herbáceas. **H.** Borde madera (Briófitas/Herbáceas). **I.** Suelo Mineral (cotiledón).

### 3.2.2 Efecto de los micrositos sobre la densidad de plantas de regeneración en ambos ambientes

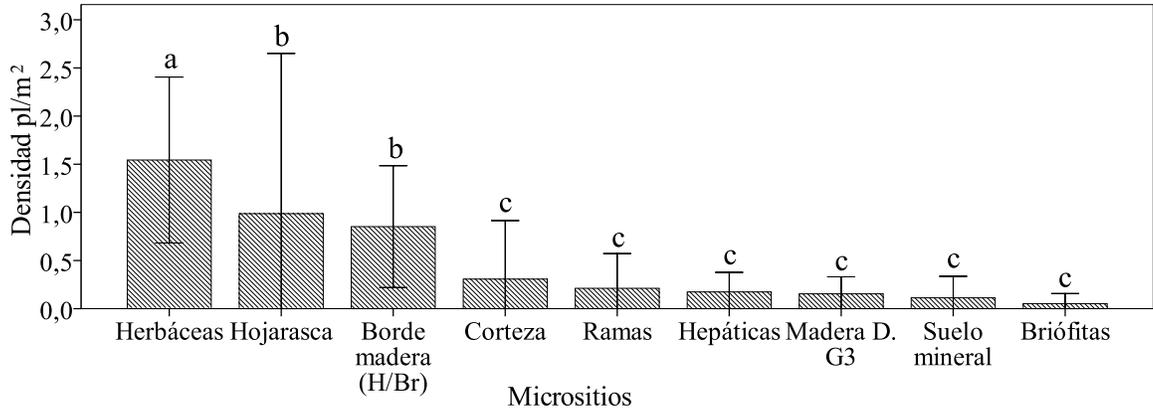
#### a) Pradera de castorera abandonada

La mayor densidad de plantas recién germinadas se encontró sobre herbáceas (media de  $1,4 \pm 0,94$  plantas/m<sup>2</sup> de microsito herbáceas), presentando diferencias significativas respecto a las demás densidades (Figura 12). La densidad de plantas con cotiledón en ramas presentó diferencias estadísticas respecto a los demás micrositos ( $0,8 \pm 0,48$  plantas/m<sup>2</sup> de microsito ramas). Las densidades de plantas en los micrositos briófitas, borde de madera (H/Br) y hojarasca fueron semejantes estadísticamente, pero inferiores que lo encontrado en herbáceas y ramas. Sobre hojarasca es donde se encuentra la menor cantidad de plantas de regeneración en densidad de plantas respecto a la superficie de microsito.



**Figura 12.** Densidad promedio de plantas de lenga recién germinadas por m<sup>2</sup> sobre micrositos utilizados en la pradera de castorera abandonada. Las barras de error indican los intervalos de confianza al 95%. Letras distintas indican diferencias significativas entre densidades plantas/m<sup>2</sup> sobre micrositos en la pradera (Prueba H de Kruskal-Wallis y posteriormente de Prueba U-Mann-Whitney,  $p < 0,05$ ).

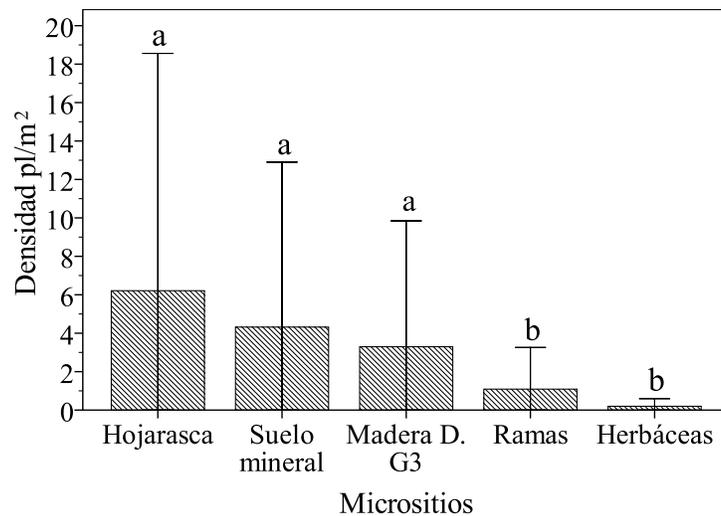
El análisis de la densidad de plantas de regeneración establecidas, deja en evidencia que existen diferencias significativas entre micrositos (Figura 12). El microsito de herbáceas tiene significativamente mayor densidad de plantas, con  $1,5 \pm 0,43$  plantas/m<sup>2</sup> de microsito herbáceas. El microsito hojarasca y borde madera (H/Br) son semejantes, pero menores que el anterior ( $1,0 \pm 0,84$  plantas/m<sup>2</sup> de microsito hojarasca y  $0,9 \pm 0,32$  plantas/m<sup>2</sup> de microsito borde madera (H/Br)). El resto de los micrositos no presentan diferencias estadísticas (Figura 13) y se encuentran con una densidad más baja con respecto a los antes mencionados (menores a 0,5 plantas/m<sup>2</sup>).



**Figura 13.** Densidad promedio de plantas de lenga por  $m^2$  de micrositio utilizado en la pradera de castorera abandonada. Las barras de error indican los intervalos de confianza al 95%. Letras distintas indican diferencias significativas entre densidades plantas/ $m^2$  sobre micrositios en la pradera (Prueba H de Kruskal-Wallis y posteriormente de Prueba U-Mann-Whitney,  $p < 0,05$ ).

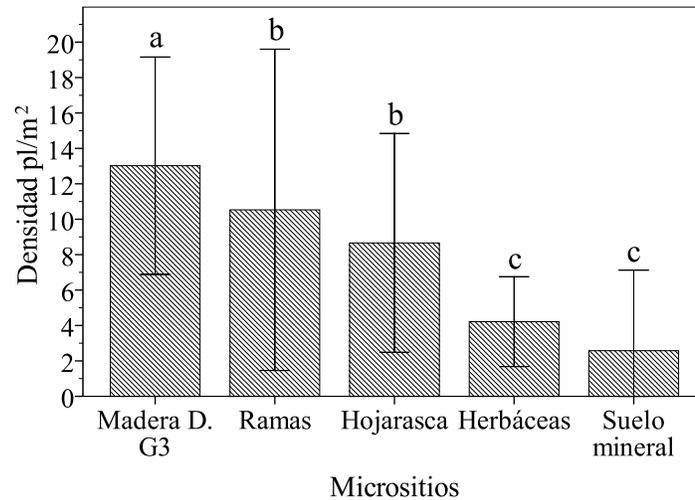
b) Bosque de lenga

La mayor densidad de plantas recién germinadas se encuentra sobre hojarasca ( $6,2 \pm 6,0$  plantas/ $m^2$  de micrositio hojarasca). El micrositio hojarasca no presenta diferencias significativas con el micrositio suelo mineral ( $4,3 \pm 4,01$  plantas/ $m^2$  de micrositio suelo mineral) y con el micrositio madera en descomposición grado 3 ( $3,3 \pm 3,0$  plantas/ $m^2$  de micrositio madera en descomposición grado 3) (Figura 14). La densidad de plantas con cotiledón en ramas y herbáceas fueron semejantes estadísticamente, pero inferiores que lo encontrado en hojarasca, madera en descomposición grado 3 y suelo mineral (Figura 13).



**Figura 14.** Densidad promedio de plantas recién germinadas por  $m^2$  de micrositio utilizado en el bosque de lenga. Las barras de error indican los intervalos de confianza al 95%. Letras distintas indican diferencias significativas entre densidades plantas/ $m^2$  sobre micrositios en el bosque (Prueba H de Kruskal-Wallis y posteriormente de Prueba U-Mann-Whitney,  $p < 0,05$ ).

En la figura 15 se observa que la mayor densidad de plantas se encuentran establecidas en el micrositio madera en descomposición grado 3 ( $13,0 \pm 3,08$  plantas/m<sup>2</sup> de micrositio madera en descomposición grado 3), presentando diferencias significativas respecto a los demás micrositios. La densidad de plantas establecidas entre medio de ramas ( $10,6 \pm 4,56$  plantas/m<sup>2</sup> de micrositio ramas) y hojarasca ( $8,9 \pm 3,10$  plantas/m<sup>2</sup> de micrositio hojarasca) no presentaron diferencias significativas entre ellas. Estadísticamente menor se presenta la densidad en los micrositios herbáceas y suelo mineral sin diferencias entre ellas (Figura 15).



