



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

CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DEL REBROTE DE
TOCÓN DE *Nothofagus antarctica* (G. Forst.) Oerst. EN LA
PATAGONIA CHILENA

Memoria para optar al Título
Profesional de Ingeniera Forestal

DANIRA NAZARETH PINEIDA HERNÁNDEZ

Profesor Guía: Sr. Álvaro Promis Baeza. Ing. Forestal,
Doctor en Recursos Naturales

Santiago, Chile

2018

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

CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DEL REBROTE DE
TOCÓN DE *Nothofagus antarctica* (G. Forst.) Oerst. EN LA
PATAGONIA CHILENA

Memoria para optar al Título
Profesional de Ingeniera Forestal

DANIRA NAZARETH PINEIDA HERNÁNDEZ

Calificaciones:	Nota	Firma
Prof. Guía Sr. Álvaro Promis Baeza	6,6
Prof. Consejero Sr. Juan Caldentey Pont	6,7
Prof. Consejero Sr. Gustavo Cruz Madariaga	6,7

*Tratad de dejar este mundo
en mejores condiciones de
como lo encontrasteis.*

Robert Baden Powell 

A mi familia.

AGRADECIMIENTOS

Por dónde comenzar...

En primer lugar, quiero agradecer a mi familia, especialmente a mis padres, Nancy y Angelo; a mis hermanos, Angela y Nelson; y mi hermana política, Paula, que siempre estuvieron brindando su apoyo y aunque no entendían mi trabajo del todo, de alguna forma, sabían qué decir y qué hacer en esos momentos en que más lo necesitaba. A mis sobrinos Benjamín (9), Martina (6), Lucas (3) y Facundo (2) por alegrarme con su ternura en los momentos difíciles.

A mis amigos, en especial Cristina Aravena, Paula Marcotti y Camila Loyola. Que animaron esos momentos libres en Antumapu y también aquellos terrenos en algún lugar de Chile, gracias por acompañarme en este camino de llegar a ser una profesional.

A mi profesor guía, Álvaro Promis, por su infinita paciencia y por darme esos ratitos que le sobraban en su ajetreado trabajo. A mis consejeros, Juan Caldentey y Gustavo Cruz, por sus acertadas contribuciones en esta última etapa. A Cristina (de nuevo), Sofía Olivares, José Olmedo, Lukas López, Victoria Pulido, Alejandro Carrasco, Miguel Jorquera, Wilson Mejías y Alexis Rojas por orientarme y apoyarme desde la toma de muestras en terreno, el procesamiento y análisis de datos, hasta la presentación de resultados. Muchas gracias por ayudarme a hacer de éste un mejor trabajo.

A Carlos Magni, por su constante presión para finalizar este documento, también al equipo de CESAF (incluyendo a mi hermana), por alegrar los almuerzos durante algunos días de verano.

Finalmente, a la Corporación Nacional Forestal (CONAF) por financiar, mediante el Fondo de Investigación del Bosque Nativo, el Proyecto 012/2014 “Desarrollo de propuesta de tecnología silvícola para favorecer la recuperación de bosques degradados de *Nothofagus antarctica*”, el cual permitió desarrollar esta investigación. Y también, a los propietarios de los predios donde se llevó a cabo este estudio.

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN

ABSTRACT

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Regeneración vegetativa.....	2
1.2 Factores que influyen en la respuesta de la regeneración vegetativa	3
1.3 Antecedentes de <i>Nothofagus antarctica</i>	4
1.3.1 Distribución geográfica.....	4
1.3.2 Ecología de la especie.....	5
1.4 Objetivos	6
1.4.1 Objetivo general.....	6
1.4.2 Objetivos específicos	6
2. MATERIAL Y MÉTODO	7
2.1 Material	7
2.2 Método.....	9
2.2.1 Selección de individuos, caracterización y aplicación de tratamientos de corta..	9
2.2.2 Análisis de supervivencia, crecimiento y biomasa acumulada de los rebrotes de tocón...	10
2.2.3 Análisis de respuesta de área foliar específica de los rebrotes de tocón.....	10
2.2.4 Análisis estadístico y evaluación de la respuesta en los rebrotes de tocón.....	11
3. RESULTADOS	12
3.1 Características dendrométricas de los rebrotes de tocón.....	12
3.1.1 Supervivencia de los rebrotes de tocón.....	12
3.1.2 Densidad de rebrotes.....	13
3.1.3 Diámetro basal (DAC) promedio de los rebrotes de tocón.....	15
3.1.4 Longitud promedio de los rebrotes de tocón	16
3.1.5 DAC del rebrote de tocón de mayor tamaño	17
3.1.6 Longitud del rebrote de tocón de mayor tamaño	18
3.1.7 Acumulación de biomasa total del rebrote más largo por tocón.....	19
3.1.8 Acumulación de biomasa por componente del rebrote más largo por tocón.....	20
3.1.9 Área foliar (AF) y área foliar específica (SLA) del rebrote de tocón.....	23
3.2 Relación lineal múltiple de la respuesta vegetativa con respecto a DAT, DAP y anillos de crecimiento a la altura del tocón.....	25

4. DISCUSIÓN.....	30
4.1 Respuesta vegetativa con respecto a la altura de corte.....	30
4.2 Respuesta vegetativa con respecto a la edad y tamaño de los árboles	31
4.3 Respuesta vegetativa con respecto a condiciones del sitio.....	31
4.4 Consideraciones y condiciones para la regeneración de <i>Nothofagus antarctica</i> ..	34
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	36
6. BIBLIOGRAFÍA.....	37

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución de la especie <i>Nothofagus antarctica</i> a lo largo de Chile.	5
Figura 2. Mapa de Chile y del área norte de la Patagonia chilena, donde se ubican las áreas de estudio en Valle California y Balmaceda.	7
Figura 3. Diagrama de cajas para la densidad de rebrotes de tocón luego de dos años de aplicados los tratamiento de corta (3 cm, 30 cm y 100 cm del suelo) en bosques de <i>Nothofagus antarctica</i> en (a) Valle California y (b) Balmaceda.	14
Figura 4. Diagrama de cajas para el diámetro basal promedio (mm) de los diez rebrotes más largos de tocón luego de dos años de aplicados los tratamiento de corta (3 cm, 30 cm y 100 cm del suelo) en bosques de <i>Nothofagus antarctica</i> en (a) Valle California y (b) Balmaceda.	15
Figura 5. Diagrama de cajas para la longitud promedio (cm) de los diez rebrotes más largos de tocón luego de dos años de aplicados los tratamiento de corta (3 cm, 30 cm y 100 cm del suelo) en bosques de <i>Nothofagus antarctica</i> en (a) Valle California y (b) Balmaceda.	16
Figura 6. Diagrama de cajas para el diámetro basal (mm) del rebrote de mayor tamaño por tocón luego de dos años de aplicados los tratamiento de corta (3 cm, 30 cm y 100 cm del suelo) en bosques de <i>Nothofagus antarctica</i> en (a) Valle California y (b) Balmaceda.	17
Figura 7. Diagrama de cajas para la longitud (cm) del rebrote de mayor tamaño por tocón luego de dos años de aplicados los tratamiento de corta (3 cm, 30 cm y 100 cm del suelo) en bosques de <i>Nothofagus antarctica</i> en (a) Valle California y (b) Balmaceda.	18
Figura 8. Diagrama de cajas para la biomasa acumulada total (g) del rebrote de mayor tamaño por tocón luego de dos años de aplicados los tratamiento de corta (3 cm, 30 cm y 100 cm del suelo) en bosques de <i>Nothofagus antarctica</i> en (a) Valle California y (b) Balmaceda.	19
Figura 9. Diagrama de cajas para la biomasa acumulada del componente tallo (g) del rebrote de mayor tamaño por tocón luego de dos años de aplicados los tratamiento de corta (3 cm, 30 cm y 100 cm del suelo) en bosques de <i>Nothofagus antarctica</i> en (a) Valle California y (b) Balmaceda.	20
Figura 10. Diagrama de cajas para la biomasa acumulada del componente rama (g) del rebrote de mayor tamaño por tocón luego de dos años de aplicados los tratamiento de corta (3 cm, 30 cm y 100 cm del suelo) en bosques de <i>Nothofagus antarctica</i> en (a) Valle California y (b) Balmaceda.	21
Figura 11. Diagrama de cajas para la biomasa acumulada del componente hoja (g) del rebrote de mayor tamaño por tocón luego de dos años de aplicados los tratamiento de corta (3 cm, 30 cm y 100 cm del suelo) en bosques de <i>Nothofagus antarctica</i> en (a) Valle California y (b) Balmaceda.	22
Figura 12. Diagrama de cajas para el área foliar (cm ²) del rebrote de mayor tamaño por tocón luego de dos años de aplicados los tratamiento de corta (3 cm, 30 cm y 100 cm del suelo) en bosques de <i>Nothofagus antarctica</i> en (a) Valle California y (b) Balmaceda.	23

Figura 13. Diagrama de cajas para el área foliar específica (cm ² /g) del rebrote de mayor tamaño por tocón luego de dos años de aplicados los tratamiento de corta (3 cm, 30 cm y 100 cm del suelo) en bosques de <i>Nothofagus antarctica</i> en (a) Valle California y (b) Balmaceda.	24
Figura 14. Relación de la respuesta vegetativa en longitud (cm) inducida en los tocones por los tratamientos de corta a 3 cm (T3) y a 30 cm (T30) sobre el suelo con respecto al factor predictor número de anillos de crecimiento presente en el bosque de <i>Nothofagus antarctica</i> en Valle California.	28
Figura 15. Relación de la respuesta vegetativa en longitud (cm) inducida en los tocones por el tratamiento de corta a 30 cm (T30) sobre el suelo con respecto al factor predictor DAP (cm) presente en el bosque de <i>Nothofagus antarctica</i> en Balmaceda.....	28
Figura 16. Relación de la respuesta vegetativa en acumulación de biomasa total (g/rebrote) inducida en los tocones por los tratamientos de corta a 3 cm (T3) y a 30 cm (T30) sobre el suelo con respecto al factor predictor número de anillos de crecimiento presente en el bosque de <i>Nothofagus antarctica</i> en Valle California.	29
Figura 17. Relación de la respuesta vegetativa en biomasa acumulada total (g/rebrote) inducida en los tocones por los tratamientos de corta a 3 cm (T3) y a 30 cm (T30) sobre el suelo con respecto al factor predictor DAP (cm) presente en el bosque de <i>Nothofagus antarctica</i> en Balmaceda.....	29

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Características de los bosques de <i>Nothofagus antarctica</i> seleccionados para este estudio.	9
Cuadro 2. Registro de supervivencia, mortalidad y afectación por ramoneo de los tocones luego de dos años de la aplicación de los tratamientos de corta (3 cm, 30 cm y 100 cm sobre el nivel del suelo) en los bosques de <i>Nothofagus antarctica</i> de Valle California y Balmaceda.	12
Cuadro 3. Tasa de supervivencia, mortalidad y afectación por ramoneo de los rebrotes inducidos luego de dos años de la aplicación de los tratamientos de corta (3 cm, 30 cm y 100 cm sobre el nivel del suelo) en los bosques de <i>Nothofagus antarctica</i> de Valle California y Balmaceda.	13
Cuadro 4. Origen de rebrotes promovidos por los tratamientos de corta (3 cm, 30 cm y 100 cm sobre el suelo), luego de dos años, en los bosques de <i>Nothofagus antarctica</i> en Valle California y Balmaceda.	14
Cuadro 5. Relación de la respuesta vegetativa de los tocones a los tratamientos de corta con respecto a los factores predictores presentes en el bosque de <i>Nothofagus antarctica</i> en Valle California.	26
Cuadro 6. Relación de la respuesta vegetativa de los tocones a los tratamientos de corta con respecto a los factores predictores presentes en el bosque de <i>Nothofagus antarctica</i> en Balmaceda.	27

RESUMEN

Nothofagus antarctica (ñirre) persiste principalmente por regeneración vegetativa, la que es influenciada por la ocurrencia de perturbaciones como fuego, pastoreo y cortas para extracción de leña. La capacidad de rebrote en algunas especies es influenciada por la época de corta, la edad del árbol y la altura de corte. Es por esta razón que se vuelve crucial comprender el mecanismo de propagación vegetativa de estos bosques.

El objetivo de este trabajo es caracterizar y evaluar el rebrote de tocón de árboles de *Nothofagus antarctica* en bosques de la Patagonia chilena. Ambos bosques pertenecen a la región bioclimática Templado lluviosa. El primer lugar se ubica en Valle California (Región de Los Lagos), se caracteriza por presentar precipitaciones anuales superiores a 2.000 mm y temperatura del aire entre 0 y 17 °C. En cuanto al segundo bosque, se encuentra en Balmaceda (Región de Aysén) presenta hasta 1.000 mm de precipitaciones anuales y temperatura del aire entre 0 y 5 °C.

En febrero del año 2015, un total de 124 árboles fueron talados en dos bosques de *N. antarctica* ubicados en la Patagonia chilena. La intervención abarcó todas las clases diamétricas existentes, y los tratamientos fueron aplicados a distintas alturas de corta sobre el nivel del suelo: a 3 cm (T3), a 30 cm (T30) y a 100 cm (T100). La caracterización de los rebrotes se realiza mediante estadísticas descriptivas, y las pruebas no paramétricas H de Kruskal Wallis y U de Mann-Whitney son utilizadas para estudiar las diferencias entre los tratamientos de corta aplicados en las áreas de estudio. En cuanto a la relación con la edad de los árboles intervenidos se lleva a cabo mediante el análisis de regresión lineal múltiple aplicado en la respuesta a cada tratamiento en los bosques en estudio.

La respuesta de los rebrotes de tocón luego de dos años de la implementación de los tratamientos varía según altura de corta, edad del árbol y sitio. En ambos sitios, la densidad y acumulación de biomasa del rebrote resultan mayores con T100 y la mayor mortalidad ocurre con T3. Respecto al efecto de la edad, árboles juveniles tienen mayor respuesta (diámetro basal, longitud y acumulación de biomasa). En cuanto a las dimensiones de los árboles, hay mejor respuesta (densidad, diámetro basal, longitud y acumulación de biomasa) de los rebrotes cuando el DAP y DAT son mayores. Finalmente, la comparación entre sitios indica que la mayor mortalidad de rebrotes y ramoneo ocurre en Balmaceda, mientras que la mayor supervivencia de rebrotes ocurre en Valle California.

Palabras clave: *Nothofagus antarctica*, rebrote de tocón, tratamientos de corta, altura de corte.

ABSTRACT

Nothofagus antarctica (ñirre) persists mainly by vegetative regeneration, which is influenced by the occurrence of disturbances like fire, grazing and cuts for extraction of firewood. The sprouting capacity in some species is influenced by the season's cut, age of tree and cutting height. It is for this reason it becomes crucial to understand the mechanism of vegetative propagation of these forests.

The purpose of this work was to characterize and evaluate the stump sprout of *Nothofagus antarctica* trees in forests of Chilean Patagonia. Both forests belong to the rainy temperate bioclimatic region. The first place is located in Valle California (Región de Los Lagos) which is characterized by annual rains greater than 2.000 mm and temperature of air between 0 and 17 °C. While the second forest is found in Balmaceda (Región de Aysén) which presents until 1.000 mm of annual rains and temperature of air between 0 and 5 °C.

In February of year 2015 a total of 124 trees were harvested in two *N. antarctica* forests located in Chilean Patagonia. The harvested, covered all existent diametric classes, and treatments were applied to different cutting heights above ground level: 3 cm (T3), 30 cm (T30) and 100 cm (T100). The characterization of the sprouts is done by descriptive statistics, and the non-parametric test H of Kruskal Wallis and U of Mann-Whitney are used to study the differences among cutting treatment applied in the areas of study. As for the relation with the age of the intervened trees, it is made by multiple linear regression analysis applied to the results of each treatment in the forests of study.

The response of the stump sprouts after two years of the implementation of the treatments varies according to cutting height, age of the tree and site. Both sites, density and biomass accumulation of sprout result bigger with T100, and the greater mortality occurs with T3. In regards to the effect of age, young trees have a bigger response (basal diameter, length and accumulation biomass). As for the dimensions of the trees, there is better response (density, basal diameter, length and accumulation biomass) of sprouts when the DAP and DAT are larger. Finally, the comparison among sites indicates that the greater sprouts mortality and browse occurs in Balmaceda, while the greater sprout survival occurs in Valle California.

Keywords: *Nothofagus antarctica*, stump sprout, cutting treatments, cutting height.

1. INTRODUCCIÓN

El proceso de regeneración es fundamental para la mantención y el crecimiento de las poblaciones vegetales en el tiempo (Gurevitch *et al.*, 2006). Existen dos vías de las plantas para regenerar: (1) la reproducción sexual, mediante la producción, dispersión y germinación de semillas, seguidas del establecimiento de la plántula y (2) la reproducción asexual o vegetativa (Barnes *et al.*, 1998).

La reproducción vegetativa es un mecanismo que permite la mantención de las poblaciones vegetales en el tiempo (Barnes *et al.*, 1998). Sin embargo, no todas las plantas tienen la misma capacidad de propagarse vegetativamente, las angiospermas por lo general son capaces de rebrotar una vez que se han establecido, en cambio, las gimnospermas se encuentran menos adaptadas para utilizar este medio, y son pocas las especies con la capacidad de rebrotar por sí mismas (Barnes *et al.*, 1998; Del Tredici, 2001). La reproducción vegetativa es frecuente en especies vegetales que presentan baja producción de semillas, debido a la edad del árbol, o bien, en el caso de que exista bajo porcentaje de viabilidad de semillas (Peri y Ormaechea, 2013). Por ejemplo, gran parte de los bosques de *Nothofagus antarctica* (G. Forst.) Oerst. (ñirre) se mantienen y regeneran por el mecanismo vegetativo, puesto que presentan bajo porcentaje de regeneración natural por semillas (Peri y Ormaechea, 2013). Para *N. antarctica* el principal mecanismo de regeneración es por rebrote de tocón y en menor medida, por rebrotes de raíz y de arraigamiento de acodos (Veblen *et al.*, 1996; Salinas *et al.*, 2017).

N. antarctica tiene una marcada presencia en la Patagonia chilena y argentina (Vidal y Premoli, 2004; Salinas *et al.*, 2014). Estos bosques son utilizados por comunidades aledañas para la extracción de madera para usos menores y leña, valor paisajístico y en sistemas silvopastorales (Gargaglione *et al.*, 2008; Salinas *et al.*, 2014). La degradación de los bosques patagónicos de *N. antarctica* ocurre en parte por la presión ganadera, el uso de estas formaciones para ganadería impide la regeneración natural por semilla y vegetativa, causando la senescencia del bosque y, por ende, la eventual pérdida del bosque a futuro (Veblen y Lorenz, 1988; Raffaele y Veblen, 2001; Peri, 2009; Promis *et al.*, 2015; Salinas *et al.*, 2015). Estos bosques también son afectados constantemente por disturbios tales como incendios, plagas y tala sin criterio, los cuales afectan físicamente a los árboles (Salinas *et al.*, 2016).