**Figura 15.** Densidad promedio de plantas establecidas por m<sup>2</sup> de micrositio utilizado en el bosque de lenga. Las barras de error indican los intervalos de confianza al 95%. Letras distintas indican diferencias significativas entre densidades plantas/m<sup>2</sup> sobre micrositios en el bosque (Prueba H de Kruskal-Wallis y posteriormente de Prueba U-Mann-Whitney,  $p < 0,05$ ).

### 3.2.3 Efecto de los micrositios sobre las características dasométricas de las plantas de regeneración en ambos ambientes

#### a) Características dasométricas de las plantas en pradera de castorera abandonada

No existen grandes diferencias entre los DAC (mm) de las plantas para cada micrositio. El mayor valor medio se encuentra en plantas establecidas en el micrositio suelo mineral (5,1 mm), en el cual solo se encontraron 3 plantas, mientras que en herbáceas, el micrositio con mayor densidad de plantas, el DAC promedio no supera los 4,0 mm (Cuadro 4).

Respecto a las longitudes medias de las plantas en cada micrositio, no existe mayor diferencia entre ellas. La mayor variabilidad de longitud en las plantas ocurrió en el micrositio herbáceas, en que la planta más pequeña va desde los 2,5 cm a la de mayor longitud con 25 cm, siendo ésta la planta más alta registrada en todo el muestreo. La longitud media más alta de plantas se encontró en el micrositio madera en descomposición grado 3 (8,4 cm) y la de menor longitud en plantas sobre el micrositio carpeta de briófitas (4,2 cm) (Cuadro 4).

**Cuadro 4.** Estadígrafos descriptivos de los diámetros a la altura de cuello (DAC en mm) y longitudes (cm) de plantas de regeneración por micrositio en la pradera de castorera abandonada.

Micrositios	N	DAC (mm)		Longitud (cm)	
		Media $\pm$ EE	Rangos	Media $\pm$ EE	Rangos
Borde madera (Br/H)	13	4,1 $\pm$ 0,3	2,1-5,8	7,7 $\pm$ 1,0	4,0-17,0
Briófitas	3	4,2 $\pm$ 1,1	2,2-5,7	4,2 $\pm$ 1,9	2,0-8,0
Corteza	13	3,9 $\pm$ 0,4	2,1-6,0	7,3 $\pm$ 0,9	3,0-13,0
Hepática	4	3,7 $\pm$ 0,3	2,9-4,2	8,3 $\pm$ 1,3	6,0-11,0
Herbáceas	75	3,9 $\pm$ 0,1	2,0-5,9	8,3 $\pm$ 0,6	2,5-25,0
Hojarasca	7	4,1 $\pm$ 0,5	2,5-5,5	5,4 $\pm$ 0,4	4,0-7,0
Madera en descomposición grado 3	11	3,9 $\pm$ 0,4	2,5-5,9	8,4 $\pm$ 0,9	5,0-15,0
Ramas	6	3,2 $\pm$ 0,2	2,4-4,2	5,2 $\pm$ 0,7	3,7-8,2
Suelo Mineral	3	5,1 $\pm$ 0,3	4,7- 5,6	6,4 $\pm$ 0,4	5,7-7,0

b) Características dasométricas de las plantas en bosque de lenga

En general los diámetros a la altura del cuello (DAC) de las plantas de regeneración se distribuyeron en forma similar entre los micrositios. En el micrositio suelo mineral se encontró el mayor valor medio del DAC en plantas de regeneración de lenga (4,5 mm), mientras que el menor valor se encontró en el micrositio hojarasca (4,0 mm) (Cuadro 5). El micrositio con mayor densidad (madera D.G3) se presenta con un valor más alto de DAC medio respecto a los demás micrositios (4,3 mm).

El mayor registro de longitud alcanzó 16,9 cm. La longitud presenta pocas diferencias entre cada micrositio, encontrándose el mayor valor promedio en plantas establecidas en el micrositio madera en descomposición grado 3 (9,3 cm). La menor longitud promedio se dio en plantas presentes en el micrositio hojarasca (8,3 cm) (Cuadro 5).

**Cuadro 5.** Estadígrafos descriptivos de los diámetros a la altura del cuello (DAC en mm) y longitudes (cm) de plantas de regeneración de lenga por micrositio en el bosque de lenga.

Micrositios	N	DAC (mm)		Longitud (cm)	
		Media $\pm$ EE	Límites	Media $\pm$ EE	Límites
Herbáceas	155	4,1 $\pm$ 0,1	2,0-6,5	9,1 $\pm$ 0,3	3,0-13,9
Hojarasca	175	4,0 $\pm$ 0,1	2,1-6,3	8,3 $\pm$ 0,3	3,0-15,0
Madera en descomposición grado 3	243	4,3 $\pm$ 0,1	2,0-5,5	9,3 $\pm$ 0,2	3,2-16,9
Ramas	72	4,2 $\pm$ 0,2	2,4-7,5	9,2 $\pm$ 0,6	3,7-16,9
Suelo Mineral	20	4,5 $\pm$ 0,2	2,7-6,2	8,8 $\pm$ 0,9	3,3-14,7

### 3.2.4 Efecto del ramoneo en las plantas por parte del guanaco en los micrositios de ambos ambientes

La figura 16 muestra plantas ramoneadas por guanaco. La figura 16 A corresponde a una planta que fue ramoneada, dejándola con ramificación múltiple, sin hojas en varias de sus ramas y creciendo en el micrositio herbáceas. La figura 16 B, a una planta que presenta cortes en sus brotes apicales, creciendo sobre el micrositio madera en descomposición grado 3. Ambas plantas muestran signos de haber sido atacadas desde hace tiempo y reiteradamente, debido a la cantidad de ramificaciones y los cortes apicales que ya se encuentran lignificados.



**Figura 16.** Plantas de lenga ramoneadas por guanaco. **A.** Planta ramoneada por guanaco en micrositio herbáceas en pradera de castorera abandonada. **B.** Planta ramoneada en micrositio madera descompuesta grado 3 en bosque de lenga.

#### a) Efecto del ramoneo en la pradera de castorera abandonada

El ramoneo en la pradera afectó a 110 plantas establecidas (81,5%). El cuadro 6 muestra las características dasométricas de las plantas respecto a la presencia y ausencia del ramoneo.

Con relación al DAC (mm), no hay mayores diferencias entre las medias de las plantas ramoneadas y no ramoneadas. Las diferencias se dieron con base en la longitud (cm) ya que la media es mayor en las plantas ramoneadas.

**Cuadro 6.** Características dasométricas de las plantas no ramoneadas y ramoneadas en la pradera de castorera abandonada.

Ramoneo	Variables	N	Media $\pm$ EE	Límites
Ausencia	DAC (mm)	25	4,4 $\pm$ 0,2	2,2-5,8
	Longitud (cm)		5,9 $\pm$ 0,4	3,0-10,0
Presencia	DAC (mm)	110	3,9 $\pm$ 0,1	2,0-6,0
	Longitud (cm)		8,1 $\pm$ 0,4	2,0-25,0

El cuadro 7 muestra los porcentajes de plantas ramoneadas por micrositio. Del total de los micrositios utilizados por las plantas (9 micrositios), en 8 (88,9%) micrositios se encontró

evidencia del ramoneo por parte del guanaco. El mayor porcentaje de ramoneo ocurre en el micrositio herbáceas (densidad mayor de plantas sobre este micrositio).

**Cuadro 7.** Porcentaje de plantas ramoneadas por micrositio en la pradera de castorera abandonada

<b>Micrositio</b>	<b>% Plantas ramoneadas</b>
Borde Madera (Br/H)	6,4
Briófitas (musgos y hepáticas)	2,7
Corteza	10,0
Hepáticas	2,7
Herbáceas	59,1
Hojarasca	5,5
Madera en descomposición grado 3	10,0
Ramas	3,6
Suelo Mineral	0,0

b) Efecto del ramoneo en el bosque de lenga

En el bosque el porcentaje de ramoneo es inferior a la pradera, encontrándose 106 plantas (15,9%) que presentaron esta condición. El cuadro 8 muestra las características dasométricas de las plantas respecto al ramoneo.

El DAC (mm) entre plantas ramoneadas y con ausencia de ramoneo, se presenta con valores muy similares respecto a la media. La diferencia tampoco se mostró en la longitud (cm) de las plantas de regeneración.