En general, la estructura y la composición de los bosques templados de América han sido moldeadas por disturbios (Alaback, 1991). La dinámica del género *Nothofagus* requiere de la acción de disturbios a pequeña escala, como caída de árboles, y a gran escala o catastróficos, como incendios y deslizamientos de tierra, para favorecer el proceso de regeneración (Oliver y Larson, 1990; Veblen *et al.*, 1996; Salinas, 2016a). En algunos bosques afectados por disturbios donde se destruyen total o parcialmente los fustes, efectivamente, se induce la regeneración vegetativa en la planta, permitiendo el crecimiento del brote y la conservación del patrimonio genético (Barnes *et al.*, 1998; Mc Creary, 2004; Premoli y Steinke, 2008). Por ejemplo, frente a la caída de uno o varios árboles, el claro de dosel quizás no sea ocupado por plantas de regeneración de semillas, sino que por rebrotes provenientes de los árboles caídos (Promis *et al.*, 2015). Entonces, en aquellos ecosistemas

degradados, tales como los bosques de *N. antarctica*, la capacidad que tiene esta especie para regenerar vegetativamente, tendrá gran impacto en el rejuvenecimiento de las formaciones senescentes (Promis *et al.*, 2015).

La capacidad de rebrote que tiene *N. antarctica*, también resulta clave para la silvicultura, siendo vital para la estrategia silvícola por monte bajo debido a que permite activar el mecanismo de propagación vegetativa y generar el rebrote como una vía para asegurar el componente arbóreo y también la continuidad de estos bosques (Vita, 1996; Serrada, 2008; Salinas y Acuña, 2017). En este sentido, los tocones intervenidos requieren de exclusiones para aminorar el riesgo de ramoneo y daños mecánicos, por lo que incluir en las prácticas silviculturales la protección de los rebrotes, permite al rebrote de tocón del ñirre alcanzar la altura adecuada para quedar fuera de alcance (Salinas, 2016a; Salinas y Acuña, 2017).

Los métodos silviculturales tienen el propósito de lograr la adecuada utilización de los bosques y prevenir la alteración de estos, estas prácticas silvícolas inducen la regeneración del bosque nativo, no obstante, la intervención desmedida del bosque amenaza con alterar su estructura o, incluso, con la pérdida su funcionalidad (Pickett y White, 1985; Peri, 2009). Tanto para utilizar, como para conservar el bosque, se requiere de un manejo y prescripción de tratamientos silvícolas aptos, para lo cual es necesario comprender la dinámica de bosques (Lara *et al.*, 2014). Un manejo forestal apropiado debe incluir el factor económico, social y ambiental, es decir, obtener el desarrollo económico del propietario del bosque acorde a sus intereses y mantener los procesos ecológicos del bosque (Chauchard *et al.*, 2001; Peri *et al.*, 2009). Por lo demás, un manejo sustentable debe contar con los mismos factores, pero también requiere lograr el equilibrio entre la productividad y la sustentabilidad (Salinas *et al.*, 2017).

1.1 Regeneración vegetativa

La regeneración vegetativa es una estrategia de las plantas, mediante la cual se produce un nuevo ejemplar a partir de una sección del material vegetal que queda del organismo original afectado por alguna intervención externa (Barnes *et al.*, 1998; Gurevitch *et al.*, 2006). Los brotes se pueden originar de diferentes estructuras anatómicas, tales como del tallo basal, de la raíz, de rizomas o del lignotuber (Vita, 1996; Barnes *et al.*, 1998; Gurevitch *et al.*, 2006). Los brotes pueden surgir de yemas proventicias o yemas adventicias. Las primeras emergen del xilema primario y se denominan brotes epicórnicos. En cuanto a las yemas adventicias, surgen de una herida o corte efectuado en el tejido calloso del ejemplar (Vita, 1996).

A pesar de que la reproducción sexual permite aumentar la variabilidad genética para la persistencia de las especies, la regeneración vegetativa cumple un rol clave ante un cambio en el ambiente, fundamentalmente en la adaptación de la especie para su mantención y persistencia, en la dominancia espacial de las especies arbóreas y en la conservación de su propia diversidad genética (Barnes *et al.*, 1998; Premoli *et al.*, 2012). La ventaja de las plantas que regeneran vegetativamente es que crecen con mayor rapidez que aquellas originadas desde semillas, a su vez, pueden ocupar velozmente el sitio luego de un disturbio (Bond y Migdley, 2001).

En varias situaciones de disturbios, como por ejemplo ramoneo o incendios forestales, la reproducción vegetativa es significativamente más relevante que la reproducción sexual (Vita *et al.*, 1998; Premoli y Steinke, 2008). Luego de ocurrido un evento de disturbio, aquellos individuos afectados o heridos parcialmente, son capaces de producir nuevas ramillas o rebrotes, los que cuentan con un sistema radicular establecido y en funcionamiento, permitiendo a los organismos sobrevivir por sí mismos (Barnes *et al.*, 1998). El comportamiento de rebrote cumple un rol fundamental en la persistencia de la especie, afectando la ecología del individuo, población y comunidad (Bond y Migdley, 2001). Adicionalmente, en el caso hipotético de que exista solo un representante de una especie en un lugar aislado, siendo insuficiente para llevar a cabo el mecanismo de reproducción sexual, resulta relevante debido a que posibilita la supervivencia del ejemplar y, por ende, de la especie en ese sitio (Cook, 1979).

1.2 Factores que influyen en la respuesta de la regeneración vegetativa

Los disturbios inducen la respuesta vegetativa en la planta, ejemplo de esto se observa en casos de generación de claros al interior del bosque, posterior a la caída natural de algún árbol (Premoli y Steinke, 2008). Estos claros permiten el ingreso de luminosidad y mayor espacio para el desarrollo de rebrotes, tal como ocurre en bosques de *Nothofagus alessandrii* donde por medio de este disturbio se induce el rebrote de tocón (Donoso *et al.*, 2006). También, hay especies que se ven favorecidas por la existencia de regímenes de disturbio a gran escala, un buen ejemplo de ello es el caso de *Austrocedrus chilensis* que ante los disturbios de fuego, viento, avalanchas de nieve, entre otros, es capaz de regenerar de forma vegetativa, aunque esta situación ocurre cuando su estrategia de reproducción sexual es limitada (Veblen y Lorenz, 1987; Le Quesne *et al.*, 1994; Pastorino y Gallo, 1997; Cruz, 2015).

Los principales factores que van a determinar la respuesta de la regeneración vegetativa son la edad del árbol al momento de la intervención, la estación del año en la cual ocurre el disturbio (o época de corta), las características del árbol y la técnica de corta, que incluye la altura de corte de tocón (Vita, 1978; Pyttel *et al.*, 2013).

Con respecto a la edad del árbol, se ha señalado que la capacidad de regenerar vegetativamente es mayor en la etapa de latizal o juvenil y se pierde a medida que el individuo avanza hacia el estado maduro (Barnes *et al.*, 1998). Según Reyes (2006), *Quillaja saponaria* tiene mejores posibilidades de rebrotar cuando los ejemplares presentan menor tamaño y buena sanidad, lo cual se asocia con árboles juveniles, a diferencia de cepas de mayor tamaño y con problemas sanitarios, relacionado con ejemplares maduros. Asimismo, el tamaño del tocón se puede considerar una dificultad en el caso de que el grosor de la corteza obstaculice el brote de las yemas, aislándolas del exterior (Vita, 1996; Toledo, 2005). No obstante, en diferentes especies del género *Eucalyptus*, principalmente *E. camaldulensis*, *E. cladocalyx*, *E. globulus*, *E. sideroxylon* se observa una alta mortalidad de tocones en diámetros extremos (pequeños y grandes), por lo que diámetros de tamaño intermedio presentan mayor retoñación y supervivencia de los brotes (Prado, 1989).

En cuanto a la época de corta, en general la mejor fecha de corta para favorecer el rebrote es durante el receso vegetativo y antes del brote de yemas, debido a que los productos de la fotosíntesis alcanzan la máxima concentración. No obstante, el riesgo de cortar durante el invierno puede implicar la mortalidad por causa de heladas. En cambio, el riesgo de cortar en verano es que puede provocar falta de vigor en el rebrote por falta de humedad en el suelo (Prado, 1989; Ducrey y Turrel, 1992; Vita, 1996). Aun así, depende de la especie, puesto que para el caso de *Quercus variabilis* la época de corta no afecta el rebrote (Xue *et al.*, 2003).

Referente a la técnica para realizar la intervención, ésta abarca desde determinar la altura de corte del tocón, la inclinación de la cara superior hasta el tipo de herramienta a utilizar (Vita, 1996; Xue *et al.*, 2003). Respecto a la altura de corte, según Bratti (1996) y Del Fierro (2001) las intervenciones de corta influirían positiva o negativamente tanto en el vigor y crecimiento del rebrote de la especie *Acacia saligna*, como en la densidad y crecimiento de *Acacia caven*, respectivamente.

Adicionalmente, tanto Estévez (1994), como Serra *et al.* (1994) mencionan que ejemplares de *Q. saponaria* manifiestan la tendencia a rebrotar en la medida que se ven expuestos a la luminosidad. Según Del Tredici (2001) los tocones de angiospermas con diámetro mayor de 15 cm requieren de mayor luminosidad para rebrotar. Por lo cual, la respuesta en crecimiento y acumulación de biomasa está fuertemente condicionada por la energía que entrega la radiación solar (Oliver y Larson, 1990).

1.3 Antecedentes de *Nothofagus antarctica*

1.3.1 Distribución geográfica

N. antarctica se distribuye desde los 36°S hasta los 56°S (Figura 1) formando parte del bosque templado lluvioso de Chile y Argentina (Veblen *et al.*, 1996; Donoso *et al.*, 2006). En Chile, abarca desde la precordillera en la Región del Maule hasta el Cabo de Hornos en la Región de Magallanes y de la Antártica Chilena, encontrándose desde el nivel del mar hasta los 2.000 m.s.n.m. (Ramírez, 1987; Vidal y Premoli, 2004).

En la Cordillera de la Costa habita de manera discontinua y fragmentada, a diferencia de la Cordillera de los Andes donde se encuentra de forma continua (San Martín *et al.*, 1986; Vidal y Premoli, 2004; Donoso *et al.*, 2006; Luebert y Pliscoff, 2006). También se halla en la Depresión Central, principalmente en suelos de tipo ñadis (Donoso, 1981; Vidal y Premoli, 2004). Respecto de la distribución sur de la especie, ésta es más abundante, inclusive se encuentra creciendo en lugares húmedos de la Cordillera de la Costa, y en islas y archipiélagos hasta el Cabo de Hornos (Donoso *et al.*, 2006).

Crece de manera similar en Argentina, abarca desde la Cordillera de Los Andes hasta el Canal Beagle (Vidal y Premoli, 2004). Se distribuye en una amplia extensión, incluye sectores altos de la Cordillera de los Andes, sectores de ribera y hacia la estepa, y además domina los bosques altoandinos y de baja altura hacia la Patagonia y Tierra del Fuego (Veblen *et al.*, 1996).

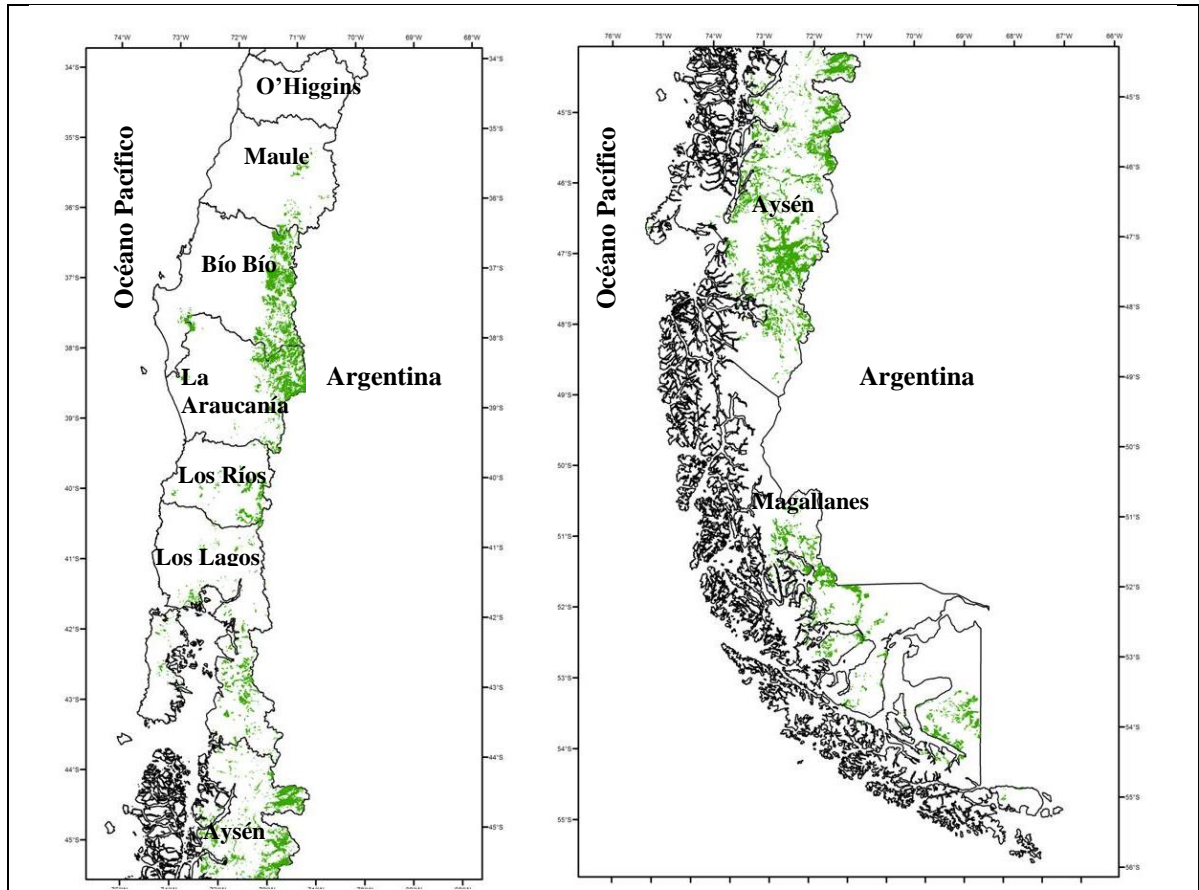


Figura 1. Distribución de la especie *Nothofagus antarctica* a lo largo de Chile.
Fuente: Modificado de Corporación Nacional Forestal (CONAF) *et al.*, 1999.

1.3.2 Ecología de la especie

La especie puede habitar en diferentes condiciones de sitio, debido a que manifiesta gran tolerancia al estrés hídrico y a la sequía (Steinke *et al.*, 2008; Piper y Zuñiga, 2012). Se distinguen diferentes morfotipos, en primer lugar, el matorral achaparrado de troncos retorcidos y lento crecimiento, luego el arborescente, que puede alcanzar 15 m de altura y se desarrolla en condiciones óptimas y el camefítico de menor tamaño y asociado a turberas, cuyas condiciones de suelo son de elevado contenido de materia orgánica y excesiva humedad (Mc Queen, 1976; Ramírez *et al.*, 1985; Donoso, 1993).

La fase de regeneración incluye árboles hasta los 20 años de edad, posterior a esta, la fase de crecimiento óptimo abarca desde los 20 años en adelante, y alcanza la senescencia entre los 80 y los 120 años (Veblen *et al.*, 1996; Peri y Ormaechea, 2013). Se desconoce su edad de inicio de floración y producción de frutos (Donoso *et al.*, 2006). En cuanto a las semillas, las de mayor peso son transportadas por gravedad y agua, mientras que las livianas son transportadas por el viento, pero suelen ser las menos viables (Peri *et al.*, 2013). Según Bahamonde *et al.* (2011) la especie tiende a producir más semillas en sitios de mejor calidad, bajo las condiciones de altura arbórea entre 10 y 12 metros. La viabilidad de las semillas y la capacidad de germinación son bajas, además el efecto de la herbivoría y

el ramoneo dificulta el establecimiento de la regeneración en condiciones naturales, o bien, la ausencia de disturbios repercute en un bajo porcentaje de regeneración natural a partir de semillas (Mc Queen, 1976; Premoli, 1991; Donoso *et al.*, 2006; Peri y Ormaechea, 2013). La germinación de semillas es variable, la que no supera el 12%, al mismo tiempo se ha documentado que la supervivencia de plantas regeneradas naturalmente de semillas es nula después de cinco años (Bahamonde *et al.*, 2011).

La supervivencia de *N. antarctica* depende fundamentalmente de la reproducción vegetativa, rebrotando principalmente desde el tocón y la raíz y parcialmente de ramas enterradas (Mc Queen, 1976; Veblen *et al.*, 1996; Salinas *et al.*, 2017). La ocurrencia de incendios forestales induce al rebrote masivo como respuesta resiliente de *N. antarctica*, siendo considerada como una especie colonizadora post-fuego, y rebrota en menor cantidad, por la mortalidad a causa de la senescencia (Stecconi *et al.*, 2000; Vidal y Premoli, 2004; Donoso *et al.*, 2006; Premoli y Steinke 2008).

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Caracterizar y evaluar el rebrote de tocón de árboles de *Nothofagus antarctica* en bosques de la Patagonia chilena.

1.4.2 Objetivos específicos

- Caracterizar dendrométricamente los rebrotes de tocón de *N. antarctica*, considerando las distintas alturas de corte aplicadas a los árboles.
- Cuantificar y evaluar la relación entre la densidad, crecimiento y biomasa acumulada del rebrote respecto a la altura de corte y la edad de los ejemplares intervenidos.

2. MATERIAL Y MÉTODO

2.1 Material

Las áreas de estudio corresponden a dos bosques de *Nothofagus antarctica* pertenecientes a la Patagonia chilena. Valle California (43°40'S, 71°43'W; 670 m.s.n.m.) se encuentra en la Provincia de Palena, Región de Los Lagos. El bosque del sector de Balmaceda (45°50' S, 71°47' W; 615 m.s.n.m.) se ubica en la Provincia Coyhaique, Región Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo (Figura 2).

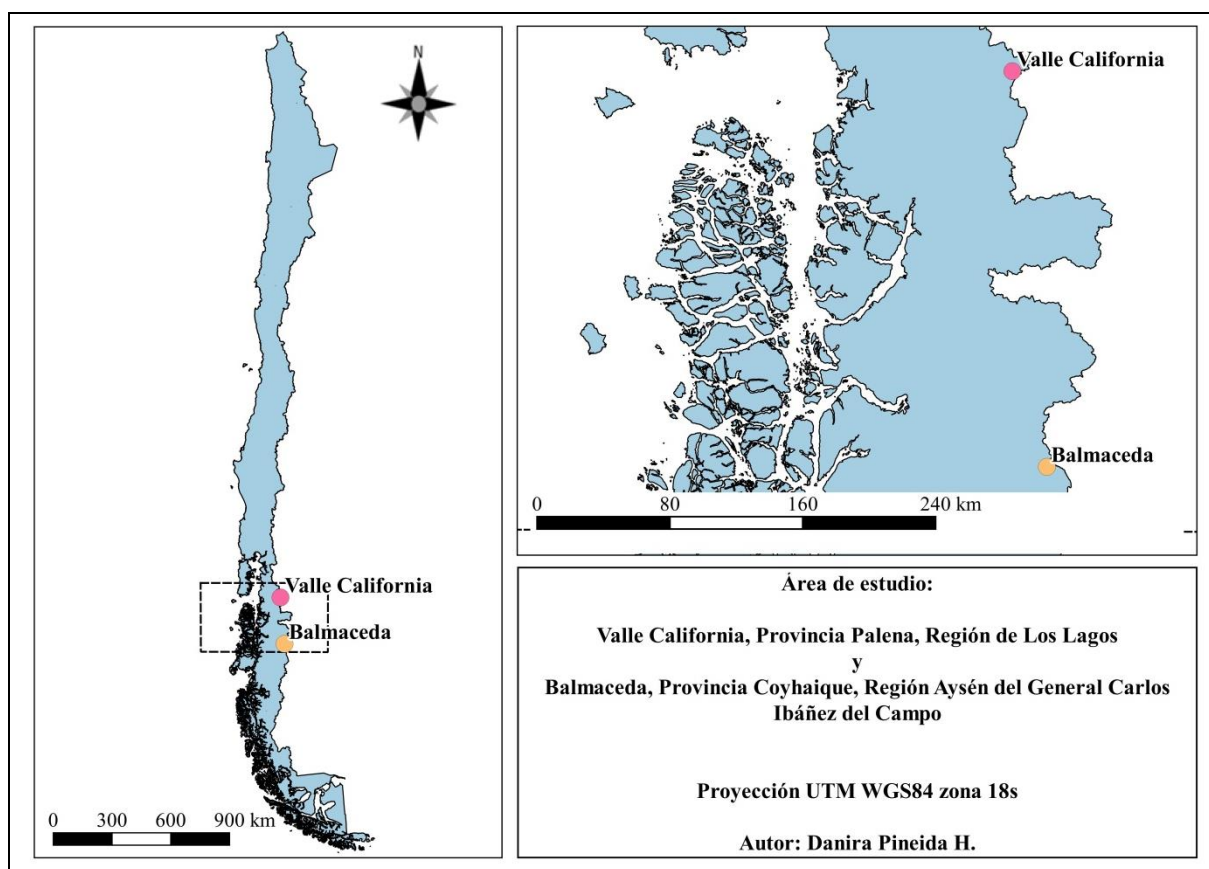


Figura 2. Mapa de Chile y del área norte de la Patagonia chilena, donde se ubican las áreas de estudio en Valle California y Balmaceda.

En cuanto al clima, de acuerdo a Uribe *et al.* (2012) ambos sitios se insertan en la región bioclimática templado lluviosa. Valle California se presenta en una condición de Influencia mediterránea, en tanto, Balmaceda se encuentra en la variedad Continental trasandino con degeneración esteparia. La primera posee precipitaciones medias anuales superiores a los 2.000 mm, con una temperatura mínima anual del aire entre 0 y 5 °C y la temperatura máxima anual fluctúa entre 11 y 17 °C., la segunda presenta precipitaciones inferiores, entre 200 y 1.000 mm, con una temperatura mínima anual menor a 0 °C y una temperatura máxima media anual menor a 5 °C.

La geomorfología de ambos sitios fue moldeada por una intensa actividad glacial (Schlatter, 1979; Peralta, 1980). En el sitio de Valle California la geomorfología corresponde a un valle de 10 km de longitud, sobre el que existe una capa de depósitos volcánicos, y se caracteriza por presentar suelos poco profundos de tipo andisoles (Peralta, 1980; Donoso *et al.*, 2006). En Balmaceda se presenta un relieve plano con suaves lomajes, con suelos fértiles de origen volcánico caracterizados por terrazas y sectores de suelos pantanosos (“mallín”) (Instituto de Datos Geoespaciales (IDE), 2005; Donoso *et al.*, 2006).

Desde un punto de vista fitoecológico estos bosques se encuentran en la formación vegetacional del bosque caducifolio de Aysén, que se caracteriza por tener como especie dominante *N. antarctica* y destacando entre las especies acompañantes *Berberis buxifolia*, *Blechnum penna-marina* y *Holcus lanatus* (Gajardo, 1994). Además, son parcialmente homogéneos, crecen afectados por un amplio gradiente de precipitaciones de este a oeste y en un marcado relieve con diferentes altitudes (Gajardo, 1994).

Las áreas de estudio corresponden a bosques dominados por *N. antarctica*, los cuales han sufrido de degradación debido a que han sido afectados por incendios y la extracción de leña sin criterio o manejo, además del pastoreo por ganado (Promis *et al.*, 2015). La presencia de árboles plurifustales de *N. antarctica* sirve de evidencia del rebrote por causa de cortas antiguas o incendios pasados (Promis *et al.*, 2015).

En Valle California los árboles presentaban menor diámetro a la altura del pecho (DAP, 130 cm) que en Balmaceda, mientras que la altura de los árboles fluctuó entre 7 y 10 m en Valle California y Balmaceda, respectivamente. La densidad del bosque original es mayor en Valle California, conteniendo casi 3 veces la densidad de árboles en Balmaceda. El área basal de los árboles osciló entre 26 y 48 m²/ha en cada sitio respectivo. La edad de los árboles tiene mayor rango en Valle California, comparado con Balmaceda, esto involucra la etapa juvenil hacia el estado maduro del ñirre (Cuadro 1).

En cuanto a la fase de desarrollo del árbol, en ambos sitios la mayoría de los árboles se encontraban en envejecimiento. Mientras que el estado de vigor de la copa de los árboles, en Valle California fue entre poco vigorosa (25% a 50% de la copa está seca) y decrepita (más del 50% de la copa está seca), en Balmaceda se presentó mayoritariamente como copa poco vigorosa. En términos de sanidad del árbol en general los individuos presentaban defectos generalizados en ambos bosques (Promis *et al.*, 2015).

Cuadro 1. Características de los bosques de *Nothofagus antarctica* seleccionados para este estudio. Los valores corresponden a la media \pm el error estándar y el rango de los datos.

Características Principales	Área de estudio	
	Valle California	Balmaceda
DAP (cm)	10,9 (\pm 2,7)	18,5 (\pm 10,7)
	7,0 - 24,0	8,0 - 70,0
Altura (m)	5,2 (\pm 0,1)	7,8 (\pm 0,2)
	3,4 - 7,3	4 - 10,8
Densidad (árboles/ha)	1.225	458
	40 - 1.660	160 - 940
Área basal (m ² /ha)	17,8	24,7
	2,0 - 26,9	6,7 - 48,4
Edad (años)	62,1 (\pm 1,7)	46,6 (\pm 1,3)
	12 - 89	26 - 81

Fuente: Promis *et al.*, 2015.

2.2 Método

2.2.1 Selección de individuos, caracterización y aplicación de tratamientos de corta

Para la realización del estudio se seleccionaron 124 representantes del morfotipo arbóreo de la especie, abarcando todas las clases diamétricas existentes en cada uno de los bosques estudiados. Previo a la intervención, a los árboles seleccionados se midió el DAT (diámetro a la altura de tocón), DAP (diámetro a la altura del pecho), altura de corta, estado de desarrollo y sanidad en general del árbol (con categorías de sano, defectos locales, defectos generalizados y muy defectuoso).

En las dos situaciones estudiadas se aplicaron tres tratamientos de corta durante enero y febrero del año 2015. Se consideraron distintas alturas de corta: árboles talados a un nivel cercano al suelo (3 cm, T3), a 30 cm de altura (T30) y a 100 cm de altura (T100). En Valle California se cortaron 20, 19 y 22 árboles, de los respectivos tratamientos (N = 61). En cambio, en Balmaceda los tratamientos de corta se distribuyeron en 21, 22 y 20 árboles, respectivamente (N = 63). Se extrajo una rodela de la base del corte, con cual se estimó la edad al momento de la corta de cada uno de los ejemplares mediante el conteo de anillos de crecimiento. Cada uno de los árboles fue marcado para su posterior registro de rebrote.

2.2.2 Análisis de supervivencia, crecimiento y biomasa acumulada de los rebrotes de tocón

Para analizar la supervivencia y crecimiento de los rebrotes de *N. antarctica*, en marzo del año 2017, luego de dos años desde la aplicación de los tratamientos de corta, se efectuó un monitoreo de la respuesta de los tocones marcados en cada uno de los bosques. Se contaron los rebrotes, se midió el DAC (diámetro altura cuello o inserción de brote con el fuste) y la longitud de los diez vástagos más largos de cada uno de los tocones. Además, se colectó el rebrote de mayor tamaño de cada tocón o cepa viva para efectuar una estimación de la acumulación en biomasa y medir el área foliar específica. Se cortaron 51 rebrotes provenientes del bosque de Valle California y 38 de Balmaceda.

La biomasa del rebrote de tocón extraído desde terreno se separó en tres componentes: tallo, ramas y hojas. Cada uno de estos componentes fue almacenado y luego secado en una estufa de aire forzado a 70 °C, hasta alcanzar un peso constante. Posteriormente la biomasa se pesó en una balanza digital con lo que se obtuvo la biomasa acumulada por componente y total del rebrote.

2.2.3 Análisis de respuesta de área foliar específica de los rebrotes de tocón

Para el cálculo del área foliar específica (SLA) de cada rebrote (ecuación 1) se procedió a calcular el área foliar y el peso de las hojas. Una vez separado el componente hoja de cada rebrote colectado, se seleccionó una muestra de diez hojas por rebrote, excepto para aquellos con menos de esta cantidad. Las que debían estar en buen estado sanitario y con su lámina expandida y completa. Se descartaron las hojas con signos de herbivoría o ataque de patógenos, de acuerdo al protocolo establecido por Pérez-Harguindeguy *et al.* (2016). En la medición se consideró la lámina y el pecíolo como parte de la hoja.

Las hojas fueron escaneadas con una resolución de 600 dpi y procesadas con el programa ImageJ, obteniendo el área foliar de la muestra (cm²). Posteriormente, se secaron en una estufa de aire forzado y se pesaron en una balanza digital, obteniendo el peso seco de la muestra (g).

$$SLA (cm^2/g) = \frac{\text{Área foliar (cm}^2\text{)}}{\text{Peso de la muestra (g)}} \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde el SLA corresponde al área foliar específica del rebrote de tocón.

2.2.4 Análisis estadístico y evaluación de la respuesta en los rebrotes de tocón

Efecto de la altura de corte en la respuesta vegetativa

La caracterización y comparación de la respuesta de los rebrotes entre tratamientos de corta se efectuó con estadísticas descriptivas para cada bosque, específicamente, para la densidad de rebrotes, longitud y diámetro basal de los diez brotes más largos, longitud y diámetro basal del rebrote de mayor tamaño por tocón, la biomasa total por rebrote y biomasa acumulada por componentes (tallo, ramas y hojas) del brote más largo. Se elaboraron diagramas de caja (boxplot) para representar la distribución de frecuencias, la mediana y los valores extremos.

Se realizaron análisis estadísticos para estudiar diferencias entre la densidad, longitud, diámetro basal, biomasa acumulada y área foliar específica entre las distintas alturas de corta de los árboles intervenidos. Se verificó el cumplimiento de los supuestos de normalidad, mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov, y la homocedasticidad de varianza, según el estadístico de Levene. Debido a que la mayoría de las variables en el estudio no cumplían los supuestos, para evaluar la diferencia de la respuesta entre los tratamientos de corta, estas se trabajaron como variables no paramétricas. Por ello se realizó, en primer lugar, la prueba H de Kruskal-Wallis y, en el caso de haber diferencias significativas se efectuó la prueba U de Mann-Whitney, para verificar las diferencias de la respuesta del rebrote entre tratamientos de corta (Sokal y Rohlf, 2012).

Efecto de la edad de árboles en la respuesta vegetativa

Para estimar la relación entre la edad, o bien, el número de anillos de crecimiento, diámetro a la altura del pecho (DAP, 130 cm), diámetro a la altura del tocón (DAT, 30cm) de los árboles (al momento de la aplicación del tratamiento de corta) y la respuesta del rebrote en densidad, diámetro basal (DAC), longitud y biomasa acumulada, se efectuó un análisis de regresión lineal múltiple, en el que la cantidad de anillos de crecimiento, DAP y DAT se consideraron como variables independientes. Cabe mencionar que estos modelos se construyeron individualmente para cada tratamiento de corta aplicado y bosque en estudio, utilizando tanto la base de datos construida, como aquella con los datos transformados a logaritmo natural.

Se consideró como mejor modelo aquel que presentó la mayor significancia estadística ($P < 0,05$) y, además tuvo el mayor R^2 y el menor error cuadrático medio.

A base de lo anterior, se evaluó el efecto del tratamiento de corta y la edad de los árboles sobre la capacidad de rebrote de tocón en los bosques de *N. antarctica*.

3. RESULTADOS

3.1 Características dendrométricas de los rebrotes de tocón

3.1.1 Supervivencia de los rebrotes de tocón

Pasados dos años de la intervención en los bosques de *N. antarctica*, la supervivencia de tocones con rebrotes es mayor en Valle California (83,6%) que en Balmaceda (60,3%). Al analizar el comportamiento de los tratamientos de corta, todos manifiestan al menos, un tocón sin rebrotes (Cuadro 2).

Cuadro 2. Registro de supervivencia, mortalidad y afectación por ramoneo de los tocones luego de dos años de la aplicación de los tratamientos de corta (3 cm, 30 cm y 100 cm sobre el nivel del suelo) en los bosques de *Nothofagus antarctica* de Valle California y Balmaceda.

Tratamiento de corta	Tocones estudiados	Tocones con rebrote (2017)	Tocones sin rebrote (2017)	Supervivencia (%)	Tocones afectados por ramoneo (%)
Valle California					
3 cm	20	13	7	65,0	0,0
30 cm	19	18	1	94,7	5,3
100 cm	22	20	2	90,9	0,0
Total	61	51	10	83,6	1,6
Balmaceda					
3 cm	21	10	11	47,6	9,5
30 cm	22	13	9	59,1	18,2
100 cm	20	15	5	75,0	15,0
Total	63	38	25	60,3	14,3
Total general	124	89	35	71,8	8,0

La mayor supervivencia de tocones se encuentra en Valle California en tocones cortados a 30 cm sobre el suelo, mientras que en Balmaceda en aquellos cortados a 100 cm sobre el suelo, y la menor supervivencia en ambos sitios ocurre en tocones cortados a 3 cm sobre el nivel del suelo.

El daño por ramoneo es leve en ambos sectores con 1,6% y 14,3% de los tocones mostrando signos en los rebrotes, en Valle California y Balmaceda, respectivamente (Cuadro 2). Los rebrotes más afectados en ambos bosques fueron registrados en los tocones intervenidos a 30 cm sobre el nivel del suelo.

La tasa de supervivencia de los rebrotes marcados inicialmente (marzo 2016) permite establecer la tasa de mortalidad, donde el mayor porcentaje se observa en rebrotes inducidos por el tratamiento de corta a 3 cm del suelo en Valle California, y a 30 cm en Balmaceda (Cuadro 3).

Cuadro 3. Tasa de supervivencia, mortalidad y afectación por ramoneo de los rebrotes inducidos luego de dos años de la aplicación de los tratamientos de corta (3 cm, 30 cm y 100 cm sobre el nivel del suelo) en los bosques de *Nothofagus antarctica* de Valle California y Balmaceda.

Tratamiento de corta	Tocones en estudio	Rebrotes marcados inicialmente	Rebrotes antiguos (2 años)	Supervivencia de rebrotes al 2 ^{do} año (%)	Mortalidad de rebrotes al 2 ^{do} año (%)	Rebrotes afectados por ramoneo (%)
Valle California						
3 cm	20	98	19	19,4	80,6	0,0
30 cm	19	177	45	25,4	74,6	1,4
100 cm	22	198	116	58,6	41,4	0,0
Total	61	473	180	38,1	61,9	0,5
Balmaceda						
3 cm	21	78	12	15,4	84,6	4,5
30 cm	22	160	3	1,9	98,1	3,0
100 cm	20	146	22	15,1	84,9	1,4
Total	63	384	37	9,6	90,4	2,7
Total general	124	857	217	25,3	74,7	1,5

3.1.2 Densidad de rebrotes

La respuesta en densidad de rebrotes, luego de dos años de aplicados los tratamientos de corta en los bosques de *N. antarctica*, muestra diferencias significativas entre los tratamientos de corta aplicados en Valle California ($P < 0,05$), mientras que en el bosque de Balmaceda no se perciben. En Valle California, se observa que los tocones que presentan mayor cantidad de rebrotes fueron aquellos intervenidos a 30 cm y 100 cm sobre el suelo, mientras que la respuesta más débil en densidad de rebrotes de tocón se observa en tocones intervenidos a 3 cm (Figura 3).

En Valle California la densidad de rebrotes oscila entre 7 - 116; 21 - 193 y 18 - 327 rebrotes para T3, T30 y T100, respectivamente. La mayor densidad de rebrotes de tocón en promedio se observa en aquellos cortados con T100 (108,3 rebrotes/tocón) y luego con T30 (91,6 rebrotes/tocón), siendo ambos mayores estadísticamente que la respuesta promedio generada en los tocones intervenidos con T3 (47,2 rebrotes/tocón), las densidades inducidas con T30 y T100 corresponden a dos veces la respuesta que se induce con T3 (Figura 3a y Cuadro I.1 en apéndice I).

En cuanto al bosque de Balmaceda, la cantidad de rebrotes de tocón varía entre 4 - 89; 2 - 191 y 11 - 353 rebrotes para los tratamientos de corta respectivos. Aunque no hay diferencias significativas entre los tratamientos de corta, la mayor densidad de rebrotes se encuentra en aquellos cortados a 100 cm sobre el suelo (94,7 rebrotes/tocón) y menor en aquellos cortados a 3 cm sobre el suelo (39,3 rebrotes/tocón) (Figura 3b y Cuadro I.2 en apéndice I).