**Cuadro 8.** Características dasométricas de las plantas no ramoneadas y ramoneadas en el bosque de lenga.

<b>Ramoneo</b>	<b>Variables</b>	<b>N</b>	<b>Media ± EE</b>	<b>Límites</b>
Ausencia	DAC (mm)	559	4,2±0,1	2,0-6,5
	Longitud (cm)		9,0±0,2	3,0-14,9
Presencia	DAC (mm)	106	4,3±0,1	2,1-6,0
	Longitud (cm)		8,7±0,3	3,2-13,1

En el bosque se verificó el ramoneo en 3 (60%) de los 5 micrositios (sobre el micrositio herbáceas y suelo mineral no se encontró ramoneo) (Cuadro 9). El mayor porcentaje de ramoneo ocurre en plantas establecidas en madera en descomposición grado 3 que presenta una densidad alta de plantas en este micrositio. El menor porcentaje de ramoneo se presentó en el micrositio ramas (que muestra una densidad menor de plantas sobre este micrositio).

**Cuadro 9.** Porcentaje de plantas ramoneadas por micrositio en el bosque de lenga

<b>Micrositio</b>	<b>% Plantas ramoneadas</b>
Herbáceas	0,0
Hojarasca	37,5
Madera en descomposición grado 3	54,8
Ramas	7,7
Suelo Mineral	0,0

## 4. DISCUSIÓN

### 4.1 Análisis del establecimiento de las plantas de regeneración de lenga en micrositios de ambos ambientes

#### 4.1.1 Densidad de plantas de regeneración y sustratos disponibles como micrositios

Tras 6 años de formación, la pradera de castor presenta distintas coberturas de sustratos, con diferencias y similitudes con el bosque, y también con diferencias en el establecimiento de la regeneración (pradera con densidad de 1,9 plantas/m<sup>2</sup> y el bosque con densidad de 10,0 plantas/m<sup>2</sup>). Una de las variables que genera esta diferencia de densidades, es la disponibilidad de sustratos como micrositios, ya que los micrositios esenciales encontrados en el bosque, son restringidos a algunos sectores de la pradera, mientras que en otros sectores, la regeneración es casi nula, como en el área mayormente inundada. Martínez-Pastur *et al.* (2006) y González (2013) indican que en praderas de castor de 15 a 20 años de abandono la densidad de plantas de regeneración es nula. El paso de tiempo demuestra la dominancia de la formación de la pradera por sobre la regeneración del bosque.

Respecto a las coberturas de sustratos (pradera 17 sustratos y bosque 12 sustratos), solo algunos han sido utilizados como micrositios por las plantas de regeneración. En el bosque los sustratos del área que son micrositios cubren el 63,6% la superficie total muestreada. En la pradera, las plantas de regeneración se encuentran en micrositios parecidos que en el bosque, pero también utilizan otros. En la pradera hay más sustrato para micrositios que en el bosque. Los sustratos que son micrositios cubren el 71,2% la superficie total muestreada en la pradera y es bastante heterogénea en la distribución de sustratos. Hacia el área de inundación es posible encontrar mayor cantidad de plantas herbáceas y restos leñosos, que en las zonas más cercanas al rodal, donde los sustratos son muy similares a los encontrados en el bosque. Las condiciones de sustratos son más favorables como micrositios en zonas cercanas al rodal ya que aquí es mayor la densidad de plantas de regeneración (3,3 plantas/m<sup>2</sup>) que en la zona inundada (0,7 plantas/m<sup>2</sup>). González (2013) señala que en borde de rodal en castoreras inactivas en Vicuña, la densidad es alta (13,7 plantas/m<sup>2</sup>), y esta va en aumento desde el curso de agua hacia el interior del bosque.

#### 4.1.2 Principales micrositios utilizados en ambos ambientes

Hacia los bordes de la pradera es frecuente encontrar los micrositios presentes en el bosque. Esta área fue talada por el castor y no inundada y está muy influenciada por el dosel arbóreo. En el bosque, las plantas de regeneración de lenga son capaces de germinar y establecerse solamente cuando hay una buena disponibilidad de hojarasca, madera en descomposición y suelo mineral (Frangi *et al.*, 2004). El micrositio más utilizado en el bosque es madera en descomposición grado 3, con superficie y número de plantas altos y por ende alta densidad (11,6% y 13,03 plantas/m<sup>2</sup> de micrositio). Este micrositio en cambio se encuentra poco representado en la pradera de castor (5% y 0,2 plantas/m<sup>2</sup> de micrositio). Otros estudios han establecido que los restos leñosos sirven de protección como viveros naturales para las plantas y así ocurre también con lenga (Frangi *et al.*, 2004). La madera en descomposición y restos leñosos son un sitio seguro para el establecimiento de plantas y una reserva de suelo orgánico, como lo establecen otros estudios de micrositios (Lusk,

1995; Szewczyk y Szwzgrzyk, 1996; Kupferschmid y Bugmann, 2005; Bailey *et al.*, 2012). Las ramas también actúan como un sitio seguro (Frangi *et al.*, 2004), con el 2,9% de cobertura y densidad de 10,5 plantas/m<sup>2</sup> de micrositio en el bosque y menor densidad en la pradera (3,5% y 0,2 plantas/m<sup>2</sup> de micrositio). El micrositio hojarasca en el bosque (13,7% y 8,7 plantas/m<sup>2</sup> de micrositio) presenta mayor cobertura y densidad, siendo mucho más escasa en la pradera de castor (0,9% y 1,0 plantas/m<sup>2</sup> de micrositio). Según Frangi *et al.* (2004), la hojarasca es uno de los componentes principales del sotobosque, es rica en nutrientes y las tasas de descomposición son relativamente rápidas (Ibarra *et al.*, 2011). El suelo mineral en el bosque es el micrositio menos utilizado (4,7% y 2,6 plantas/m<sup>2</sup> de micrositio) y en la pradera también se utiliza, con baja densidad (1,1% y 0,1 plantas/m<sup>2</sup> de micrositio).

En la pradera hay otros sustratos que son micrositos. Las plantas en la pradera se encuentran en los mismos micrositos que en el bosque, pero también utilizan cuatro micrositos más, como: el borde de madera junto a herbáceas y hepáticas (0,9 plantas/m<sup>2</sup> de micrositio borde madera) que se distribuye por toda la pradera y en especial hacia la zona inundada; corteza (0,3 plantas/m<sup>2</sup> de micrositio corteza); hepáticas (0,2 plantas/m<sup>2</sup> de micrositio hepáticas) y briófitas (0,1 plantas/m<sup>2</sup> de micrositio briófitas). Todos estos micrositos se encuentran en el bosque, a excepción del borde de madera, que no fue caracterizado como sustrato dentro de este ambiente por encontrarse mayormente en estado descompuesto.

#### **4.1.3 Sustrato herbáceo como micrositio de mayor cobertura disponible en ambos ambientes**

Tanto en bosque como en pradera las mayores coberturas de sustratos corresponden a herbáceas y es aquel donde también ocurre la mayor densidad de plantas en la pradera (47,9% cobertura y 1,5 plantas/m<sup>2</sup> de micrositio herbáceas). En el bosque también se presenta con alta cobertura, pero no es el micrositio más usado (30,7% cobertura y 4,21 plantas/m<sup>2</sup> de micrositio herbáceas). Este micrositio es abundante en la pradera debido a la rápida colonización de especies intolerantes por la mayor exposición a la luz, ausencia del dosel y los cambios en las condiciones físico-químicas del suelo (Carlton y Bazzaz, 1998), pero esta abundancia también se da en el bosque. La alta cobertura de las plantas herbáceas en el piso del bosque se explica por su estructura, principalmente en el rodal 1, donde existe abertura de dosel debido al floreo, y también por la ubicación de la mayoría de la parcelas, muy cercanas al borde de rodal, lo que permite una mayor presencia por plantas herbáceas, tal como lo descrito por González (2013).

En este estudio, en la pradera existe una composición herbácea del 51,4% más que en el bosque y se componen principalmente de gramíneas. Entre los ambientes hay una similitud de 13 especies, teniendo el bosque, porcentajes de cobertura más altos de estas especies que en la pradera. González (2013) determina que existe un aumento en la riqueza florística y abundancia desde el interior del bosque hacia el borde del curso de agua en una castorera inactiva, así como una disminución de la densidad de plantas en el mismo sentido.