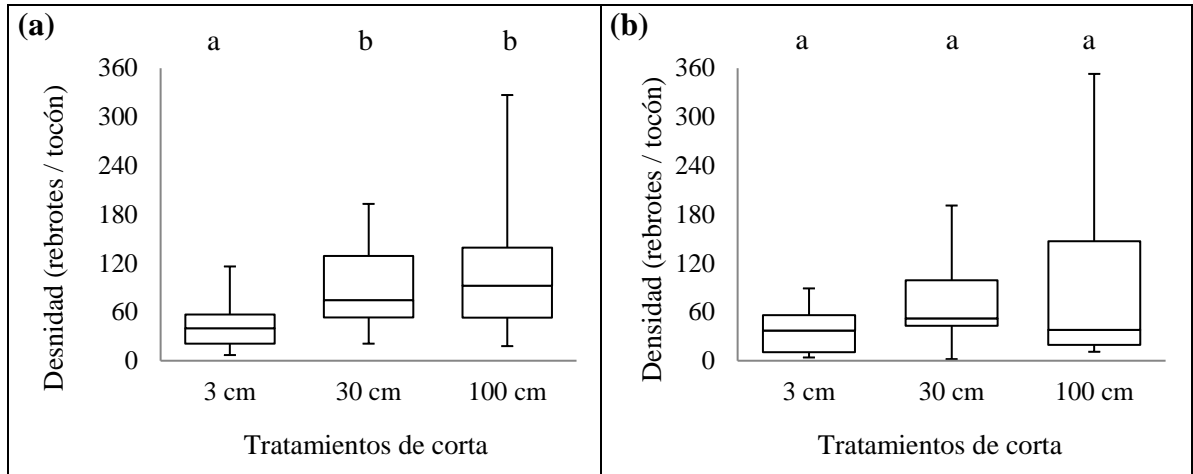


Figura 3. Diagrama de cajas para la densidad de rebrotes de tocón luego de dos años de aplicados los tratamiento de corta (3 cm, 30 cm y 100 cm del suelo) en bosques de *Nothofagus antarctica* en (a) Valle California y (b) Balmaceda. Las cajas representan el rango de distribución de los datos por árbol intervenido. Se extienden hasta los valores mínimo y máximo y en su interior se encuentra la mediana. Letras distintas señalan diferencias significativas entre tratamientos de corta aplicados ($P < 0,05$).

Los rebrotes resultan mayoritariamente adventicios para ambos sitios. En cambio, los rebrotes de raíz y cambium (epicórnico) emergen en menor cantidad, presentan una gran diferencia con respecto a los primeros (Cuadro 4).

Cuadro 4. Origen de rebrotes promovidos por los tratamientos de corta (3 cm, 30 cm y 100 cm sobre el suelo), luego de dos años, en los bosques de *Nothofagus antarctica* en Valle California y Balmaceda. Los valores corresponden a la media \pm el error estándar.

Tratamiento de corta	Origen de los rebrotes		
	Epicórnico	Raíces	Adventicio
Valle California			
3 cm	0,0 (\pm 0,0)	0,4 (\pm 1,6)	46,6 (\pm 38,6)
30 cm	0,0 (\pm 0,0)	2,5 (\pm 9,5)	84,3 (\pm 54,2)
100 cm	0,0 (\pm 0,0)	0,0 (\pm 0,2)	98,4 (\pm 79,4)
Total	0,0 (\pm 0,0)	0,9 (\pm 5,4)	71,7 (\pm 66,7)
Balmaceda			
3 cm	0,2 (\pm 0,9)	1,7 (\pm 6,4)	16,9 (\pm 25,8)
30 cm	0,0 (\pm 0,0)	1,0 (\pm 2,7)	42,9 (\pm 54,4)
100 cm	0,0 (\pm 0,0)	0,1 (\pm 0,2)	71,0 (\pm 96,9)
Total	0,1 (\pm 0,5)	0,9 (\pm 4,0)	43,1 (\pm 67,7)
Total general	0,0 (\pm 0,4)	0,9 (\pm 4,7)	57,2 (\pm 68,4)

Incluye tocones que presentaron rebrotes y aquellos que no ($N=124$).

3.1.3 Diámetro basal (DAC) promedio de los rebrotes de tocón

La respuesta en diámetro basal (DAC) promedio de los rebrotes de tocón, basado en la medición realizada a los diez vástagos más largos de cada tocón luego de dos años de ser intervenidos, demuestra diferencias significativas entre los tratamientos de corta aplicados en el bosque de Valle California ($P < 0,05$), a diferencia del bosque en Balmaceda donde no se perciben. En relación al primer bosque, aquellos tocones que muestran mayor DAC promedio fueron intervenidos con el tratamiento de corta a 100 cm del suelo. Mientras que la menor respuesta ocurre en tocones cortados a 3 cm del suelo (Figura 4).

En el bosque de *N. antarctica* de Valle California el DAC promedio de los rebrotes más grandes fluctúa entre 1,6 - 7,3 mm; 2,7 - 12,9 mm y 3,8 - 18,5 mm para T3, T30 y T100, respectivamente. El mayor DAC en promedio se observa en tocones cortados con T100 (6,9 mm), siendo mayor estadísticamente que la respuesta inducida por los árboles cortados con T30 (5,5 mm) y T3 (4,0 mm), conteniéndolos una y dos veces, respectivamente (Figura 4a y Cuadro I.3 en apéndice I).

Respecto al bosque de Balmaceda, el DAC promedio de los rebrotes más grandes por tocón oscila entre 1,6 - 3,9 mm; 1,9 - 5,7 mm y 0,9 - 7,7 mm para los tratamientos de corta respectivos. Aunque no hay diferencias significativas entre los tratamientos de corta, el mayor DAC en promedio se presenta en los tocones intervenidos a 30 cm sobre el suelo (3,7 mm) y menor en aquellos cortados a 3 cm sobre el suelo (2,6 mm) (Figura 4b y Cuadro I.4 en apéndice I).

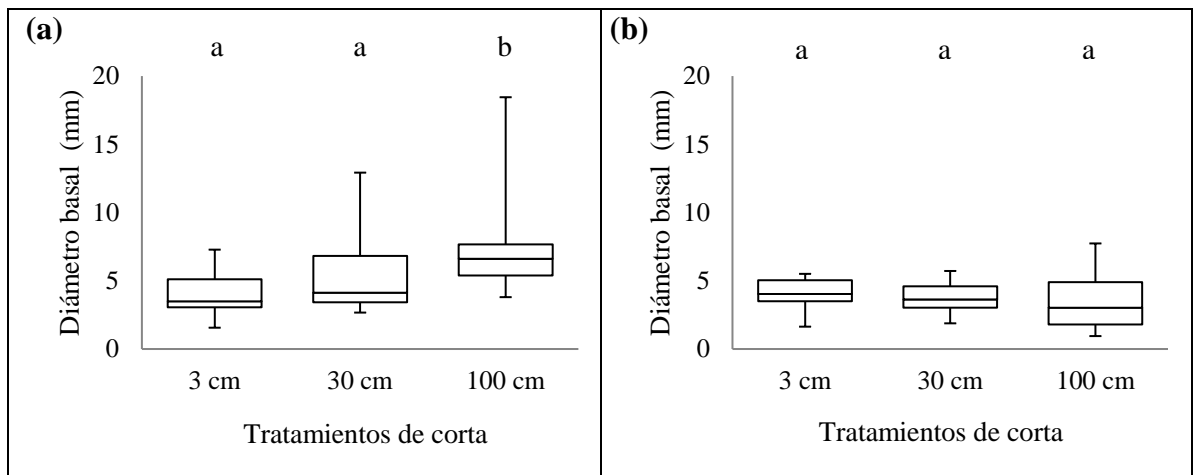


Figura 4. Diagrama de cajas para el diámetro basal promedio (mm) de los diez rebrotes más largos de tocón luego de dos años de aplicados los tratamiento de corta (3 cm, 30 cm y 100 cm del suelo) en bosques de *Nothofagus antarctica* en (a) Valle California y (b) Balmaceda. Las cajas representan el rango de distribución de los datos por árbol intervenido. Se extienden hasta los valores mínimo y máximo y en su interior se encuentra la mediana. Letras distintas señalan diferencias significativas entre tratamientos de corta aplicados ($P < 0,05$).

3.1.4 Longitud promedio de los rebrotes de tocón

La respuesta en longitud del rebrote de tocón promedio, basado en la medición realizada a los diez vástagos más largos de los tocones de *N. antarctica*, señala diferencias significativas entre los tratamientos de corta aplicados en el bosque de Valle California ($P < 0,05$), a diferencia de lo que ocurre en el bosque de Balmaceda donde no se perciben. En el bosque de Valle California, la máxima longitud promedio ocurre en tocones intervenidos a 100 cm sobre el suelo, mientras que la menor respuesta se presenta en tocones cortados a 3 cm (Figura 5).

En el área de estudio de Valle California la longitud promedio de los rebrotes más grandes fluctúa entre 29,4 - 94,0 cm; 31,9 - 125,6 cm y 41,9 - 107,7 cm para los tratamientos respectivos. La mayor longitud en promedio se presenta en tocones cortados con T100 (68,7 cm), luego con T30 (68,6 cm) y con T3 (51,5 cm), con diferencias significativas entre las respuestas a T3 y T100, donde la respuesta a T100 contiene una vez la respuesta inducida por T3 (Figura 5a y Cuadro I.5 en apéndice I).

Respecto al bosque de Balmaceda, la longitud promedio de los rebrotes más grandes por tocón varía entre 10,3 - 64,2 cm; 17,2 - 75,6 cm y 6,9 - 92,5 cm para los tratamientos de corta respectivos. Aunque no hay diferencias significativas entre los tratamientos de corta, la mayor longitud en promedio se encuentra en los tocones intervenidos a 30 cm sobre el suelo (48,7 cm) y menor en aquellos intervenidos a 3 cm sobre el suelo (32,9 cm) (Figura 5b y Cuadro I.6 en apéndice I).

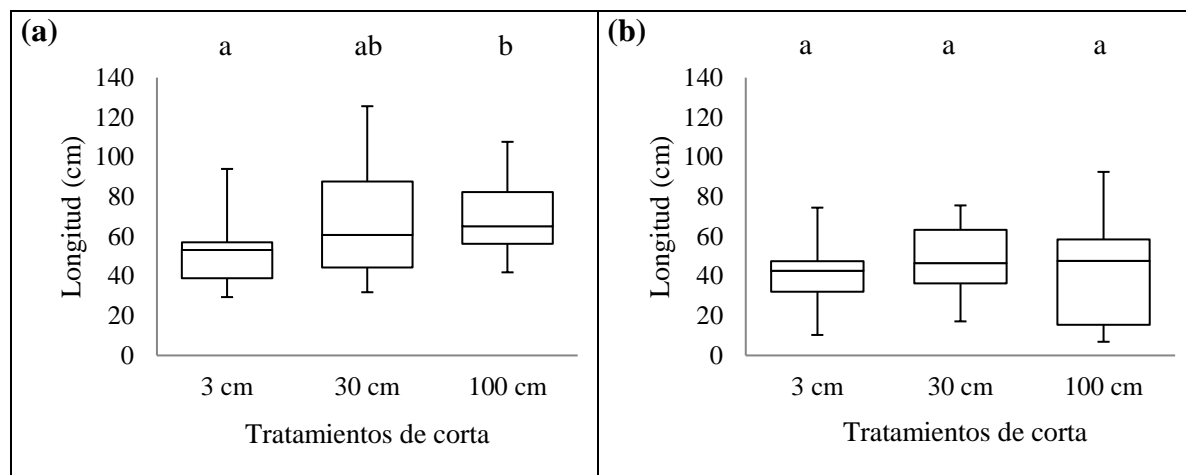


Figura 5. Diagrama de cajas para la longitud promedio (cm) de los diez rebrotes más largos de tocón luego de dos años de aplicados los tratamiento de corta (3 cm, 30 cm y 100 cm del suelo) en bosques de *Nothofagus antarctica* en (a) Valle California y (b) Balmaceda. Las cajas representan el rango de distribución de los datos por árbol intervenido. Se extienden hasta los valores mínimo y máximo y en su interior se encuentra la mediana. Letras distintas señalan diferencias significativas entre tratamientos de corta aplicados ($P < 0,05$).

3.1.5 DAC del rebrote de tocón de mayor tamaño

La respuesta en diámetro basal o diámetro a la altura del cuello (DAC), basado en la medición al rebrote de mayor tamaño de cada tocón, muestra diferencias significativas entre los tratamientos de corta aplicados en los bosques de *N. antarctica* ($P < 0,05$). Respecto al bosque de Valle California, los tocones que tienen mayor DAC son aquellos intervenidos con el tratamiento de corta a 100 cm del suelo, en tanto en Balmaceda el mayor DAC se presenta en tocones intervenidos con T30. Mientras que la respuesta más débil en DAC para ambos sitios se observa en tocones cortados a 3 cm de suelo (Figura 6).

En Valle California el DAC del rebrote de mayor tamaño fluctúa entre 2,5 - 7,7 mm; 3,5 - 15,7 mm y 4,5 - 27,8 mm para los tocones cortados con T3, T30 y T100, respectivamente. El mayor DAC en promedio se observa en los tocones cortados con T100 (10,3 mm), siendo mayor estadísticamente que los árboles cortados con T30 (6,8 mm) y T3 (5,0 mm), conteniéndolos a ambos casi dos veces (Figura 6a y Cuadro I.7 en apéndice I).

Respecto al bosque de Balmaceda, el DAC del rebrote de mayor tamaño por tocón varía entre 0,8 - 4,1 mm; 2,6 - 6,4 mm y 1,7 - 14,2 mm para los tratamientos de corta respectivos. En cuanto al mayor DAC en promedio se mide en los tocones cortados con T100 (4,9 mm), luego con T30 (4,5 mm) y con T3 (3,0 mm), con diferencias significativas entre las respuestas a T3 y T30, donde la respuesta a T30 contiene casi dos veces la respuesta inducida por T3 (Figura 6b y Cuadro I.8 en apéndice I).

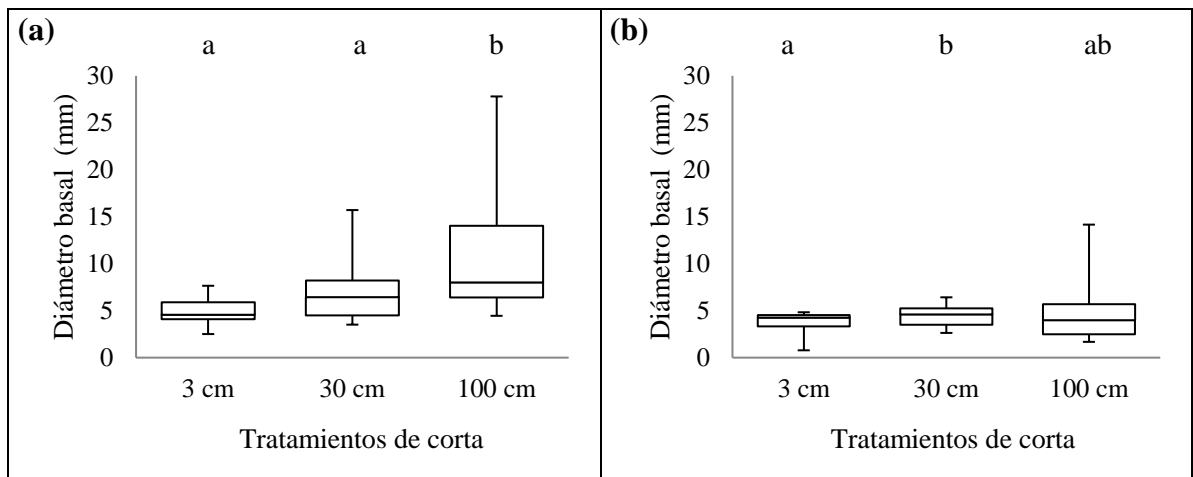


Figura 6. Diagrama de cajas para el diámetro basal (mm) del rebrote de mayor tamaño por tocón luego de dos años de aplicados los tratamiento de corta (3 cm, 30 cm y 100 cm del suelo) en bosques de *Nothofagus antarctica* en (a) Valle California y (b) Balmaceda. Las cajas representan el rango de distribución de los datos por árbol intervenido. Se extienden hasta los valores mínimo y máximo y en su interior se encuentra la mediana. Letras distintas señalan diferencias significativas entre tratamientos de corta aplicados ($P < 0,05$).

3.1.6 Longitud del rebrote de tocón de mayor tamaño

La respuesta en longitud del rebrote de tocón, basado en la medición al rebrote de mayor tamaño de cada tocón de *N. antarctica*, señala diferencias significativas entre los tratamientos de corta aplicados en el bosque de Valle California ($P < 0,05$), mientras que en el bosque de Balmaceda no se perciben. En cuanto a los valores máximos de longitud, en el bosque de Valle California ocurren en tocones cortados a 30 y 100 cm sobre el suelo, mientras que la mínima se observa en aquellos cortados a 3 cm (Figura 7).

En el bosque de Valle California la longitud oscila entre 29,6 - 111,8 cm; 50,1 - 130,2 cm y 54,3 - 142,8 cm para T3, T30 y T100, respectivamente. Además, la mayor longitud en promedio se encuentra en los tocones cortados con T100 (93,1 cm) y luego con T30 (86,9 cm), siendo ambos mayores estadísticamente que la respuesta promedio que se genera en los tocones intervenidos con T3 (63,0 cm), ambas respuestas contienen una vez la respuesta que se induce con T3 (Figura 7a y Cuadro I.9 en apéndice I).

En cuanto al bosque de Balmaceda, la longitud fluctúa entre 13,5 - 96,5 cm; 21,0 - 90,0 cm y 13,0 - 111,0 cm para los tratamientos de corta respectivos. Aunque no hay diferencias significativas entre los tratamientos, la mayor longitud en promedio se registra en los tocones intervenidos a 30 cm sobre el suelo (57,8 cm) y menor en aquellos cortados a 3 cm sobre el suelo (50,5 cm) (Figura 7b y Cuadro I.10 en apéndice I).

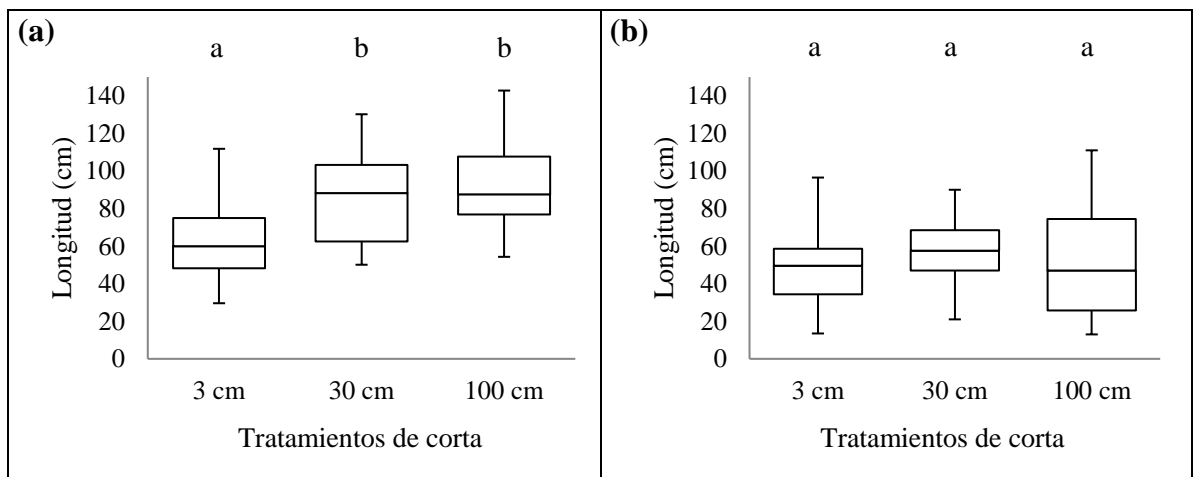


Figura 7. Diagrama de cajas para la longitud (cm) del rebrote de mayor tamaño por tocón luego de dos años de aplicados los tratamiento de corta (3 cm, 30 cm y 100 cm del suelo) en bosques de *Nothofagus antarctica* en (a) Valle California y (b) Balmaceda. Las cajas representan el rango de distribución de los datos por árbol intervenido. Se extienden hasta los valores mínimo y máximo y en su interior se encuentra la mediana. Letras distintas señalan diferencias significativas entre tratamientos de corta aplicados ($P < 0,05$).