La densidad de plantas sobre el micrositio herbáceas en el bosque es más alta que en la pradera de castor. La baja densidad de plantas de regeneración de este micrositio en la

pradera, se da al tener una alta superficie de herbáceas, con muy bajo número de plantas establecidas en ella, cuya causa podría ser la competencia que tienen las plantas con las especies de herbáceas presentes, como por ejemplo, con el nuevo estrato de gramíneas (Bava y Rechene, 2004). Un gran número de herbáceas que se establecen en la pradera de castor no crecen en los bosques primarios y toman ventaja de la modificación del ecosistema por el castor y el posterior abandono de la castorera (Anderson *et al.*, 2008). Las especies invasoras de los géneros *Poa* y *Taraxacum*, encontradas en este estudio, tienden a competir por los recursos con las plantas de regeneración que se establecen, con la consecuente depresión del vigor de las plantas de regeneración de lenga (Arroyo *et al.*, 1996). Esta diferencia podría ser influenciada por el hábito de las especies herbáceas dentro de los ambientes y cómo influyen como micrositio. La pradera presenta cinco especies de hierbas anuales y treinta de hábito perenne (apéndice 1). La alta concentración de hierbas perennes estaría adaptado al pisoteo de animales (como guanaco), además que estas especies, son indicadoras de antropización de los ambientes forestales o de transformación del suelo (Hauenstein *et al.*, 1998). Esto indicaría que las especies perennes tienen mayor resistencia a las condiciones de la pradera, dominando por sobre el establecimiento de las plantas de regeneración de lenga. En el bosque puede ocurrir que las especies herbáceas son típicas de este ambiente (tales como *Dysopsis glechomoides* y *Adenocaulon chilense*), por lo que no hay competencia por espacio.

Se desprende de la adaptación de las especies perennes al pisoteo y la ingesta por animales, como lo establecido por Raedake (1980) y comparado en este estudio, que de las especies encontradas en la pradera, el 48,6% de ellas se encuentran dentro de la dieta del guanaco destacándose, las gramíneas y algunas de las especies dicotiledóneas *Schizeilema ranunculus*, *Adenocaulon chilensis*, *Taraxacum officinale* y *Acaena ovalifolia*.

#### **4.1.4 Micrositios y plantas recién germinadas**

Durante el período de muestreo, las plantas recién germinadas utilizaban los mismos micrositios en que se encontraban las plantas establecidas en el bosque, pero en la pradera sólo se encontraron plantas recién germinadas en 5 micrositios: herbáceas, ramas, borde madera, briófitas y hojarasca. Los micrositios que han apoyado a la germinación de una semilla pueden no ser siempre adecuados para el posterior establecimiento de una planta y la supervivencia puede no ser necesariamente la misma y puede cambiar con el tiempo (Lamont *et al.*, 1993). La falta de establecimiento posterior o la mortalidad temprana de plantas se explicaría en buena medida por el sombreado provocado por una densa cobertura herbácea, así como también podrían haber muchas razones como falta de disponibilidad de agua, competencia, pisoteo animal, bajas o altas temperaturas, viento y desecamiento, insectos defoliadores que atacan la regeneración temprana y hongos (Arroyo *et al.*, 1996; Frangi *et al.*, 2004).

La sucesión forestal ocurriría de una forma más lenta luego del establecimiento de pastizales y herbáceas en la pradera y cuyo retardo según Terwilliger y Pastor (1999) se asociaría a mecanismos ecológicos complejos e interacciones específicas entre raíces y micorrizas. Por ejemplo, los hongos saprótrofos en el bosque y en zonas cercanas a los bordes de rodal, pueden crecer sobre madera de diferentes tamaños (ramitas, ramas, troncos), sobre hojarasca o directamente sobre el suelo y producir pudriciones. Estos

hongos dentro de la pradera serían más escasos producto de la exposición y desecamiento, no generándose la descomposición de los sustratos y dificultando a la germinación de las semillas.

#### **4.1.5 Factores que influyen en la dinámica de la regeneración de lenga en pradera de castorera**

Otros factores influyen en la dinámica de la regeneración de lenga en la pradera y que se relacionan con el uso de sustratos como micrositios son: la dificultad que tienen las semillas de germinar en sitios muy compactados (mayor eutrofización en los suelos, poca permeabilidad y dificultad en la micorrización) (Anderson *et al.*, 2009), o bien la delgada capa de material orgánico que hay en otros sectores de la pradera que dificultan la estabilidad de las plantas (Arroyo *et al.*, 1996), junto con la variabilidad en la producción de semillas y las bajas tasas de crecimiento anual (Cavieres y Fajardo, 2005; González *et al.* 2006). El que se establezca un banco de plántulas en el sotobosque depende de la estructura del dosel arbóreo, las características del suelo, del sotobosque y variables de contexto espacial, como la exposición, pendiente y altitud, estas últimas asociadas a las propiedades del suelo y a la radiación solar (Anderson *et al.*, 2006). La reducción de la cobertura arbórea (gran tamaño de la pradera) provoca un aumento en la precipitación neta y cambios en el escurrimiento superficial del agua y bajas temperaturas (Frangi *et al.*, 2004), también la reducción de la transpiración, producto de la eliminación del dosel llevaría un aumento del contenido de agua en el suelo, produciendo condiciones anaeróbicas (Arroyo *et al.*, 1996). Los requerimientos de humedad que no se satisfacen por el efecto desecante del viento (Schmidt y Urzúa, 1982) que hacen perder la capacidad del suelo como cama de semillas y establecimiento de las plantas, además del ramoneo por parte del guanaco (Martínez -Pastur *et al.*, 2006).

#### **4.1.6 Características dasométricas de las plantas de regeneración y efecto del ramoneo por guanaco**

Anderson *et al.* (2006), Baldini *et al.* (2008) y González (2013) en sus estudios describen que la dinámica del bosque ribereño afectado por castor, tiene cambios en la composición de especies, por el aumento del estrato herbáceo, ausencia de cobertura arbórea y de regeneración, apreciada principalmente en lugares afectados por la inundación, siendo este espacio transformado en una pradera para el forrajeo de guanaco. Respecto a las características dasométricas de las plantas, no existen grandes diferencias entre los DAC (mm) y longitudes (cm) de las plantas en cada micrositio. En la pradera hubo mayor variabilidad de tamaños de plantas que en el bosque, y esto se debe a la antigüedad que deben tener muchas de las plantas por las distintas épocas de germinación.

El mayor problema que existe para que las plantas no puedan crecer y sobrepasar los 20 cm de altura es principalmente por el efecto del guanaco (Pulido *et al.*, 2000). Las plantas ramoneadas no superaron los 8,1 cm de longitud siendo el 81,5% de las plantas ramoneadas en la pradera, en 8 de los 9 micrositios de establecimiento, principalmente el micrositio herbáceas. Por el contrario, en el bosque estudiado solo el 15,9% de las plantas fueron ramoneadas. El mayor registro de ramoneo de plantas, no ocurre principalmente en claros donde hay mayor cantidad de herbáceas, sino que ocurre sobre plantas en el micrositio

madera en descomposición grado 3 con más del 54,8% de las plantas y en el micrositio hojarasca con el 37,5% de las plantas. El efecto del ramoneo no fue significativo en el bosque. La alta cobertura herbácea y la menor cantidad de plantas establecidas en este micrositio, puede haber inhibido el efecto del guanaco en este ambiente.

#### **4.2 Rehabilitación de praderas de castoreras abandonadas**

Para comenzar a llevar a cabo una restauración en estos sistemas ecológicos, primero se debe eliminar al castor a nivel de sub-cuencas (corto plazo) y la eliminación de diques para facilitar la sucesión de los ecosistemas ribereños y de los cursos de agua (mediano plazo) (Anderson *et al.*, 2008). En la posterior formación de la pradera, se debe determinar la posibilidad que tienen las semillas de caer en algunos de los micrositios seguros y disponibles para su germinación y establecimiento de plantas y que así se permita la recuperación natural del bosque (mediano a largo plazo). También considerar al guanaco que limita el establecimiento y crecimiento de las plantas y renovales de *Nothofagus* (Dodds, 1997; Martínez-Pastur *et al.*, 1999; Pulido *et al.*, 2000).

Dentro de la hectárea de superficie en la pradera de castorera abandonada en este estudio, se encontraron 227 plantas que conformarían un futuro bosque, siendo la causa limitante principal, el ramoneo por guanaco. Aislar la presencia del guanaco, principalmente en las zonas más próximas a los rodales, donde existen los micrositios de mayor establecimiento de plantas de regeneración de lenga, sería una buena alternativa que permita la recuperación del área perturbada.

Para aumentar la densidad de plantas en el área perturbada, la restauración activa (corto o mediano plazo), mediante la introducción de plantas en zonas de mayor compactación, puede ser una alternativa para la recuperación del bosque ribereño (Anderson *et al.*, 2006; Henn *et al.*, 2013). Sin embargo, la restauración puede ser muy compleja y costosa, sin dejar de considerar que se trata de sistemas dinámicos, que se encuentran influenciados por factores externos, que provocan que las características anteriores varíen dentro de un rango a lo largo del tiempo (Parker y Pickett, 1997). Cabe señalar las futuras posibilidades de recolonización por parte de los castores, pueden influir o afectar en la dinámica de recuperación de estos ecosistemas de bosque (Anderson *et al.*, 2009).