3.1.7 Acumulación de biomasa total del rebrote más largo por tocón

La respuesta en acumulación de biomasa del rebrote de tocón muestra diferencias significativas entre los tratamientos de corta aplicados en el bosque de Valle California ($P < 0,05$), mientras que en el bosque de Balmaceda no se perciben. Además, en el primer bosque de *N. antarctica* se observa que los tocones que presentan mayor cantidad de biomasa acumulada son aquellos intervenidos con el tratamiento de corta a 100 cm del suelo, en cuanto a la menor acumulación se presenta con el tratamiento de corta a 3 cm del suelo (Figura 8).

En Valle California la acumulación de biomasa varía entre 0,9 - 26,0 g; 2,2 - 89,4 g y 4,5 - 398,8 g para T3, T30 y T100, respectivamente. Además, la mayor biomasa acumulada en promedio se observa en los tocones cortados con T100 (62,4 g/rebrote), siendo estadísticamente mayor que los árboles cortados con T30 (18,5 g/rebrote) y T3 (6,8 g/rebrote), conteniéndolos tres y casi nueve veces, respectivamente (Figura 8a y Cuadro I.11 en apéndice I).

En tanto en Balmaceda, la biomasa acumulada fluctúa entre 0,2 - 3,6 g; 0,4 - 8,7 g y 0,2 - 41,6 g para los tratamientos de corta respectivos. Aunque no hay diferencias significativas entre los tratamientos de corta, la mayor cantidad de biomasa acumulada en promedio se encuentra en los tocones intervenidos a 100 cm sobre el suelo (8,3 g/rebrote) y menor en aquellos cortados a 3 cm sobre el suelo (1,7 g/rebrote) (Figura 8b y Cuadro I.12 en apéndice I).

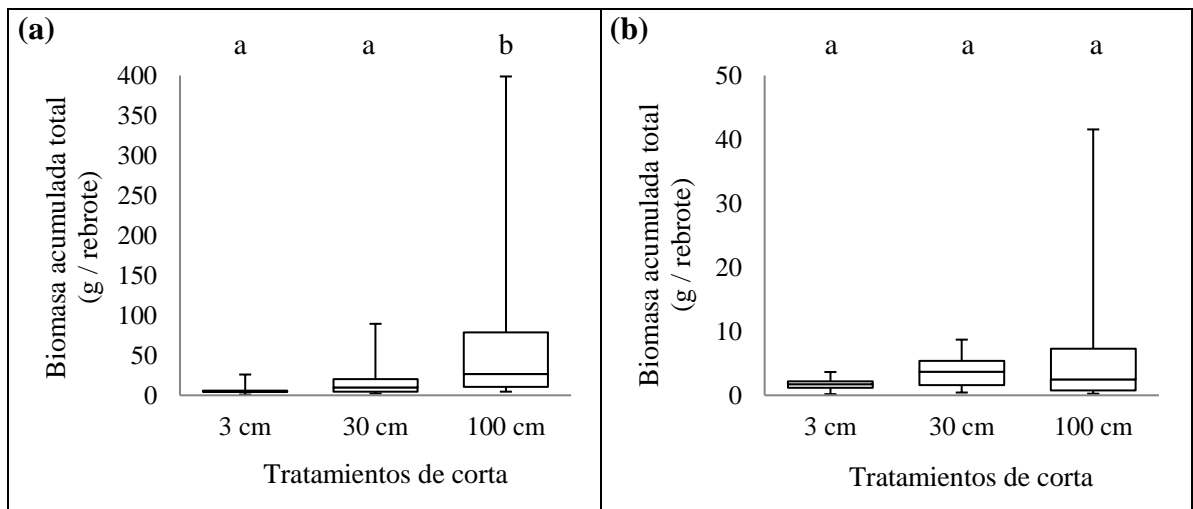


Figura 8. Diagrama de cajas para la biomasa acumulada total (g) del rebrote de mayor tamaño por tocón luego de dos años de aplicados los tratamiento de corta (3 cm, 30 cm y 100 cm del suelo) en bosques de *Nothofagus antarctica* en (a) Valle California y (b) Balmaceda. Las cajas representan el rango de distribución de los datos por árbol intervenido. Se extienden hasta los valores mínimo y máximo y en su interior se encuentra la mediana. Letras distintas señalan diferencias significativas entre tratamientos de corta aplicados ($P < 0,05$).

3.1.8 Acumulación de biomasa por componente del rebrote más largo por tocón

Componente tallo

La acumulación de biomasa en el tallo (eje principal del rebrote de tocón de mayor tamaño) muestra diferencias significativas entre los tratamientos de corta aplicados en Valle California ($P < 0,05$), mientras que en Balmaceda no se perciben. Además, en el primer bosque se observa que los tocones que presentan mayor biomasa acumulada en el componente tallo son aquellos cortados con los tratamientos de corta a 30 cm y 100 cm del suelo, en cuanto a la menor acumulación se presenta con el tratamiento de corta a 3 cm del suelo (Figura 9).

En Valle California la acumulación de biomasa en el tallo del rebrote de tocón oscila entre 0,2 - 12,5 g; 1,2 - 29,5 g y 1,2 - 113,9 g para T3, T30 y T100, respectivamente. Además, la mayor biomasa acumulada en el tallo en promedio se mide en los tocones cortados con T100 (20,0 g/rebrote) y luego con T30 (7,5 g/rebrote), siendo ambos mayores estadísticamente que los árboles cortados con T3 (2,8 g/rebrote), conteniendo siete y casi tres veces la respuesta a T3, respectivamente (Figura 9a y Cuadro I.13 en apéndice I).

En cuanto a Balmaceda, la biomasa del tallo varía entre 0,2 - 2,6 g; 0,3 - 4,9 g y 0,1 - 22,2 g para los tratamientos de corta respectivos. Aunque no hay diferencias significativas entre los tratamientos de corta, la mayor biomasa acumulada en el tallo en promedio se registra en los tocones intervenidos a 100 cm sobre el suelo (4,1 g/rebrote) y menor en aquellos cortados a 3 cm sobre el suelo (1,0 g/rebrote) (Figura 9b y Cuadro I.14 en apéndice I).

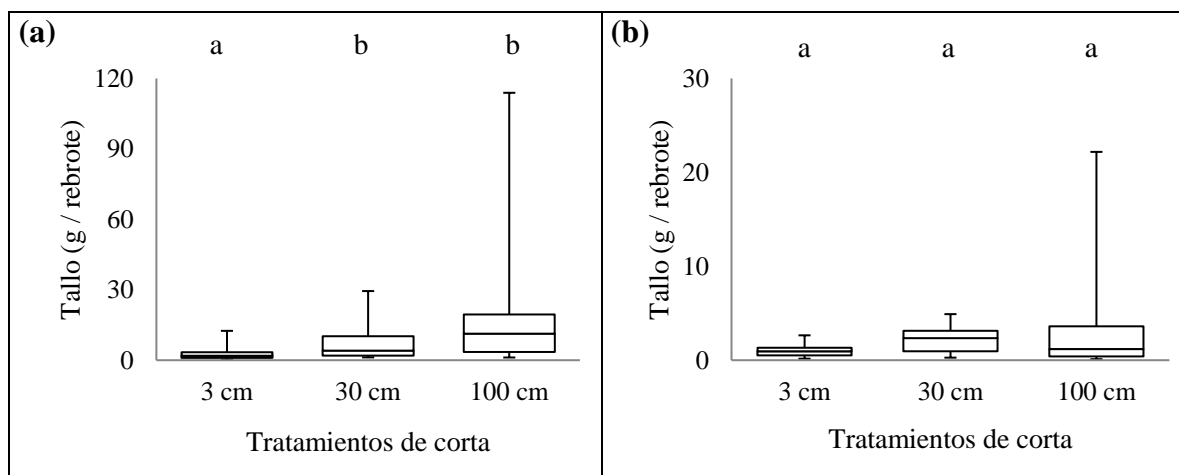


Figura 9. Diagrama de cajas para la biomasa acumulada del componente tallo (g) del rebrote de mayor tamaño por tocón luego de dos años de aplicados los tratamiento de corta (3 cm, 30 cm y 100 cm del suelo) en bosques de *Nothofagus antarctica* en (a) Valle California y (b) Balmaceda. Las cajas representan el rango de distribución de los datos por árbol intervenido. Se extienden hasta los valores mínimo y máximo y en su interior se encuentra la mediana. Letras distintas señalan diferencias significativas entre tratamientos de corta aplicados ($P < 0,05$).

Componente rama

La acumulación de biomasa en las ramas muestra diferencias significativas entre los tratamientos de corta aplicados en Valle California ($P < 0,05$), mientras que en Balmaceda no se perciben. Además, en las áreas de estudio se observa que los tocones que presentan mayor biomasa acumulada en el componente rama son aquellos cortados con el tratamiento de corta a 100 cm del suelo, en cuanto a la menor acumulación se presenta en tocones intervenidos a 3 cm del suelo (Figura 10).

En Valle California la acumulación de biomasa en las ramas del rebrote de tocón oscila entre 0,1 - 9,4 g; 0,5 - 54,1 g y 0,9 - 199,5 g para T3, T30 y T100, respectivamente. Además, la mayor biomasa acumulada en la rama en promedio se encuentra en los tocones cortados con T100 (28,4 g/rebrote), siendo mayor estadísticamente que los árboles cortados con T30 (7,8 g/rebrote) y T3 (2,3 g/rebrote), conteniéndolos casi cuatro y 12 veces, respectivamente (Figura 10a y Cuadro I.15 en apéndice I).

En cuanto a Balmaceda, la biomasa de las ramas varía entre 0,004 - 0,8 g; 0,02 - 2,2 g y 0,02 - 12,1 g para los tratamientos de corta respectivos. Aunque no hay diferencias significativas entre los tratamientos de corta, la mayor biomasa acumulada en las ramas en promedio se mide en los tocones intervenidos a 100 cm sobre el suelo (2,9 g/rebrote) y menor en aquellos cortados a 3 cm sobre el suelo (0,3 g/rebrote) (Figura 10b y Cuadro I.16 en apéndice I).

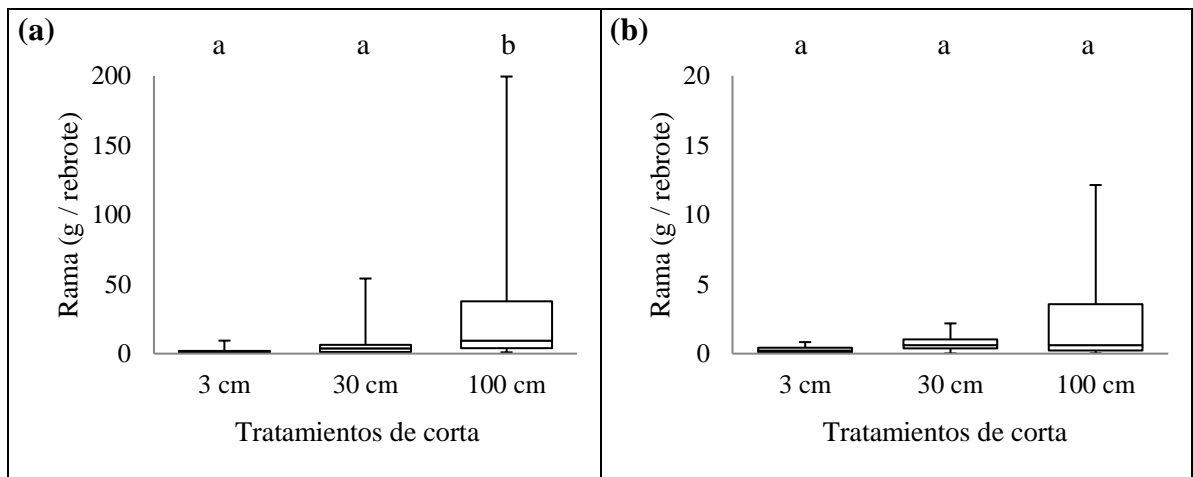


Figura 10. Diagrama de cajas para la biomasa acumulada del componente rama (g) del rebrote de mayor tamaño por tocón luego de dos años de aplicados los tratamiento de corta (3 cm, 30 cm y 100 cm del suelo) en bosques de *Nothofagus antarctica* en (a) Valle California y (b) Balmaceda. Las cajas representan el rango de distribución de los datos por árbol intervenido. Se extienden hasta los valores mínimo y máximo y en su interior se encuentra la mediana. Letras distintas señalan diferencias significativas entre tratamientos de corta aplicados ($P < 0,05$).

Componente hoja

La acumulación de biomasa en las hojas del rebrote de tocón de mayor tamaño en los bosques en estudio, muestra diferencias significativas entre los tratamientos de corta aplicados en Valle California ($P < 0,05$), mientras que en Balmaceda no se perciben. En el primer bosque se observa que los tocones que presentaron mayor biomasa acumulada en el componente hoja son aquellos cortados a 100 cm del suelo, en cuanto a la menor acumulación se presenta en tocones cortados a 3 cm del suelo (Figura 11).

En el bosque de Valle California la acumulación de biomasa en las hojas del rebrote de tocón varía entre 0,4 - 4,3 g; 0,5 - 16,3 g y 1,2 - 85,4 g para T3, T30 y T100, respectivamente. La mayor biomasa acumulada en hojas en promedio se presenta en los tocones cortados con T100 (14,0 g/rebrote), siendo mayor estadísticamente que los árboles cortados con T30 (3,6 g/rebrote) y T3 (1,7 g/rebrote), conteniéndolos casi cuatro y ocho veces, respectivamente (Figura 11a y Cuadro I.17 en apéndice I).

En cuanto a Balmaceda, la biomasa de las hojas oscila entre 0,02 - 0,8 g; 0,1 - 2,0 g y 0,1 - 7,3 g para los tratamientos de corta respectivos. Aunque no hay diferencias significativas entre los tratamientos de corta, la mayor biomasa acumulada en las hojas en promedio se registra en los tocones intervenidos a 100 cm sobre el suelo (1,7 g/rebrote) y menor en aquellos intervenidos a 3 cm sobre el suelo (0,5 g/rebrote) (Figura 11b y Cuadro I.18 en apéndice I).

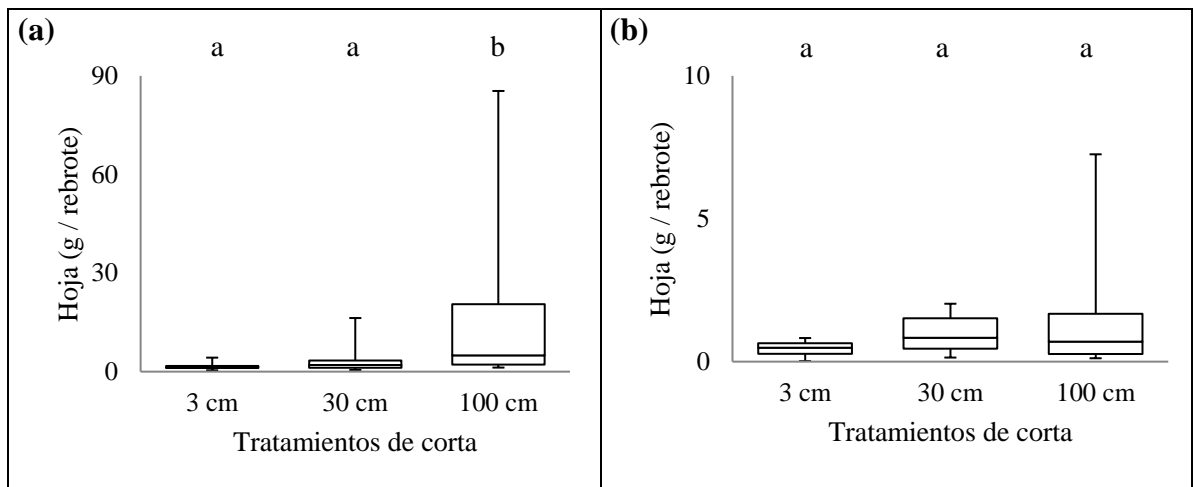


Figura 11. Diagrama de cajas para la biomasa acumulada del componente hoja (g) del rebrote de mayor tamaño por tocón luego de dos años de aplicados los tratamiento de corta (3 cm, 30 cm y 100 cm del suelo) en bosques de *Nothofagus antarctica* en (a) Valle California y (b) Balmaceda. Las cajas representan el rango de distribución de los datos por árbol intervenido. Se extienden hasta los valores mínimo y máximo y en su interior se encuentra la mediana. Letras distintas señalan diferencias significativas entre tratamientos de corta aplicados ($P < 0,05$).

3.1.9 Área foliar (AF) y área foliar específica (SLA) del rebrote de tocón

Área foliar (AF) del rebrote de tocón

La respuesta en el área foliar (AF) del rebrote de mayor tamaño de cada tocón en los bosques de *N. antarctica*, muestra diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los tratamientos de corta aplicados en el bosque de Valle California, en cambio en el bosque en Balmaceda no hay diferencias relevantes. Los tocones que presentan mayor AF en Valle California son aquellos intervenidos con T3, mientras que la menor respuesta ocurre en tocones intervenidos a 100 cm sobre el suelo (Figura 12).

En el bosque de *N. antarctica* de Valle California el AF del rebrote de tocón fluctúa entre 15,0 - 30,3 cm²; 10,1 - 36,3 cm² y 7,0 - 25,1 cm² para T3, T30 y T100, respectivamente. El mayor AF en promedio se encuentra en los tocones cortados con T3 (22,5 cm²), siendo mayor estadísticamente que la respuesta obtenida con T30 (18,2 cm²) y con T100 (14,1 cm²), conteniendo el comportamiento de ambos una vez (Figura 12a y Cuadro I.19 en apéndice I).