## 5. CONCLUSIONES

Se concluye que existen diferencias en los sustratos presentes entre ambos ambientes, teniendo la pradera de castor mayor cantidad (17 sustratos) que el bosque (12 sustratos). Ambos ambientes están cubiertos mayormente por el sustrato herbáceo (47,9% de la cobertura de la pradera y 30,7% de la cobertura del bosque).

No todos los sustratos son utilizados por las plantas de regeneración de lenga en los ambientes. Solo nueve de ellos son micrositios de regeneración en la pradera (71,2% de la superficie de la pradera cubierta por sustrato micrositio) y cinco son micrositios en el bosque (63,6% de la superficie del bosque cubierta por sustrato micrositio). Las plantas recién germinadas en la pradera solo utilizaron cinco micrositios y en el bosque fueron similares.

En la pradera, los sustratos más favorables como micrositio de regeneración se encuentran en zonas cercanas al borde del rodal ya que los sustratos son muy similares a los encontrados en el bosque. En el borde de la pradera la densidad de plantas de lenga es más alta (3,3 plantas/m<sup>2</sup>) que en la zona inundada (0,7 plantas/m<sup>2</sup>). Existen diferencias de densidades de plantas entre los ambientes, donde el total de la pradera (1,9 plantas/m<sup>2</sup>) es más bajo que en el bosque (10,0 plantas/m<sup>2</sup>).

Los sustratos que son los micrositios de regeneración más utilizados en la pradera corresponden a herbáceas (1,5 plantas/m<sup>2</sup> de micrositio), hojarasca (1,0 plantas/m<sup>2</sup> de micrositio) y el borde de madera (0,9 plantas/m<sup>2</sup> de micrositio) y en el bosque corresponden a madera en descomposición grado 3 (13,0 plantas/m<sup>2</sup> de micrositio), ramas (10,6 plantas/m<sup>2</sup> de micrositio) y hojarasca (8,9 plantas/m<sup>2</sup> de micrositio). Los micrositios con mayor cobertura y densidad de plantas de regeneración en el bosque son: madera en descomposición grado 3 y ramas (micrositios que otorgan nutrientes y protección a las plantas), hojarasca y suelo mineral. En la pradera se encuentran con coberturas y densidades más bajas. En la pradera hay otros micrositios que no son utilizados en el bosque, siendo el de mayor importancia borde de madera con herbáceas y hepáticas.

La germinación de aquel año no ocurre en todos los micrositios de establecimiento en praderas de castor, concluyendo que no siempre los micrositios son adecuados para la germinación de las semillas y el posterior establecimiento de una planta o que la supervivencia puede no ser necesariamente la misma, pudiendo ser variable en el tiempo. Pueden influir otras variables como daño por insectos, falta de micorrización, alta cobertura herbácea principalmente gramínea (dominancia de especies exóticas y con hábito perenne), competencia, humedad, pisoteo de animales, bajas y altas temperaturas, viento y desecamiento, escasa capa de materia orgánica, baja permeabilidad de los suelos, ramoneo por guanaco y la baja producción y disponibilidad de semillas.

Es importante el efecto del guanaco, ya que este afecta el crecimiento de las plantas. Se concluye que el mayor problema que existe para que las plantas no puedan crecer y sobrepasar los 20 cm de altura es principalmente por el efecto del guanaco y es muy alto en la pradera (81,5% de las plantas ramoneadas, no superaron los 8,1 cm), afectando a plantas

de todos los micrositios, excepto en plantas sobre suelo mineral. En el bosque el ramoneo fue menor (15,9% del total de las plantas) respecto a la pradera.

Por lo tanto, las plantas de regeneración de lenga existen en distintos micrositios en la pradera, en densidades más bajas respecto al bosque. Para permitir la recuperación natural de las praderas, se recomienda aislar la presencia de guanaco principalmente en áreas más cercanas al rodal, donde existen los micrositios de mayor establecimiento de plantas de regeneración y que parcialmente pueda recuperarse el bosque y que en el largo plazo, pueda recuperarse en el borde del curso de agua.

Por último, evaluar y realizar acciones de manejo, como restauración activa mediante la introducción de plantas de lenga en los sustratos que no son micrositios (bajo arbustos, boca de un descalce, base de árboles muertos, fecas de guanaco), ya que estos son espacios que se pierden para la germinación y establecimiento de plantas de regeneración de lenga.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- ANDERSON, C., GRIFFITH, C., ROSEMOND, A., ROZZI, R. y DOLLENZ, O. 2006. The effects of invasive North American beavers on riparian plant communities in Cape Horn, Chile: Do exotic beavers engineer differently in sub-Antarctic ecosystems? *Biological Conservation* 128: 467-474.
- ANDERSON, C., MARTINEZ-PASTUR, G., LENCINAS, M., WALLEM, P., M. y MOORMAN, M. 2008. Implicancias de restauración de la remoción del castor en el archipiélago austral de Chile y Argentina: comprendiendo el rol ecológico del *Castor canadensis* como un ingeniero de ecosistemas exótico. En: Saavedra, B., Silva, C. (eds). Actas del Taller Internacional de Control de Castores en el Archipiélago Fueguino (2008). Wildlife Conservation Society. Santiago, Chile. pp. 24-62.
- ANDERSON, C., MARTÍNEZ-PASTUR, G., LENCINAS, M., WALLEM P., MOORMAN, M. y ROSEMOND, A. 2009. Do introduced North American beavers engineer differently in southern South America? An overview with implications for restoration. *Mammal Rev.* 39: 33-52.
- ARISMENDI, I., SZEJNERC, P., LARA, A. y GONZÁLEZ, M. 2008. Impacto del castor en la estructura de bosques ribereños de *Nothofagus pumilio* en Tierra del Fuego, Chile. *Bosque* 29(2): 146-154.
- ARROYO, M. T. K., PISANO, E., DONOSO, C., SCHLATTER, R., MURÚA, R y SEREY, I. 1996. Toward an ecologically sustainable forestry Project: concepts, analysis and recommendations. Protecting biodiversity and ecosystem processes in the Río Córdor Project- Tierra del Fuego. Departamento de Investigación y Desarrollo. Universidad de Chile. Santiago de Chile. 253 p.
- AUER, V. 1960. The Quaternary History of Fuego-Patagonia. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences.* 152 (949): 507-516.
- BAILEY, T., DAVIDSON, N. y CLOSE, D. 2012. Understanding the regeneration niche: Microsite attributes and recruitment of eucalypts in dry forests. *Forest Ecology and Management* 269: 229-238.
- BALDINI, A., OLTREMARI, J. y RAMÍREZ, M. 2008. Impacto del castor (*Castor canadensis*, Rodentia) en bosques de lenga (*Nothofagus pumilio*) de Tierra del Fuego, Chile. *Bosque* 29(2): 162-169.
- BARRERA, M., FRANGI, J., RICHTER, L., PERDOMO, M. y PINEDO, L. 2000. Structural and functional changes in *Nothofagus pumilio* forests along an altitudinal gradient in Tierra del Fuego, Argentina. *Journal of Vegetation Science* 11: 179-188.
- BAVA, J. y RECHENE, C. 2004. Dinámica de la regeneración de lenga (*Nothofagus pumilio* (Poepp. et Endl.) Krasser) como base para la aplicación de sistemas silvícolas. En: Arturi, M. Frangi, J. Goya, J. (eds.). *Ecología y manejo de los bosques de Argentina.*

Laboratorio de Investigaciones de Sistemas Ecológicos y Ambientales. Facultad de Cs. Agrarias y Forestales-Facultad de Cs. Naturales y Museo. Universidad Nacional de La Plata. La Plata, Argentina. pp. 1-24.

CALDENTEY, J., MAYER, H., IBARRA, M. y PROMIS, A. 2009. The effects of a regeneration felling on photosynthetic photon flux density and regeneration growth in a *Nothofagus pumilio* forest. *European Journal of Forest Research* 128: 75-84.

CARLTON, G. y BAZZAZ, F. 1998. Resource congruence and forest regeneration following an experimental hurricane blowdown. *Ecology* 79: 1305-1319.

CAVIERES, L. y FAJARDO, A. 2005. Browsing by Guanaco (*Lama guanicoe*) on *Nothofagus pumilio* forest gaps in Tierra del Fuego, Chile. *Forest Ecology and Management* 204(2-3): 237-248.

CHRISTIE, D. y ARMESTO, J. 2003. Regeneration microsites and tree species coexistence in temperate rain forest of Chiloé Island, Chile. *Journal of Ecology* 91: 776-784.

CONAF, 2008. Ley sobre recuperación de Bosque Nativo y Fomento, Corporación Nacional Forestal, Santiago, Chile. 80 p.

CONAF, 2011. Catastro de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile, Monitoreo de Cambios y Actualizaciones, Período 1997- 2011. Corporación Nacional Forestal, Santiago, Chile. 87 p.

CUEVAS, J. y ARROYO, M. 1999. Ausencia de banco de semillas persistente en *Nothofagus pumilio* (Fagaceae) en Tierra del Fuego, Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 72: 73-82.

DONOSO, C. 1978. La silvicultura de *Nothofagus* en Chile. Dpto. de Silvicultura y Ordenación de la Universidad de Berkeley, California, EE.UU. 102 p.

DONOSO, C. 1981. Tipos Forestales de los Bosques Nativos de Chile. Investigación y Desarrollo Forestal. CONAF/PNUD/FAO. Santiago de Chile. Documento de Trabajo N° 38. 82 p.

DONOSO, C. 1993. Bosques templados de Chile y Argentina: Variación, Estructura y Dinámica. Tercera edición. Editorial Universitaria, Santiago, Chile. 483 p.

DODDS, P. 1997. Efecto del ramoneo de guanacos (*Lama guanicoe*) sobre la regeneración de lenga (*Nothofagus pumilio*) en Russfin, Tierra del Fuego. Memoria para optar al Título Profesional de Ingeniero Forestal. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile, Santiago, Chile. 58 p.

FRANGI, J., BARRERA, M., PUIG DE FÁBREGAS, J., YAPURA, P., ARAMBARRI, A. y RICHTER, L. 2004. Ecología de los bosques de Tierra del Fuego. En: Arturi, M. Frangi, J. y Goya, J. (eds.). Ecología y manejo de los bosques de Argentina. Laboratorio de

Investigaciones de Sistemas Ecológicos y Ambientales. Facultad de Cs. Agrarias y Forestales-Facultad de Cs. Naturales y Museo. Universidad Nacional de La Plata. La Plata, Argentina. pp. 1-88.

FREDERIKSEN, P. 1988. Soils of Tierra del Fuego: a satellite-based land survey approach. *Folia Geographica Danica*, vol. XVIII. 150 p.

FUNES, M., PIZARRO, C. y NOVARO, J. 2008. Control y monitoreo de castores en Karukinka, Tierra del Fuego: Bases para su erradicación en el largo plazo. En: Saavedra, B., Silva, C. (eds). Actas del Taller Internacional de Control de Castores en el Archipiélago Fueguino (2008). Wildlife Conservation Society. Santiago, Chile. pp. 24-62.

HAUENSTEIN, E., RAMIREZ, C., LATSAGUE, M. y CONTRERAS, D. 1988. Phytogeographical origin and biological spectrum as a measure of the degree of antropic intervention in plant communities. *Medio Ambiente* 9(1): 140-142.

GAJARDO, R. 1994. La Vegetación Natural de Chile. Clasificación y Distribución Geográfica. Editorial Universitaria, Santiago, Chile. 121 p.

GEA, G., MARTINEZ PASTUR, G., CELLINI, J., y LENCINAS, M., 2004. Forty years of silvicultural management in southern *Nothofagus pumilio* (Poepp. et Endl) Krasser primary forests. *Forest Ecology and Management* 201(2-3): 335-347.

GONZÁLEZ, L. 2013. Efecto de *Castor canadensis* Kulh sobre la regeneración, composición florística y diversidad de especies de flora vascular en bosques de *Nothofagus pumilio* (Poepp. & Endl.) Krasser en Tierra del Fuego. Memoria para optar al título profesional de Ingeniero Forestal. Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza, Universidad de Chile. Santiago, Chile. 70 p.

GONZÁLEZ, M., DONOSO, C., OVALLE, P. y MARTÍNEZ-PASTUR, G. 2006. *Nothofagus pumilio* [Poepp. et Endl.] Krasser. En: Donoso, C. (eds.). Autoecología de los árboles de nativos de Chile y Argentina. Marisa Cuneo Ediciones, Valdivia, Chile. pp. 486-500.

HARPER, J. L. 1977. Population biology of plants. London Academic Press, London. 892 p.

HARPER, J., WILLIAMS, J. y SAGAR, G. 1965. The behaviour of seeds in soil. The heterogeneity of soil surfaces and its role in determining the establishment of plants from seed. *Journal of Ecology* 53: 273-286.

HENN, J., ANDERSON, C., SOLER, R., KREPS, G., LENCINAS, M. y MARTÍNEZ - PASTUR, G. 2013. Restauración activa de castoreras abandonadas en bosques de *Nothofagus pumilio* de Tierra del Fuego. II Jornadas Forestales de Patagonia Sur y II Congreso Internacional Agro-forestales Patagónico. Calafate, 16-17 Mayo. pp 6.

- HENRIQUEZ, J. 2004. Estado de la Turba esfangosa en Magallanes. En: Blanco D., De la Balze, V. (eds.). Los turbales de la Patagonia: Bases para su inventario y la conservación de su biodiversidad. Wetlands Internacional. Buenos Aires, Argentina. pp. 93-103
- IBARRA, M., CALDENTEY, J., y PROMIS, A. 2011. Descomposición de hojarasca en rodales de *Nothofagus pumilio* de la región de Magallanes. Bosque 32(3): 227-233.
- JAKSIC, F., IRIARTE, J., JIMÉNEZ, J. y MARTÍNEZ, D. 2002. Invaders without frontiers: cross-border invasions of exotic mammals. Biological Invasions 4: 157-173.
- KUPFERSCHMID, A. Y BUGMANN, H. 2005. Effect of microsites, logs and ungulate browsing on *Picea abies* regeneration in a mountain forest. Forest Ecology and Management 205: 251-265.
- LAMONT, B., WITKOWSKI, E. y ENRIGHT, N. 1993. Post-fire litter microsites, safe for seeds, unsafe for seedlings. Ecology 74: 501-512.
- LIZARRALDE, M. 1993. Current status of the introduced beaver (*Castor canadensis*) population in Tierra del Fuego, Argentina. Ambio 22: 351-358.
- LIZARRALDE, M. 2008. Presencia y ecología de castores en la Tierra del Fuego, Argentina. En: Saavedra, B., Silva, C. (eds). Actas del Taller Internacional de Control de Castores en el Archipiélago Fueguino (2008). Wildlife Conservation Society. Santiago, Chile. pp. 13-23.
- LIZARRALDE, M., ESCOBAR, J. y DEFERRARI, G. 2004. Invader species of Argentina: a review about beaver (*Castor canadensis*) population situation on Tierra del Fuego ecosystem. Interciencia 29(7): 352-356.
- LUSK, C. 1995. Gradient analysis and disturbance history of temperate rain forests of the coast range summit plateau, Valdivia, Chile. Revista Chilena de Historia Natural 69: 401-411.
- MARTÍNEZ-PASTUR, G., LENCINAS, M., ESCOBAR, J., QUIROGA, P., MALMIERCA, L. y LIZARRALDE, M. 2006. Understorey succession in *Nothofagus* forests in Tierra del Fuego (Argentina) affected by *Castor canadensis*. Journal of Applied Vegetation Science 9:143-154.
- MARTINEZ PASTUR, G.; PINEDO L. y C. FERNÁNDEZ. 1997. Germinación de semillas y sistemas de propagación clonal en bosques de lenga de Tierra del Fuego. En: II Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano. Asociación Forestal Argentina. pp 1-7.
- MARTÍNEZ-PASTUR G., PERI, P., FERNÁNDEZ, M., STAFFIERI, G., y RODRIGUEZ, D. 1999. Desarrollo de la regeneración a lo largo del ciclo del manejo forestal de un bosque de *Nothofagus pumilio*: Incidencia del ramoneo de *Lama guanicoe*. Bosque 20: 47-53.

MELLA, J. 1994. EIA. Estudios de Línea de Base. Comisión Científica Proyecto Río Cóndor 94-14: Castores. 22 p.

MELLA, J., DÍAZ, M., SAAVEDRA, B., SABAT, P., SMITH, C., VELOSO, C y HUMAÑA, A. 1995. Comité Científico Proyecto Río Cóndor. Estudio de Línea de Base Informe del Sub-proyecto 94-14. Castores. 39 p.

NAIMAN, R., JOHNSTON, C. y KELLEY, J. 1988. Alteration of North American streams by beaver. *BioScience* 38: 753-762.

NOVOA, R. y VILLASECA, S. 1989. Mapa agroclimático de Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Santiago, Chile. 221 p.