En cuanto a Balmaceda, el AF oscila entre 0,7 - 59,6 cm²; 10,8 - 57,6 cm² y 5,4 - 31,2 cm² para los tratamientos de corta respectivos. Aunque no hay diferencias significativas entre los tratamientos de corta, el mayor AF en promedio se encuentra en los tocones intervenidos a 30 cm sobre el suelo (28,1 cm²) y menor en aquellos cortados a 100 cm sobre el suelo (19,3 cm²) (Figura 12b y Cuadro I.20 en apéndice I).

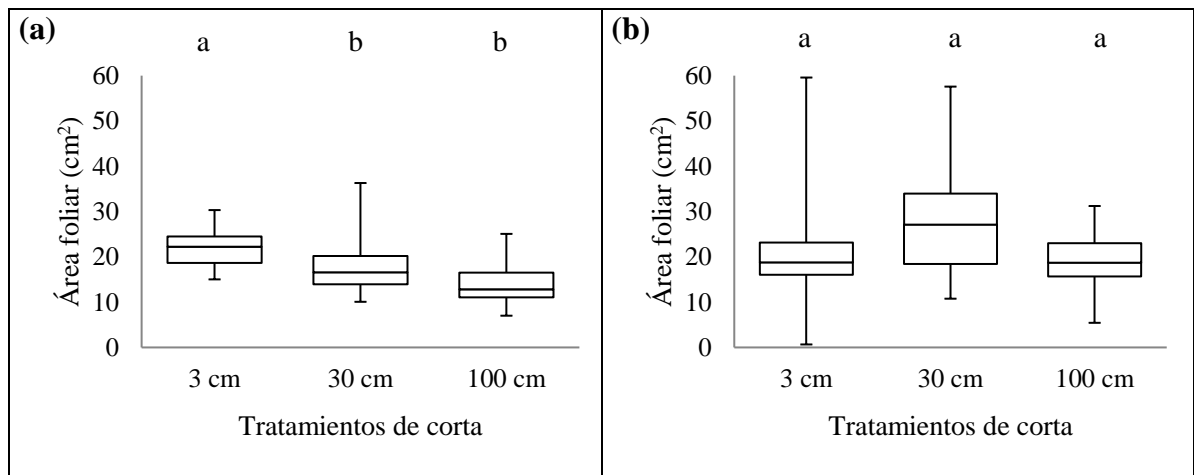


Figura 12. Diagrama de cajas para el área foliar (cm²) del rebrote de mayor tamaño por tocón luego de dos años de aplicados los tratamiento de corta (3 cm, 30 cm y 100 cm del suelo) en bosques de *Nothofagus antarctica* en (a) Valle California y (b) Balmaceda. Las cajas representan el rango de distribución de los datos por árbol intervenido. Se extienden hasta los valores mínimo y máximo y en su interior se encuentra la mediana.

Área foliar específica (SLA) del rebrote de tocón

La respuesta en el área foliar específica (SLA) del rebrote de mayor tamaño de cada tocón en los bosques de *N. antarctica*, muestra diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los tratamientos de corta aplicados en el bosque de Valle California, a diferencia del bosque en Balmaceda, donde no hay diferencias relevantes. Los tocones que presentaron mayor SLA en Valle California son aquellos intervenidos con el tratamiento de corta a 3 cm del suelo, mientras que la menor respuesta ocurre con el tratamiento a 30 cm del suelo (Figura 13).

En el bosque de *N. antarctica* de Valle California el SLA del rebrote de tocón fluctúa entre 167,1 - 239,5 cm^2/g ; 119,8 - 223,9 cm^2/g y 115,1 - 219,2 cm^2/g para T3, T30 y T100, respectivamente. El mayor SLA en promedio se presenta en los tocones cortados con T3 (196,0 cm^2/g), luego con T100 (177,8 cm^2/g) y con T30 (171,2 cm^2/g) con diferencias significativas entre las respuesta a T3 y T30, específicamente, el comportamiento de los tocones tratados con T3 contiene una vez la respuesta a T30 (Figura 13a y Cuadro I.21 en apéndice I).

En cuanto a Balmaceda, el SLA varía entre 160,7 - 225,7 cm^2/g ; 116,6 - 327,0 cm^2/g y 119,1 - 325,9 cm^2/g para los tratamientos de corta respectivos. Aunque no hay diferencias significativas entre los tratamientos de corta, el mayor SLA en promedio se encuentra en los tocones intervenidos a 30 cm sobre el suelo (200,6 cm^2/g) y menor en aquellos cortados a 3 cm sobre el suelo (195,6 cm^2/g) (Figura 13b y Cuadro I.22 en apéndice I).

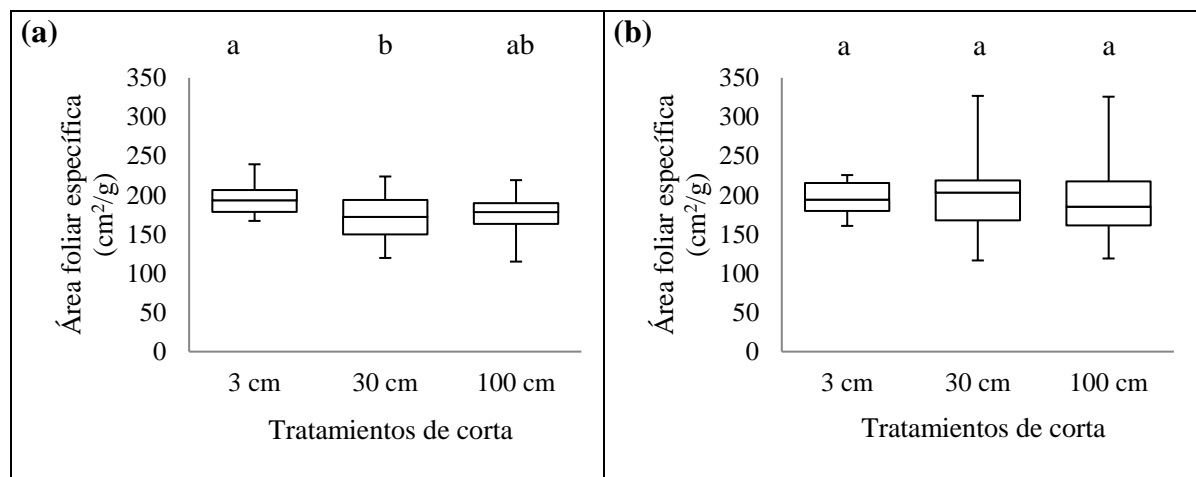


Figura 13. Diagrama de cajas para el área foliar específica (cm^2/g) del rebrote de mayor tamaño por tocón luego de dos años de aplicados los tratamiento de corta (3 cm, 30 cm y 100 cm del suelo) en bosques de *Nothofagus antarctica* en (a) Valle California y (b) Balmaceda. Las cajas representan el rango de distribución de los datos por árbol intervenido. Se extienden hasta los valores mínimo y máximo y en su interior se encuentra la mediana. Letras distintas señalan diferencias significativas entre tratamientos de corta aplicados ($P < 0,05$).

3.2 Relación lineal múltiple de la respuesta vegetativa con respecto a DAT, DAP y anillos de crecimiento a la altura del tocón

Tanto en Valle California como en Balmaceda, para tocones dejados a 3 y 30 cm sobre el nivel del suelo, se pueden encontrar relaciones significativas que explican la variabilidad existente en la respuesta de las características del rebrote respecto a variables del árbol desde donde se origina, relativas al tamaño (DAT y DAP) o edad de los árboles al momento de ser cortados (Cuadros 5 y 6). A diferencia de la respuesta vegetativa inducida desde los tocones intervenidos a 100 cm sobre el suelo, puesto que no presenta variación significativa respecto a las características del árbol.

En Valle California, entre el 27 y el 52% de la variabilidad en número de rebrotes por tocón es explicada por atributo de tamaño de los árboles (DAT o DAP), aumentando la densidad de rebrotes en la medida que el árbol tiene mayor diámetro (Cuadro 5). En Balmaceda en cambio, no hay relación para esta variable.

Entre el 28 y el 55% de la variabilidad en longitud y DAC de los rebrotes es descrita por el número de anillos de crecimiento registrados a la altura del tocón para Valle California (Cuadro 5). En la medida que los árboles son más adultos, existe una disminución en la respuesta en diámetro y longitud de los rebrotes. Específicamente la longitud del rebrote más largo también es explicada por el DAP del árbol antes de ser cortado en tocones a 3 cm sobre el suelo ($R^2=0,49$, Figura 14). En esta relación, se mantiene la disminución de tamaño en longitud del rebrote respecto al número anillos, pero existe una pequeña compensación respecto al DAP, y para una misma edad, en la medida que el árbol es más grueso, el rebrote es capaz de aumentar en longitud. Sin embargo, en Balmaceda se da una situación algo diferente, solo para tocones a 30 cm sobre el nivel del suelo, donde entre 49 y 61% de la variabilidad en la respuesta de los rebrotes en diámetro y longitud es positivamente atribuible a las características de DAT o DAP del árbol (Cuadro 6). Es decir, que el tamaño de los rebrotes aumenta en la medida que el árbol es de mayor diámetro o más grande (Figura 15).

La acumulación de biomasa total y de algunos de sus componentes en los rebrotes tiene una relación parecida a la descrita anteriormente en Valle California. El número de anillos es la variable que en general explica la acumulación de biomasa, y en la medida que el árbol tiene una mayor cantidad de anillos a la altura del tocón, la biomasa que puede acumular el rebrote más largo disminuye (Cuadro 5). Para los tocones a 3 cm sobre el nivel del suelo también el DAP estaría influyendo en la acumulación de biomasa en el rebrote más largo, produciéndose una compensación a una misma edad, en la medida que el árbol tenía un mayor diámetro a la altura del pecho (Cuadro 5 y Figura 16). En tanto, en Balmaceda, la biomasa total como para algunos componentes, a ambas alturas de corte de tocón (3 y 30 cm sobre el nivel del suelo) es determinada por DAT o DAP del árbol antes de ser cortado (Cuadro 6). En este sentido, la biomasa acumulada del rebrote más largo aumentaría en la medida que el DAT o DAP es más grande (Figura 17).

Cuadro 5. Relación de la respuesta vegetativa de los tocones a los tratamientos de corta con respecto a los factores predictores presentes en el bosque de *Nothofagus antarctica* en Valle California.

Variables Dependientes	Coeficientes Variables Introducidas						R ² corregido	Error típico	Valor p	n		
	Constante	ln(DAT)	ln(DAP)	ln(N° Anillos)	DAT	DAP					N° Anillos	
Tratamiento de corta de tocón a 3 cm sobre el suelo												
ln (densidad)	-5,1	3,1	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	0,56	0,52	0,73	0,003*	13
DAC	33,3	n.s.	n.s.	-6,7	n.s.	n.s.	n.s.	0,34	0,28	1,62	0,038*	13
Longitud	420,1	n.s.	42,6	-108,7	n.s.	n.s.	n.s.	0,57	0,49	19,46	0,014*	13
Biomasa	67,9	n.s.	17,3	-24,3	n.s.	n.s.	n.s.	0,59	0,5	5,66	0,012*	13
Rama	-2	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	0,4	n.s.	0,4	0,35	2,2	0,020*	13
Tratamiento de corta de tocón a 30 cm sobre el suelo												
Densidad	-23,6	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	10,2	n.s.	0,31	0,27	37,25	0,019*	18
DAC	73,9	n.s.	n.s.	-16,2	n.s.	n.s.	n.s.	0,56	0,53	2,01	0,001*	18
Longitud	585,5	n.s.	n.s.	-121,7	n.s.	n.s.	n.s.	0,4	0,36	21,15	0,007*	18
DAC promedio	76,9	n.s.	n.s.	-17,2	n.s.	n.s.	n.s.	0,58	0,55	2,08	0,000*	18
Long. promedio	618	n.s.	n.s.	-133,5	n.s.	n.s.	n.s.	0,47	0,44	19,95	0,002*	18
Biomasa	607,5	n.s.	n.s.	-141,9	n.s.	n.s.	n.s.	0,63	0,6	15,39	0,000*	18
Tallo	159,4	n.s.	n.s.	-36,8	n.s.	n.s.	n.s.	0,44	0,4	5,87	0,004*	18
Rama	336,7	n.s.	n.s.	-79,1	n.s.	n.s.	n.s.	0,65	0,62	8,5	0,000*	17
Hoja	110,7	n.s.	n.s.	-25,8	n.s.	n.s.	n.s.	0,61	0,58	2,9	0,000*	18

n.s.: No significativo. (*) Modelo es significativo ($p < 0,05$).

Cuadro 6. Relación de la respuesta vegetativa de los tocones a los tratamientos de corta con respecto a los factores predictores presentes en el bosque de *Nothofagus antarctica* en Balmaceda.

Variables Dependientes	Coeficientes Variables Introducidas					R ² corregido	Error típico	Valor p	n			
	Constante	ln(DAT)	ln(DAP)	ln(N° Anillos)	DAT					DAP	N° Anillos	
Tratamiento de corta de tocón a 3 cm sobre el suelo												
Biomasa	4,7	n.s.	1,6	n.s.	n.s.	n.s.	-0,2	0,82	0,76	0,48	0,003*	10
Hoja	1,9	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	0,0	0,49	0,43	0,20	0,023*	10
Área foliar	119,8	-33,1	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	0,50	0,44	11,96	0,022*	10
Tratamiento de corta de tocón a 30 cm sobre el suelo												
DAC	2,4	n.s.	n.s.	n.s.	0,1	n.s.	n.s.	0,64	0,60	0,77	0,002*	13
Longitud	-50,2	n.s.	38,1	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	0,65	0,61	13,01	0,002*	13
DAC promedio	1,7	n.s.	n.s.	n.s.	0,1	n.s.	n.s.	0,57	0,53	0,81	0,004*	13
Long. promedio	13,7	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	1,9	n.s.	0,54	0,49	13,64	0,007*	13
ln (biomasa)	-3,3	n.s.	1,5	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	0,60	0,56	0,58	0,003*	13
ln (tallo)	-3,6	n.s.	1,5	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	0,63	0,59	0,52	0,002*	13
ln (rama)	-7,2	n.s.	2,3	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	0,61	0,56	0,91	0,005*	12
Hoja	-2,1	n.s.	1,1	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	0,54	0,49	0,46	0,007*	13
ln (AF)	-3,0	n.s.	n.s.	1,6	n.s.	n.s.	n.s.	0,39	0,33	0,39	0,030*	13

n.s.: No significativo. (*) Modelo es significativo ($p < 0,05$).

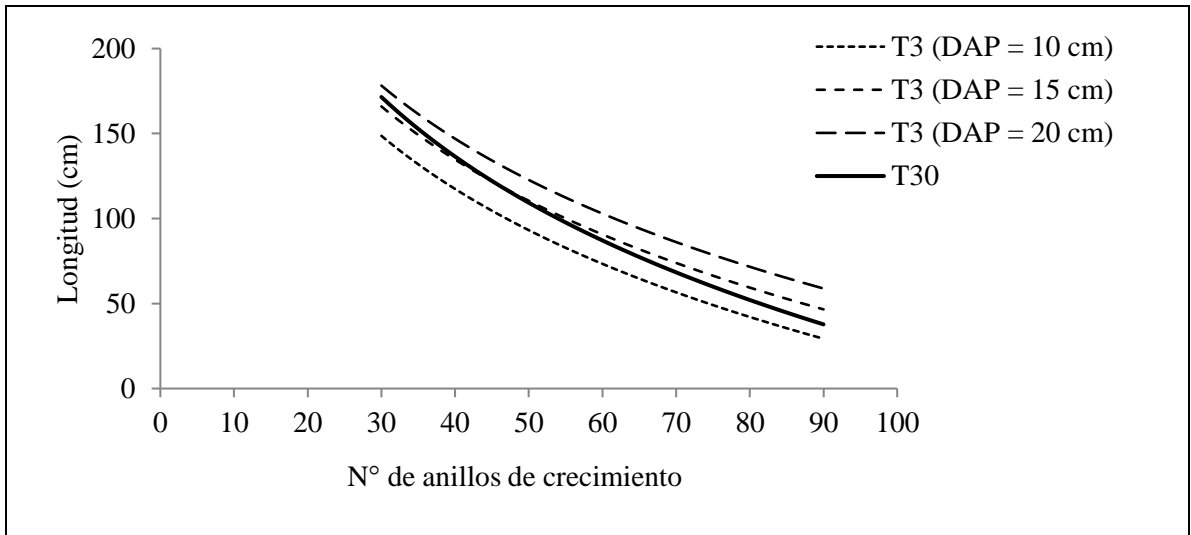


Figura 14. Relación de la respuesta vegetativa en longitud (cm) inducida en los tocones por los tratamientos de corta a 3 cm (T3) y a 30 cm (T30) sobre el suelo con respecto al factor predictor número de anillos de crecimiento presente en el bosque de *Nothofagus antarctica* en Valle California.

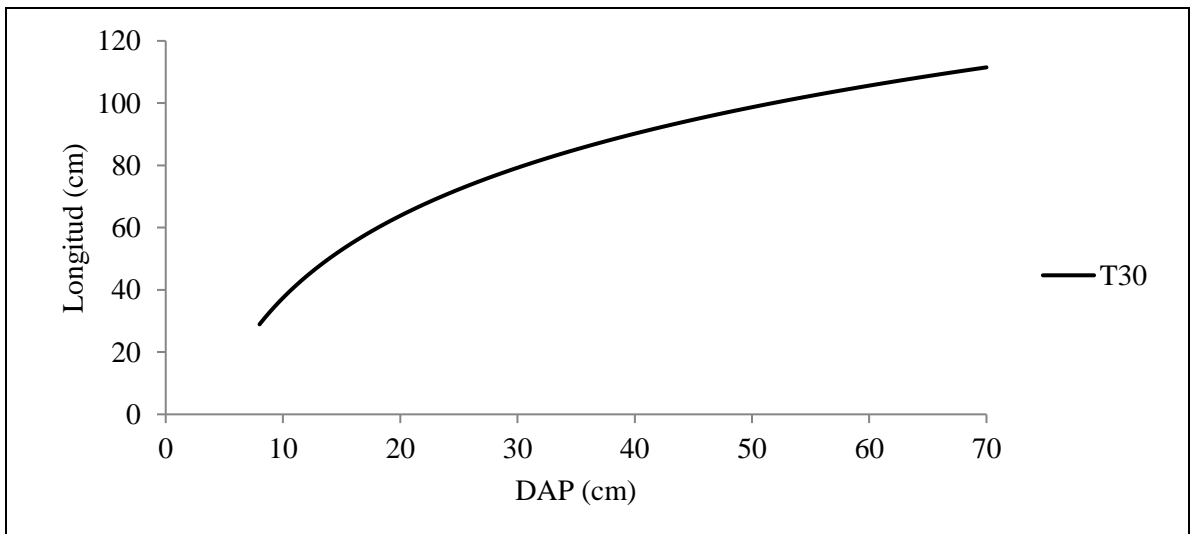


Figura 15. Relación de la respuesta vegetativa en longitud (cm) inducida en los tocones por el tratamiento de corta a 30 cm (T30) sobre el suelo con respecto al factor predictor DAP (cm) presente en el bosque de *Nothofagus antarctica* en Balmaceda.