PARKES, J.P., PAULSON, J. y DONLAN, C. J. 2008. Estudio de factibilidad de erradicar el castor americano (*Castor canadensis*) en la Patagonia. Informe preparado por Fundación InnovaT en cumplimiento del contrato celebrado con el Servicio Agrícola y Ganadero de Chile, en base a las obligaciones emanadas de la Licitación Pública 1162-89-LE07, Buenos Aires, Argentina. 71 p.

PARKER, T. y PICKETT, S. 1997. Restoration as an ecosystem process: implications of the modern ecological paradigm. En: Urbanska, K., Wobb, N y Edwards, P. (eds.). *Restoration Ecology and Sustainable development*. Cambridge University Press. pp: 301-306.

PISANO, E. 1977. Fitogeografía de Fuego-Patagonia Chilena. I. Comunidades vegetales entre las latitudes 52° y 56° S. *Anales del Instituto de la Patagonia (Chile)* 8: 121-250.

PROMIS, A., GÄRTNER, S., REIF, A., y CRUZ, G. 2012. Effects of canopy gaps on forest floor vascular and non-vascular plant species composition and diversity in an uneven-aged *Nothofagus betuloides* forest in Tierra del Fuego, Chile. *Community Ecology* 13(2): 145-154.

PROMIS, A. 2013. Aspectos de la ecología de la regeneración de *Nothofagus betuloides* para una propuesta de manejo forestal sustentable en bosques patagónicos. En: Donoso, P., Promis, A. (eds.). *Silvicultura en Bosques Nativos. Avances en la Investigación en Chile. Argentina y Nueva Zelandia*. Marisa Cunero Ediciones, Valdivia, Chile. pp. 85-106.

PULIDO, F., DIAZ, B. y MARTINEZ-PASTUR, G. 2000. Incidencia del ramoneo del guanaco (*Lama guanicoe*) sobre la regeneración temprana en bosques de lenga (*Nothofagus pumilio*) de Tierra del Fuego, Argentina. *Investigación Agraria, Sistemas y Recursos Forestales* 9: 381-394.

RABASSA, J., CORONATO, A., ROIG, C. y ROIG, F. 2005. Los bosques de Tierra del Fuego durante el cuaternario. En: Arturi, M. Frangi, J. y Goya, J. (eds.). *Ecología y manejo de los bosques de Argentina*. Editorial Universidad Nacional de La Plata. La Plata, Argentina. Edición digital. 12 p.

- RAEDAKE, K. 1980. Foods habits of the guanaco (*Lama guanicoe*) of Tierra del Fuego, Chile. *Turrialba* 30(2): 177-182.
- REBERTUS, A. y VELEN, T. 1993. Structure and tree-fall gap dynamics of old-growth *Nothofagus* forests in Tierra del Fuego, Argentina. *Journal of Vegetation Science* 4: 461-654.
- RAEDAKE, K. 1982. Habitat use by guanacos (*Lama guanicoe*) and sheep on common range, Tierra del Fuego, Chile. *Turrialba* 32(3): 309-314.
- REBERTUS, A., KITZBERGER, T., VELEN, T. y ROOVERS, L. 1997. Blowdown history and landscape patterns in *Nothofagus* forests in southern Andes, Tierra del Fuego. *Ecology* 78: 678-692.
- RICHTER L. y FRANGI, J. 1992. Bases ecológicas para el manejo del bosque de *Nothofagus pumilio* de Tierra del Fuego. *Revista de la Facultad de Agronomía de La Plata* 68: 35-52.
- RODRIGUEZ, N y CWIELONG, P. 1995. Incendios forestales en la Región Andino-patagónica. *Anales del Centro de Investigación y Extensión Forestal Andino Patagónico*. Esquel. Provincia del Chubut. Argentina. CIEFAP 1: 134-140.
- RODRÍGUEZ, R., MATTHEI, S. y QUEZADA, M. 1983. Flora arbórea de Chile. Editorial de la Universidad de Concepción, Chile. 355 p.
- ROSENFELD, J., NAVARRO, R. y GUZMÁN, J., 2006. Regeneration of *Nothofagus pumilio* (Poepp. et Endl) Krasser forests after five years of seed tree cutting. *J. Environmental Management* 78: 44-51.
- RUSCH, V. 1987. Estudio sobre la regeneración de la lenga (*Nothofagus pumilio*) en la cuenca del Río Manso Superior, Río Negro. Informe Interno, CONICET. Buenos Aires, Argentina. 112 p.
- SCHMIDT, H. 1989. Evaluación de los ensayos de manejo forestal de la lenga - XII Región. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad de Chile. Región de Magallanes y de la Antártica Chilena, Chile. 20 p.
- SCHMIDT, H. y URZÚA, A. 1982. Transformación y manejo de los bosques de Lenga en Magallanes. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias, Veterinarias y Forestales, Departamento de de Silvicultura y Manejo. Santiago, Chile. *Ciencias Agrícolas* N° 11. 62 p.
- SKEWES, O., GONZÁLEZ, F., OLAVE, R., ÁVILA, A., VARGAS, V., PAULSEN, P. y KÖNIG, E. 2006. Abundance and distribution of American beaver, *Castor canadensis* (Kuhl 1820), in Tierra del Fuego and Navarino islands, Chile. *European Journal of Wildlife Research* 52: 292-296.

SKEWES, O., GONZÁLEZ, F., RUBILAR, L., QUEZADA, O., OLAVE, R., VARGAS, V. y ÁVILA, A. 1999. Investigación, aprovechamiento y control del castor, islas Tierra del Fuego y Navarino. Servicio de Gobierno Regional XII Región, Magallanes y Antártica Chilena, Punta Arenas, Chile. 164 p.

SCHMALTZ, J. 1993. Aspectos de regeneración del haya y de la lenga: una comparación. *Bosque* 14: 19-23.

SKRT, M., STAFFIERI, G., FERRERE, P., MARTINEZ-PASTUR, G. y PERI, P. 1997. Incidencia de la cobertura, el aprovechamiento y el ramoneo de *Lama guanicoe* sobre la regeneración de un bosque de *Nothofagus pumilio*. En: II Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano, Posadas, Misiones 13-15 de agosto de 1997. Comisión Bosque Nativo y Protección ambiental. Asociación Forestal Argentina. 12 p.

SOTO, N. 1994. Proyecto Conservación y Manejo del Guanaco *Lama guanicoe* en Isla Tierra del Fuego. Estimación poblacional 1993. Corporación Nacional Forestal (CONAF), Punta Arenas, Chile.

SOTO, N. 2008. Programa de control de especies dañinas en Magallanes: caso castor (*Castor canadensis*). En: Mann, A. (eds.). Vertebrados dañinos en Chile: desafíos y perspectivas. Actas del seminario taller. 8 de enero de 2008. Universidad Santo Tomás Santiago, Chile. pp 1-29.

SZEWCZYK, J., y SZWARGRZYK, J., 1996. Tree regeneration on rotten wood and on soil in old-growth stand. *Vegetation* 86 (122): 37-46.

TERWILLIGER, J. y PASTOR, J. 1999. Small mammals, ecto- mycorrhizae, and conifer succession in beaver meadows. *Oikos* 85: 83-94.

URIARTE A. 1987. Crecimiento y calidad de la regeneración de lenga (*Nothofagus pumilio* [Poepp. et Endl.] Krasser en bosques secundarios de la provincia de Última Esperanza, XII región. Memoria para optar al título de Ingeniero Forestal Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad de Chile. Santiago, Chile. 102 p.

URIARTE, A. y GROSSE, H., 1991. Silvicultura. Los Bosques de Lenga, una Orientación para su Manejo, Recopilación Bibliográfica. Informe Técnico N°126, INFOR Concepción, Chile. 92 p.

VEBLEN, T., DONOSO, C., SCHLEGEL, F. y ESCOBAR, B. 1981. Forest dynamics in south-central Chile. *Journal of Biogeography* 8: 211-247.

VEBLEN, T., KITZBERGER, T., BURNS, B. y REBERTUS, A. 1996. Perturbaciones y regeneración en bosques andinos del sur de Chile y Argentina. En: Armesto, J., Arroyo, M. y Villagrán, C. (eds.). Ecología del Bosque Nativo de Chile. Editorial Universitaria, Santiago, Chile. pp. 169-198.

WALLEM, P., JONES, C., MARQUET, P. y JAKSIC, F. 2007. Identificación de los mecanismos subyacentes a la invasión de *Castor canadensis* (Rodentia) en el archipiélago de Tierra del Fuego, Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 80: 309-325.

WRIGHT, J.P., JONES, C. G. y FLECKER, A. S. 2002. An ecosystem engineer, the beaver, increases species richness at the landscape scale. *Oecologia* 132: 96-101.

## APÉNDICES

**APÉNDICE 1.** Listado de especies herbáceas presentes en la pradera de castor

N°	Familia	Especies	Nombre común	Origen	Hábito	Cobertura % Media
1	Apiaceae	<i>Osmorhiza chilensis</i> Hook. et Arn.	Cacho de cabra	Nativo	Hierba perenne	0,5
2	Apiaceae	<i>Schizeilema ranunculus</i> (D'Urv.) Domin	-	Nativo	Hierba perenne	0,4
3	Asteraceae	<i>Adenocaulon chilense</i> Poepp ex Less.	Espinaca del monte	Nativo	Hierba perenne	1,7
4	Asteraceae	<i>Cotula scariosa</i> (Cass.)Franchet.	Cótula	Nativo	Hierba perenne	2,3
5	Asteraceae	<i>Leptinella scariosa</i> Cass.	Botón de oro	Nativo	Hierba perenne	2,2
6	Asteraceae	<i>Macrachaenium gracile</i> Hook.f.	-	Nativo	Hierba perenne	4,5
7	Asteraceae	<i>Senecio magellanicus</i> Hook. et Arn.	Senecio	Endémico Patagonia	Hierba perenne	1,3
8	Asteraceae	<i>Taraxacum gilliesii</i> Hook. et Arn.	Diente de león	Nativo	Hierba perenne	2,1
9	Asteraceae	<i>Taraxacum officinale</i> Weber ex F.H.Wigg.	Diente de león	Exótico	Hierba perenne	1,1
10	Caryophyllaceae	<i>Cerastium arvense</i> L.	Oreja de ratón	Exótico	Hierba anual	1,4
11	Caryophyllaceae	<i>Spergularia marina</i> (L.) Griseb.	Espergularia	Nativo	Hierba anual	1,3
12	Cyperaceae	<i>Carex magellanica</i> Lam.	Cortadera junquillo	Nativo	Hierba perenne	1,7
13	Cyperaceae	<i>Uncinia lechleriana</i> Steud.	Ganchillo	Nativo	Hierba perenne	4,5
14	Euphorbiacea	<i>Dysopsis glechomoides</i> (A.Rich) Muell.Arg.	Pihuichéndo mo	Nativo	Hierba perenne	0,7

N°	Familia	Especies	Nombre común	Origen	Hábito	Cobertura % Media
15	Gunneraceae	<i>Gunnera magellanica</i> Lam.	Frutilla del diablo	Nativo	Hierba perenne	5,3
16	Juncaceae	<i>Marsippospermum grandiflorum</i> (L.f.) Hook. f.	Junquillo	Nativo	Hierba perenne	2
17	Oxalidaceae	<i>Oxalis enneaphylla</i> Cav.	Ojo de agua	Nativo	Hierba perenne	0,5
18	Poaceae	<i>Agrostis meyenii</i> Trin.	Brown-bent grass	Nativo	Hierba perenne	4,2
19	Poaceae	<i>Deschampsia antarctica</i> E.Desv.	Hierba pilosa antártica	Endémico Sur Patagonia	Hierba perenne	0,4
20	Poaceae	<i>Elymus (Agropyron) fuegianus</i> (Speg.) A.Love.	Sésuer (idioma Selknam)	Endémico Sur Patagonia	Hierba perenne	7,1
21	Poaceae	<i>Festuca contracta</i> Kirk.	Coirón	Endémico Sur Patagonia	Hierba perenne	0,9
22	Poaceae	<i>Festuca magellanica</i> Lam.	Coirón	Nativo	Hierba perenne	8,4
23	Poaceae	<i>Holcus lanatus</i> L.	Pasto miel	Exótico	Hierba perenne	9,6
24	Poaceae	<i>Hordeum pubiflorum</i> Hook.f.	Cola de ratón	Nativo	Hierba perenne	2,5
25	Poaceae	<i>Phleum alpinum</i> L.	Cola de zorro	Nativo	Hierba perenne	1,6
26	Poaceae	<i>Poa nemoralis</i> L.	Poa de los prados	Exótico	Hierba perenne	13,1
27	Poaceae	<i>Poa pratensis</i> L.	Pasto azul	Exótico	Hierba perenne	4,5
28	Polygonaceae	<i>Rumex acetosella</i> L.	Vinagrillo	Exótico	Hierba perenne	0,8

N°	Familia	Especies	Nombre común	Origen	Hábito	Cobertura % Media
29	Ranunculaceae	<i>Ranunculus peduncularis</i> J. E.Sm.	Hierba de la vaca	Nativo	Hierba perenne	1,1
30	Rosaceae	<i>Acaena magellanica</i> (Lam.) Vahl.	Cadillo, Amor seco	Nativo	Hierba perenne	0,9
31	Rosaceae	<i>Acaena ovalifolia</i> Ruíz et Pavón.	Cadillo, Amor seco	Nativo	Hierba perenne	3,9
32	Rosaceae	<i>Rubus geoides</i> J.E.Sm.	Frutilla de Magallanes	Nativo	Hierba perenne	5,5
33	Rubiaceae	<i>Galium aparine</i> L.	Lengua de gato	Nativo	Hierba anual	0,9
34	Rubiaceae	<i>Galium fuegianum</i> Hook.f.	Pega-pega	Nativo	Hierba anual	0,6
35	Scrophulariaceae	<i>Veronica arvensis</i> L.	Verónica	Exótico	Hierba anual	0,5

**APÉNDICE 2.** Listado de especies herbáceas presentes en el bosque

N°	Familia	Especies	Nombre común	Origen	Hábito	Cobertura % Media
1	Apiaceae	<i>Osmorhiza chilensis</i> Hook. et Arn.	Cacho de cabra	Nativo	Hierba perenne	6,3
2	Apiaceae	<i>Schizeilema ranunculus</i> (D'Urv.) Domin	-	Nativo	Hierba perenne	4,1
3	Asteraceae	<i>Adenocaulon chilense</i> Poepp ex Less.	Espinaca del monte	Nativo	Hierba perenne	8,7
4	Asteraceae	<i>Leptinella scariosa</i> Cass.	Leptinilla	Nativo	Hierba perenne	2,9
5	Asteraceae	<i>Taraxacum gilliesii</i> Hook. et Arn.	Diente de león	Nativo	Hierba perenne	0,9
6	Asteraceae	<i>Macrachaenium gracile</i> Hook.f.	-	Nativo	Hierba perenne	5,4
7	Cyperaceae	<i>Uncinia lechleriana</i> Steud.	Ganchillo	Nativo	Hierba perenne	4,9
8	Dryopteridaceae	<i>Cystopteris fragilis</i> (L.) Bernh. var. <i>apiiformis</i> (Gand.) C.Chr.	Helecho de soros	Nativo	Hierba perenne	6,5

<b>N°</b>	<b>Familia</b>	<b>Especies</b>	<b>Nombre común</b>	<b>Origen</b>	<b>Hábito</b>	<b>Cobertura % Media</b>
<b>9</b>	Euphorbiaceae	<i>Dysopsis glechomoides</i> (A.Rich) Muell.Arg.	Pihuichén-domo	Nativo	Hierba perenne	8,4
<b>10</b>	Gunneraceae	<i>Gunnera magellanica</i> Lam.	Frutilla del diablo	Nativo	Hierba perenne	8,6
<b>11</b>	Onagraceae	<i>Epilobium australe</i> Poepp. et Hausskn. ex Hausskn.	Epilobio	Nativo	Hierba perenne	4,5
<b>12</b>	Poaceae	<i>Alopecurus magellanicus</i> Lam.	-	Nativo	Hierba perenne	9,3
<b>13</b>	Poaceae	<i>Poa pratensis</i> L.	Pasto azul	Exótico	Hierba perenne	6,5
<b>14</b>	Poaceae	<i>Trisetum spicatum</i> (L.) K.Richter	-	Nativo	Hierba perenne	7,8
<b>15</b>	Ranunculaceae	<i>Ranunculus peduncularis</i> J.E.Sm. var. <i>peduncularis</i>	Hierba de la vaca	Nativo	Hierba perenne	4,1
<b>16</b>	Rosaceae	<i>Acaena ovalifolia</i> Ruíz et Pavón.	Cadillo, amor seco	Nativo	Hierba perenne	2,7
<b>17</b>	Rosaceae	<i>Rubus geoides</i> J.E.Sm.	Frutilla de Magallanes	Nativo	Hierba perenne	2,6
<b>18</b>	Rubiaceae	<i>Galium aparine</i> L.	Lengua de gato	Nativo	Hierba anual	5,8