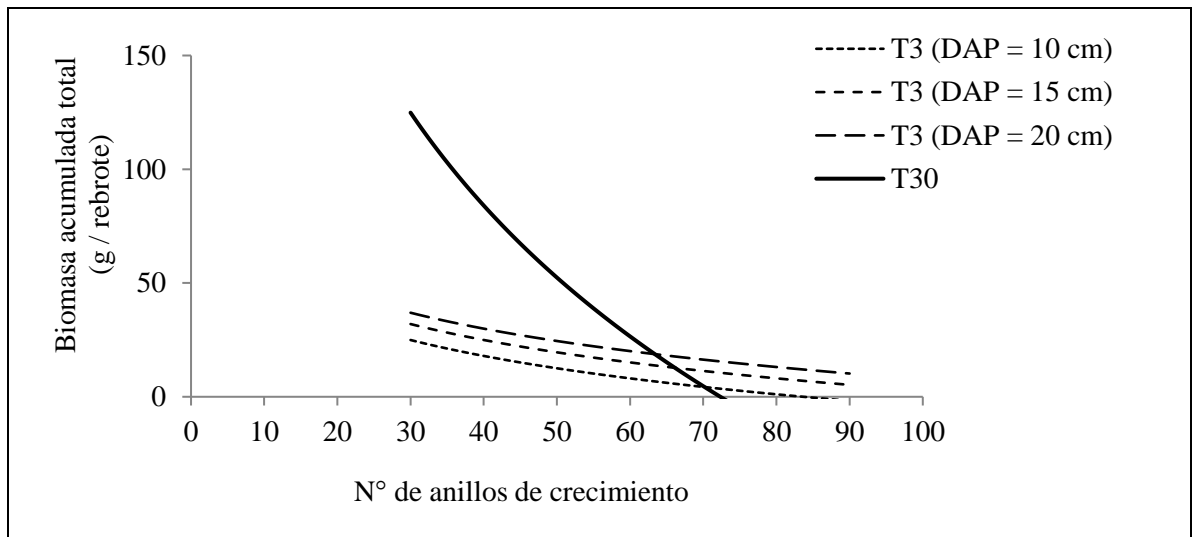


Figura 16. Relación de la respuesta vegetativa en acumulación de biomasa total (g/rebote) inducida en los tocones por los tratamientos de corta a 3 cm (T3) y a 30 cm (T30) sobre el suelo con respecto al factor predictor número de anillos de crecimiento presente en el bosque de *Nothofagus antarctica* en Valle California.

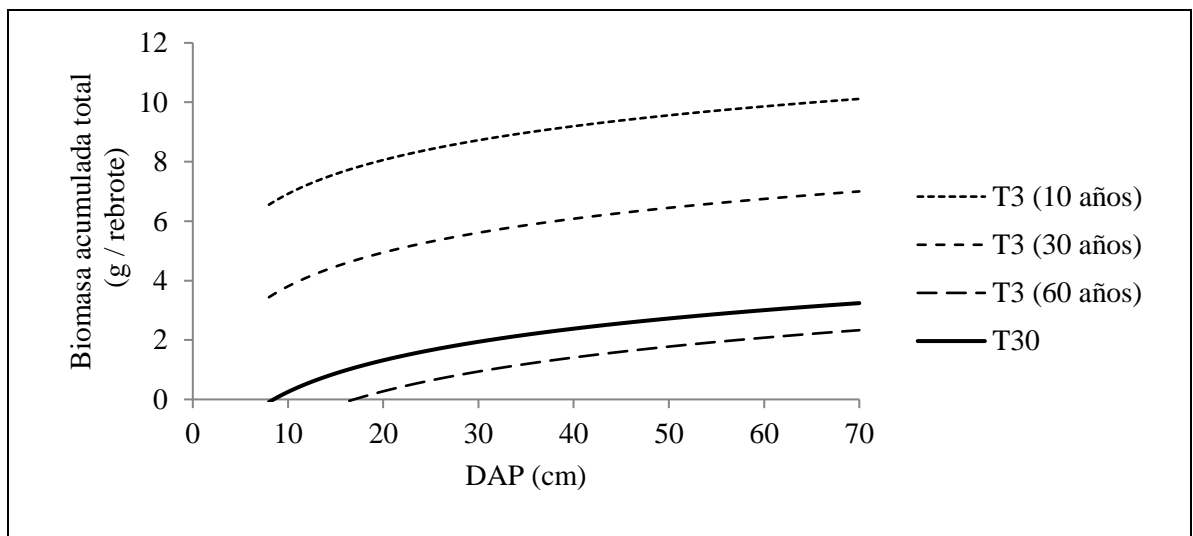


Figura 17. Relación de la respuesta vegetativa en biomasa acumulada total (g/rebote) inducida en los tocones por los tratamientos de corta a 3 cm (T3) y a 30 cm (T30) sobre el suelo con respecto al factor predictor DAP (cm) presente en el bosque de *Nothofagus antarctica* en Balmaceda.

4. DISCUSIÓN

4.1 Respuesta vegetativa con respecto a la altura de corte

La capacidad de rebrotar difiere con la severidad del disturbio, en este caso la altura de corte, además, esta habilidad depende estrictamente de cada especie (Bellingham y Sparrow, 2000; Bond y Migdley, 2001). En relación a lo anterior, Toledo (2005), que trabajó con *Sequoia sempervirens*, confirma que la estrategia de regeneración por rebrote y la respuesta a diferentes alturas de corte depende de la especie. Así como también depende de factores fisiológicos, como: reservas en la raíz, área foliar y activación de meristemas (Pérez Bribiesca *et al.*, 2002). De este modo la habilidad de rebrotar desde el tocón dependerá principalmente del disturbio que se desencadena, la especie y las características del árbol.

La altura de corte va a influir en el crecimiento, la acumulación de biomasa y la tasa de supervivencia de los rebrotes, las cuales disminuyen en la medida que el corte se realiza a una menor altura del tallo (Pérez Bribiesca *et al.*, 2002). En el caso de *Acacia caven*, esta especie tiene buena capacidad de rebrote, a medida que aumenta la altura de corte se logra una mejor respuesta en densidad de rebrotes de tocón, encontrando la mayor respuesta en tocones a 150 cm del suelo (Del Fierro, 2001). En cuanto a los mayores diámetro basal y longitud se obtuvieron en tocones intervenidos con los cortes a 150 cm y 35 cm, respectivamente (Del Fierro, 2001). El mayor crecimiento y vigor de los rebrotes de tocón para *Acacia saligna* se obtienen con la altura de corte de tocón a 50 cm del suelo (Bratti, 1996). De la misma forma, Bacab *et al.* (2012) encuentran en *Leucaena leucocephala* que el rebrote de mayor tamaño se midió en ejemplares cortados a 40 y 60 cm del suelo, comparado con aquellos cortados a 20 cm.

Por otro lado, existen casos donde la altura de corte influye en la densidad y vigor del rebrote, es así como varios autores señalan que las alturas de corta que favorecen la respuesta son a nivel del suelo y a 30 cm de altura de tocón (Vita, 1978, Guidici y Zingg, 2005; Pyttel *et al.*, 2013). Según Vita (1996), resulta conveniente efectuar el corte de tocón entre 12 y 20 cm del suelo, de manera de aprovechar la primera troza del árbol y así inducir el rebrote menos vulnerable al viento. Si el corte es bajo existe mayor probabilidad de que el rebrote se origine a nivel del suelo o bajo éste, y de esta manera pueda desarrollar un nuevo sistema de raíces para hacerse independiente (Becker, 2002, Pyttel *et al.*, 2013).

Este estudio coincide con lo expuesto por los primeros autores (Bratti, 1996; Del Fierro, 2001; Pérez Bribiesca *et al.*, 2002), puesto que los árboles intervenidos con el tratamiento de corta realizado a mayor altura (100 cm del suelo) son aquellos que generan mayor densidad de rebrotes, diámetro basal, acumulación de biomasa y tasa de supervivencia frente a los tocones intervenidos a 30 cm y a 3 cm. De todas formas, estos resultados son considerando un periodo de estudio de dos años, de ser posible realizar el análisis en un periodo de tiempo mayor, el comportamiento podría variar. Tanto Bahamonde *et al.* (2011), como Salinas *et al.* (2017) mencionan la necesidad de estudios a largo plazo.

4.2 Respuesta vegetativa con respecto a la edad y tamaño de los árboles

La capacidad de rebrotar de los árboles varía con la edad del árbol, respondiendo mejor durante la etapa juvenil y perdiendo esta capacidad a medida que el individuo avanza hacia el estado maduro (Barnes *et al.*, 1998). Incluso tocones de diámetros pequeños responden con rebrotes más vigorosos y mayor intensidad que aquellos tocones más adultos y de mayor tamaño (Daniel *et al.*, 1982). Por lo que es imprescindible incluir la edad al momento de analizar crecimiento y acumulación de biomasa (Gargaglione *et al.*, 2008).

Según Del Fierro (2001) árboles de *A. caven* con diámetros mayores de 20 cm, tienen menor respuesta en general, lo que se asocia con individuos de mayor edad. Asimismo, Toledo (2005) señala que en la medida que *Sequoia sempervirens* envejece y crece en diámetro, disminuye la capacidad de rebrotar luego de cortar el árbol. Según Pyttel *et al.* (2013), árboles con edad avanzada de *Quercus petraea* son incapaces de regenerar exitosamente con rebrotes vigorosos de tocón.

En bosques de roble (*Nothofagus obliqua*) y raulí (*Nothofagus alpina*), González *et al.* (2014) encontraron que la respuesta frente a un disturbio difiere entre formaciones en estado de desarrollo temprano y aquellas maduras, debido a la disposición de propágulos. Por ende, se requiere conocer la edad del árbol que dará sustento a los rebrotes de tocón, puesto que árboles más antiguos presentan casi 100% de mortalidad luego de 1 o 2 años de la intervención.

El comportamiento de los rebrotes de tocón de *N. antarctica* tanto en Valle California como en Balmaceda tiene relación con la edad o el tamaño (DAT y DAP) de los árboles al momento de ser intervenidos. Con respecto a la edad, árboles juveniles responden con mayor DAC, longitud, biomasa total y parcial, lo que coincide con lo mencionado por los autores anteriores. Por otro lado, el comportamiento con respecto al tamaño (DAT y DAP) del árbol intervenido en el bosque de Valle California, resulta que árboles con mayores dimensiones responden con mayor densidad y biomasa acumulada. A diferencia de Balmaceda, donde árboles con mayor talla inducen rebrotes con mayor crecimiento en DAC, longitud, biomasa total y parcial, lo que no concuerda con los autores.

Los resultados indican mejor respuesta en árboles juveniles y de mayor diámetro, planteando cierta contradicción, no obstante, es posible verificarlo por medio de un estudio en un bosque coetáneo, de manera de analizar la respuesta de los rebrotes en función del tamaño de los tocones.

4.3 Respuesta vegetativa con respecto a condiciones del sitio

En primer lugar, el establecimiento de los rebrotes de *N. antarctica* requiere de componentes abióticos fundamentales, así lo mencionan Peri *et al.* (2013), Salinas (2016b) y Salinas *et al.* (2017), quienes lo comprueban en Río Gallegos, Santa Cruz (Argentina), en Coyhaique y Aysén (Chile), respectivamente, donde la regeneración fue favorecida en situaciones de mayor luminosidad y de mayor humedad. No obstante, puede verse obstaculizado por efecto de la sequía o déficit hídrico (Salinas *et al.*, 2017).

Humedad

Salinas (2016b) en un estudio con rebrotes de tocón de *N. antarctica* en Coyhaique, señala que durante el primer año presentan variación de la respuesta vegetativa, con una densidad entre 61 y 55 rebrotes/tocón y una longitud de 10,1 cm y 4,9 cm, en los sitios seco y húmedo, respectivamente. De forma similar, Sarasola *et al.* (2008) observan que sitios dominados por *N. antarctica* en suelos húmedos tienen árboles con menor crecimiento diamétrico que aquellos sitios en suelos subhúmedos. En cambio, Rapp *et al.* (1999), en un estudio realizado con *Quercus pirenaica*, señalan que existe más biomasa aérea en un sitio con mayor precipitación. No obstante, en un sitio pobre en nutrientes el factor limitante sería el suelo, dejando las precipitaciones en segundo plano (Rapp *et al.*, 1999). Por su parte, Stecconi *et al.* (2000) estudiaron brotes de ñirre en formaciones arbustivas al norte de la Patagonia y sostienen que la tasa de extensión del brote varía con las temperaturas extremas (la temperatura mínima y máxima) sin influencia de las precipitaciones.

Los resultados obtenidos en este estudio, no concuerdan con lo expuesto por Salinas (2016b), debido a que el bosque de Valle California, lugar con más precipitaciones y menor variación de temperaturas medias, alcanzó una densidad de 86 rebrotes/tocón y una longitud de 63,9 cm aproximadamente, lo que resulta mayor comparado con la respuesta en Balmaceda, sitio con mayores temperaturas medias, donde se presentó una densidad promedio de 73 rebrotes/tocón y una longitud promedio de vástagos de 41,8 cm, al segundo año de medición. En cuanto a la diferencia entre las áreas de estudio respecto a la acumulación de biomasa de los rebrotes de dos años de edad, puede ser consecuencia de la temperatura y las precipitaciones propias de cada sitio. Debido a que la mayor acumulación de biomasa se observa en el sitio con más precipitaciones anuales.

Luminosidad

El rebrote de tocón de *S. sempervirens* es mayor por causa de las reservas en el tocón, pero el crecimiento del rebrote está relacionado con el régimen de luz (O'Hara *et al.*, 2007). Respecto a la intervención de árboles de *Acacia pennatula*, se obtiene una mayor densidad de rebrotes debido a: la mayor disponibilidad de recursos ambientales (agua, temperatura y luz) y, además, al uso más eficiente los nutrientes en el suelo (Urrutia *et al.*, 2012).

En cuanto al área foliar, las diferencias en las áreas de las hojas de *N. antarctica* son semejantes a las observadas para *N. dombeyi* (Stecconi *et al.*, 2004). Según Calabria y Puntieri (2008), no existe variación significativa entre sitio abierto y sombreado para la especie siempreverde *N. dombeyi* en el Parque Nacional Nahuel Huapi, Argentina, no obstante el área foliar específica es mayor en sitios sombreados. El desarrollo del área foliar en sectores sombreados aumenta con respecto a la biomasa foliar y la biomasa del tallo. Según Goya *et al.* (1997) la diferencia de área foliar específica de *Eucalyptus grandis* en tres sitios de Argentina puede ser causa de: (1) distintos tipo de suelo, donde el mayor SLA se midió en el suelo arenoso, luego arenoso pardo y arcilloso, y (2) por déficit hídrico estival, provocando menor crecimiento. En cambio, para un mismo sitio la respuesta de *E. grandis* varía por causa de: la disponibilidad de nutrientes en el suelo, la luz, el estado fitosanitario y etapa de desarrollo del árbol (Papamija-Muñoz y García-Solórzano, 2012).

Con respecto al área foliar, no coincide con lo expuesto por Calabria y Puntieri (2008), puesto que esta respuesta es mayor en el rebrote de tocones intervenidos a 3 cm y 30 cm del suelo, respectivos a los bosques de Valle California y Balmaceda, lo que no coincide con la mayor acumulación de biomasa en el tallo y hoja, puesto que en ambos sitios se obtienen en los tocones cortados a 100 cm del suelo. En Valle California, la mayor área foliar ocurre con el tratamiento de corta a 3 cm del suelo y la mínima se da en tocones talados a 100 cm, lo cual podría deberse a que en los tocones de mayor altura se encuentran rebrotes de gran extensión, los que probablemente invirtieron la misma cantidad de recursos del sitio (luz, nutrientes, agua, entre otros) en el mayor crecimiento de los componentes tallo y ramas, mientras que las hojas eran de menor tamaño. En tanto, los tocones cercanos al nivel del suelo, presentaron rebrotes con tallos pequeños en diámetro y longitud, por lo cual los recursos adquiridos por el rebrote se destinaron a un menor tamaño de componentes, por consiguiente se originaron rebrotes con hojas de mayor área.

Ramoneo

En segundo lugar, se encuentra el ramoneo como el componente biótico que, de no aislarse, puede influir en el establecimiento del rebrote (Salinas *et al.*, 2017). Collado (2008) señala que las consecuencias del ramoneo sobre la regeneración natural de especies forestales, principalmente, dificulta su crecimiento y, por consiguiente, su establecimiento. A esto se agrega que *N. antarctica* es apetecida por el ganado, por lo cual es común encontrar ejemplares deformados e imposibilitados para alcanzar su forma arbórea, impactando de tal forma aquellas zonas alteradas por el uso ganadero, que incluso se espera la disminución de la cobertura arbórea en el tiempo por ausencia de regeneración viable (Martín *et al.*, 2005).

Conjuntamente, Tejera *et al.* (2005) indican que en los bosques con presencia de ganado, los animales afectan el 90% de las plántulas emergidas. Las liebres y el ganado doméstico son los principales agentes de daño sobre *N. antarctica* (Hansen *et al.*, 2008). La liebre afecta mayoritariamente las plantas pequeñas y medianas, mientras que las vacas también afectan plantas grandes (Hansen *et al.*, 2008). Se asocia el daño provocado por el ramoneo bovino en renovales de ñire con la disponibilidad y calidad del forraje. Durante diciembre y enero existe mayor severidad de daño en plantas de mayor tamaño (entre 1,51 m y 3 m), mientras que en los meses siguientes no hay distinción de tamaño, lo cual se interpreta a que el daño inicial es en las plantas de mayor tamaño y principalmente daño mecánico, conforme pasa el tiempo disminuye la disponibilidad forrajera y aumenta el daño en todas las alturas por igual (Hansen *et al.*, 2008).

Efectivamente, existe alta mortalidad de los rebrotes luego de dos años de aplicar los tratamientos de corta en Balmaceda, sitio con menor cantidad de precipitaciones y oscilación térmica, a diferencia de Valle California, sitio con más estratos vegetales y, por lo tanto, mayor disponibilidad de nutrientes. Con respecto a esto, se considera que la mortalidad de rebrotes ocurre mayoritariamente por la dificultad para establecerse, consecuencia de distintos factores, entre los que se incluyen: (1) las condiciones de humedad y temperatura del sitio, (2) el factor viento, puesto que en Balmaceda se observó una menor densidad de árboles, generando mayor velocidad del viento, y en menor medida (3) el efecto del ramoneo.

4.4 Consideraciones y condiciones para la regeneración de *Nothofagus antarctica*

Los bosques de ñirre, están sujetos a varios disturbios, la mayoría de estos asociados al sobrepastoreo, corta selectiva e incendios (Salinas *et al.*, 2016). Los rebrotes en su fase inicial son susceptibles al ataque de animales domésticos y asilvestrados, lo que puede llegar a comprometer el futuro del sistema (Reque *et al.*, 2007). Es por esto que Salinas *et al.* (2017) en el manejo silvopastoril sugieren proteger los tocones y rebrotes con una estructura simple que permita el crecimiento de los rebrotes hasta una altura fuera del alcance de bovinos y liebres. En esta investigación, con propósitos silvícolas, se restringe al ganado de los sitios de estudio para quitar presión sobre la regeneración.

Las formaciones de *N. antarctica* presentan una estructura de monte medio, es decir, existen individuos que han emergido de semilla y otros por brote de cepa o de raíz (Salinas, 2016b). *N. antarctica* tras ser sometida a constantes alteraciones puede propagarse rápidamente de forma vegetativa, originando muchos brotes en poco tiempo, por lo que la base genética se estrecha (Salinas *et al.*, 2017). El brote de cepa o desde el árbol cortado puede ser estimulado con el manejo por monte bajo, la ventaja de esta práctica por sobre el monte alto (induce regeneración por semilla), es que resulta ser un método simple de llevar a cabo, además de obtener una respuesta rápida y económica (Matthews, 1998). A base de esto, Wolff (2016) compara la acumulación de biomasa luego de 10 años en rebrotes de quillay (*Q. saponaria*) originados con el manejo por monte bajo en la Comuna de Pumanque, con respecto a la biomasa aérea de una plantación de la misma especie en un sector cercano posterior al mismo periodo. Indica que los rebrotes de tocón obtienen una mayor respuesta en biomasa acumulada en tallo, ramas y hojas, en comparación con la plantación realizada de la misma especie. El autor asocia esta respuesta a que los rebrotes cuentan con un sistema de raíces establecido, por lo que pueden destinar menos recursos para la formación de éste, por el contrario, los ejemplares plantados requieren distribuir los recursos para la formación aérea y subterránea.

La regeneración por semillas, debe formar un sistema de raíces, ya que no cuenta con la raíz del árbol cortado, por lo que no dispone de la misma cantidad de agua y nutrientes, y tampoco cuenta con sustancias hormonales que estimulen su crecimiento comparado con el rebrote (Daniel *et al.*, 1982). Por el contrario, Bond y Migdley (2001) mencionan que en general los rebrotes adquieren menor biomasa que las plántulas (no rebrotes) teniendo la misma edad.

Según Bahamonde *et al.* (2011), la regeneración natural por semillas de *N. antarctica* es baja, y en el tiempo estudiado (2004-2008) no fue exitosa, ante lo cual se requiere evaluar este proceso y el establecimiento de las plántulas en periodos más largos de tiempo. Por consiguiente, el rebrote de *N. antarctica* en estudio, probablemente, adquiera mayor biomasa con respecto a una plántula de dos años de edad de la misma especie, pues la distribución de recursos será acorde a la necesidad del individuo.

Por su parte, Riquelme (2015) menciona que cepas de *Q. saponaria* con buena sanidad responden mejor en crecimiento en diámetro basal y longitud que aquellas con sanidad regular. En vista de que los árboles en este estudio se caracterizaban por sanidad regular, un

estudio en árboles con mejor sanidad podría presentar rebrotes con mayor diámetro y longitud.

Se recomienda realizar estudios acerca de la época óptima para cortar los árboles, con el fin de lograr un mejor desarrollo de rebrotes, considerando que independiente de la intervención a realizar existe riesgo de mortalidad de rebrotes o de tocón en cada temporada (Daniel *et al.*, 1982; Prado, 1989; Ducrey y Turrel, 1992). Ante esto, Vergara y Jérez (2010) y Bahamonde *et al.* (2011) coinciden en que la mayoría de los brotes de *N. antarctica* acabado el período de crecimiento, presentan mortalidad, tanto en arbustos como en árboles, respectivo a cada estudio.

Finalmente, las propuestas principales de manejo forestal que se dan en Tierra del Fuego y Patagonia son el manejo silvopastoril para ñirre y manejo silvícola para lenga, mediante la aplicación de raleos, sin embargo la aplicación de estas propuestas generan impactos en el ecosistema (Martínez Pastur *et al.*, 2013). Puesto que cualquier tipo de manejo en los bosques de *N. antarctica* altera la diversidad de plantas, insectos y aves, afectando principalmente la inter-relación entre éstas, como por ejemplo la disponibilidad de alimento de un ave insectívora o la introducción de especies en el sotobosque (Deferrari *et al.*, 2001; Lencinas *et al.*, 2008; Martínez Pastur *et al.*, 2013; Relva *et al.*, 2014). Se debe considerar que estos ecosistemas pueden alcanzar gran diversidad, entonces la propuesta de manejo silvícola debe considerar las etapas de sucesión del bosque, de manera de mantener en todo momento árboles maduros o en desmoronamiento para favorecer la biodiversidad del ecosistema (Peri *et al.*, 2009). Por ejemplo, el mantenimiento del Carpintero negro (*Campephilus magellanicus*) requiere de árboles de grandes diámetros, enfermos o muertos, así como mantener sotobosque y troncos caídos (Rusch *et al.*, 2004). Peri *et al.* (2013) observaron relictos de *N. antarctica*, donde aquellos árboles mayores de 100 años presentaron nidificación y evidencia de la presencia de aves, por lo cual *N. antarctica* se presenta como agente facilitador, y comprender lo anterior permite la base para acciones de conservación.

Por lo tanto, para el planteamiento de una propuesta de manejo para intervenir los bosques patagónicos de *N. antarctica* es fundamental tomar en cuenta el comportamiento frente los tratamientos de altura de corta y frente a la edad de los árboles a intervenir, además de las consideraciones para la rebrotación y mantención de estos.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La respuesta del rebrote de tocón de *N. antarctica* en densidad de rebrotes, diámetro basal, longitud y acumulación de biomasa, luego de dos años de la intervención, varía con respecto a: (1) la aplicación de los tratamientos a distintas alturas de corte, (2) la cantidad de anillos de crecimiento y las dimensiones del árbol al momento de la intervención, y (3) las condiciones del sitio donde se encuentre el bosque.

La respuesta vegetativa asociada a las distintas alturas de corte aplicadas en ambos bosques, luego de dos años de la intervención, para los árboles intervenidos a 100 cm sobre el suelo se manifiesta de mejor forma en densidad de rebrotes y acumulación de biomasa en comparación con el resto de tratamientos. En cuanto a los individuos cortados a 3 cm sobre el suelo, se caracterizan por presentar menor supervivencia entre los tratamientos de corta aplicados. El incremento en longitud, diámetro basal y área foliar específica no son concluyentes.

Con respecto a la relación de la respuesta vegetativa con la cantidad de anillos de crecimiento de los árboles cortados en ambas áreas de estudio, luego de dos años de la intervención, y solo considerando aquellos tocones con presencia de rebrotes, los árboles juveniles favorecen la respuesta en DAC, longitud y acumulación de biomasa. En tanto el tamaño de los árboles (DAP o DAT) en la medida que es mayor favorece la densidad de rebrotes, el diámetro basal, la longitud y la acumulación de biomasa.

Respecto a la evaluación del rebrote de *N. antarctica* presenta una buena rebrotación al cabo de dos años, puesto que todos los tratamientos de corta presentaron respuesta vegetativa, también se debe considerar que los árboles juveniles rebrotan de mejor forma que los maduros.

Sería importante considerar las condiciones del sitio propias de los bosques de *N. antarctica* para un estudio a futuro, puesto que a pesar de tener similares características, el sitio de Valle California es donde registra la mayor respuesta, mientras que en el sitio de Balmaceda, la menor precipitación y menor densidad del bosque en comparación con el primer bosque, podrían haber potenciado la menor respuesta vegetativa.

Es relevante destacar la importancia de la especie, como colonizadora post-fuego, y el rebrote de tocón como su mecanismo de regeneración. Ante esto, el tiempo de estudio es corto, es por esto que se sugiere realizar estudios del rebrote de tocón de *N. antarctica* por un tiempo más prolongado, lo cual permitiría observar una clara diferencia en cómo afectan las condiciones del sitio en el rebrote de tocón. Además, el estudio entrega antecedentes que permiten preceder investigaciones futuras acerca de propuestas de manejo silvícola en estas formaciones, basado en la dinámica de la especie y el comportamiento frente a distintas intervenciones, contribuyendo tanto en el manejo sustentable del bosque nativo patagónico, como en la economía de pequeños propietarios del bosque nativo.

6. BIBLIOGRAFÍA

- ALABACK, P. 1991. Comparative ecology of temperate rainforests of the Americas along analogous climatic gradients. *Revista Chilena de Historia Natural* 64: 399 - 412.
- BACAB, H., SOLORIO, F. y SOLORIO, S. 2012. Efecto de la altura de poda en *Leucaena leucocephala* y su influencia en el rebrote y rendimiento de *Panicum maximum*. *Avances en Investigación Agropecuaria* 16(1): 65 - 77.
- BAHAMONDE, H., PERI, P., MONELOS, L. y MARTÍNEZ PASTUR, G. 2011. Aspectos ecológicos de la regeneración por semillas en bosques nativos de *Nothofagus antarctica* en Patagonia Sur, Argentina. *Bosque* 32(1): 20 - 29.
- BARNES, B., ZAK, D., DENTON, S. y SPURR, S. 1998. *Forest ecology*. Fourth edition. Nueva York, Estados Unidos. 774 p.
- BECKER, A. 2002. *Haubergs-Lexikon*. Verlag die Wielandschmiede, Kreuztal.
- BELLINGHAM, P. y SPARROW, A. 2000. Resprouting as a life history strategy in woody plant communities. *Oikos* 89(2): 409 - 416.
- BOND, W. y MIGDLEY, J. 2001. Ecology of sprouting in woody plants: The persistence niche. *Ecology and Evolution* 16(1): 45 - 51.
- BRATTI, J. 1996. Efecto de la altura de corte en el rebrote de *Acacia saligna* (Labill.) H. Wendl. Memoria para optar al Título Profesional de Ingeniero Forestal. Universidad de Chile. Santiago, Chile. 69 p.
- CALABRIA, C. y PUNTIERI, J. 2008. Desarrollo foliar y caulinar de las unidades de alargamiento de *Nothofagus dombeyi* (Nothofagaceae) en condiciones de alta y baja luminosidad. *Boletín de Sociedad Argentina de Botánica* 43(1-2): 19 - 30. Córdoba, Argentina.
- CHAUCHARD, L., MARESCA, M. y GONZÁLEZ, M. 2001. Método para evaluar el estado regenerativo de un rodal y su aplicación al manejo del bosque mixto de *Nothofagus*. *Quebracho* 9: 29 - 42. Santiago del Estero, Argentina.
- COLLADO, L. 2008. Mapa de riesgo de degradación por uso forestal y ganadero de los bosques de Tierra del Fuego. Actas Segunda Reunión sobre *Nothofagus* de la Patagonia – EcoNothofagus 2008. Chubut, Argentina. pp. 124 - 130.
- CONAF, CONAMA, BIRF, UACH, PUC y UCT. 1999. Catastro y evaluación de recursos vegetacionales Nativos de Chile. Informe nacional con variables ambientales. Corporación Nacional Forestal (CONAF). Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA). Banco Interamericano de Reconstrucción y Fomento (BIRF). Universidad Austral de Chile

(UACH). Pontificia Universidad Católica de Chile (PUC). Universidad Católica de Temuco (UCT). Santiago, Chile. 89 p.

COOK, R. 1979. Asexual reproduction: a further consideration. *American Naturalist* 113: 769 - 772.

CRUZ, G. 2015. Ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis* (D. Don) Pic. Serm. et Bizarri). Antecedentes ecológicos para la conservación de las comunidades en el Alto Cachapoal. 129 p.

DANIEL, T., HELMS, J. y BACKER, F. 1982. Principios de silvicultura. Segunda Edición. Mc Graw- Hill. México. 492 p.

DEFERRARI, G., CAMILIÓN, C., MARTÍNEZ PASTUR, G. y PERI, P. 2001. Changes in *Nothofagus pumilio* forest biodiversity during the forest management cycle: 2. Birds. *Biodiversity Conservation* 10: 2.093 - 2.108.

DEL FIERRO, P. 2001. Efecto de tratamientos de corte sobre el rebrote de *Acacia caven* (Mol.) en Aucó, IV Región. Memoria para optar al Título Profesional de Ingeniero Forestal. Universidad de Chile. Santiago, Chile. 109 p.

DEL TREDICI, P. 2001. Sprouting in temperate tree: A morphological and ecological review. *The Botanical Review* 67(2): 121 - 140.

DONOSO, C. 1981. Ecología forestal. El bosque y su medio ambiente. Santiago, Chile. Editorial Universitaria. 369 p.

DONOSO, C. 1993. Bosques templados de Chile y Argentina. Variación, estructura y dinámica. Santiago, Chile. Editorial Universitaria. 485 p.

DONOSO, C., STEINKE, L. y PREMOLI, A. 2006. *Nothofagus antarctica* (G. Forster) Oerst. En: DONOSO, C. Las especies arbóreas de los bosques templados de Chile y Argentina. Autoecología. Valdivia, Chile. Marisa Cuneo Ediciones. pp. 401 - 410.

DUCREY, M. y TURREL, M. 1992. Influence of cutting methods and dates on stump sprouting in Holm oak (*Quercus ilex* L) coppice. *Annales des Sciences Forestières* 49(5): 449 - 464.

ESTÉVEZ, J. 1994. Caracterización del rebrote en cepas de quillay (*Quillaja saponaria* Mol.) Fundo El Toyo, Región Metropolitana. Memoria para optar al Título Profesional de Ingeniero Forestal. Universidad de Chile. Santiago, Chile. 134 p.

GAJARDO, R. 1994. La vegetación natural de Chile: Clasificación y distribución geográfica. Santiago, Chile. Editorial Universitaria. 165 p.

GARGAGLIONE, V., PERI, P. y MARTÍNEZ PASTUR, G. 2008. Estimación de la biomasa aérea y subterránea de *Nothofagus antarctica* para diferentes clases de copa y

edades. Actas Segunda Reunión sobre *Nothofagus* de la Patagonia – EcoNothofagus 2008. Chubut, Argentina. pp. 131 - 136.

GONZÁLEZ, M., AMOROSO, M., LARA, A., VEBLEN, T., DONOSO, C., KITZBERGER, T., MUNDO, I., HOLZ, A., CASTELLER, A. PARITSIS, J., MUÑOZ, A., SUÁREZ, M. y PROMIS, A. 2014. Ecología de disturbios y su influencia en los bosques templados de Chile y Argentina. En: DONOSO, C., GONZÁLEZ, M y LARA, A. Ecología forestal. Bases para el manejo sustentable y conservación de los bosques nativos de Chile. Valdivia, Chile. Ediciones UACH. pp. 411 - 502.

GOYA, J., FRANGI, J. y DALLA TEA, F. 1997. Relación entre biomasa aérea, área foliar y tipos de suelos en plantaciones de *Eucalyptus grandis* del NE de Entre Ríos, Argentina. Revista de la Facultad de Agronomía, Universidad de La Plata 102(1): 11 - 21.

GUIDICI, F. y ZINGG, A. 2005. Sprouting ability and mortality of chestnut (*Castanea sativa* Mill.) after coppicing. A case study. Annals Forest Science 62: 513 - 523.

GUREVITCH, J., SCHEINER, S. y FOX, G. 2006. The ecology of plants. Second edition. Massachusetts, Estados Unidos. 574 p.

HANSEN, N., FERTIG, M., ESCALONA, M., TEJERA, L. y OPAZO, W. 2008. Ramoneo en regeneración de ñire y disponibilidad forrajera. Actas Segunda Reunión sobre *Nothofagus* de la Patagonia – EcoNothofagus 2008. Chubut, Argentina. pp. 137 - 142.

INSTITUTO DE DATOS GEOESPACIALES (IDE). 2005. Atlas Región de Aysén. Santiago, Chile. LOM Ediciones Ltda. 43 p.

LARA, A., AMOROSO, M., BANNISTER, J., DONOSO, C., GONZÁLEZ, M., VARGAS, R., SMITH-RAMÍREZ, C., ARELLANO, G. y GUTIÉRREZ, A. 2014. Sucesión dinámica de bosques templados en Chile. En: DONOSO, C., GONZÁLEZ, M y LARA, A. Ecología forestal. Bases para el manejo sustentable y conservación de los bosques nativos de Chile. Valdivia, Chile. Ediciones UACH. pp. 323 - 408.

LE QUESNE, C., ARAVENA, J., JIMENEZ, H. e HINOJOSA, L. 1994. Dendroecología de una población relicta de *A. chilensis* (D. Don) Pic. Serc. et Biz. en la Reserva Nacional Río Clarillo. Resúmenes del VI Congreso Latinoamericano de Botánica. Mar del Plata, Argentina.

LENCINAS, M., MARTÍNEZ PASTUR G., GALLO, E., MORETTO, A. y BUSSO, C. 2008. Mitigation of biodiversity loss in *Nothofagus pumilio* managed forests of South Patagonia. En: Understanding biodiversity loss: an overview of forest fragmentation in South America. Part III: Landscape ecology for conservation, management and restoration. pp. 112 - 120.

LUEBERT, F. y PLISCOFF, P. 2006. Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile. Santiago, Chile. Editorial Universitaria. 316 p.

MARTÍN, C., MERMOZ, M. y GALLOPÍN, G. 2005. Impacto de la ganadería en la cuenca del Río Manso Superior. Parte I: Bosque de ñire con laura. Anales de Parques Nacionales, Naturaleza y Cultura. Tomo XVII. Editorial APN.

MARTÍNEZ PASTUR, G., PERI, P., LENCINAS, M., CELLINI, J., BARRERA, M., SOLER ESTEBAN, R., IVANCICH, H., MESTRE, L., MORETTO, A., ANDERSON, C. y PULIDO, F. 2013. La producción forestal y la conservación de la biodiversidad en los bosques de *Nothofagus* en Tierra del Fuego y Patagonia Sur. En: DONOSO, P. y PROMIS, A. (Eds.). Silvicultura en bosques nativos. Avances en la investigación en Chile, Argentina y Nueva Zelanda. pp. 171 - 197.

MATTHEWS, J. 1998. Silvicultural systems. Oxford Science Publications. New York, Estados Unidos. 296 p.

Mc CREARY, D. 2004. Stump sprouting: An alternative regeneration approach. IHRMP: Funded research. Sierra Foothill range field station. Oak Fact Sheets N°1. Management program. U.C. Berkeley.

Mc QUEEN, D. 1976. The ecology of *Nothofagus* and associated vegetation in Sotuh America. Tuatara 22: 38 - 68.

O'HARA, K., TUDOR STANCIOIU, P. y SPENCER, M. 2007. Understory stump sprout development under variable canopy density and leaf area in coast redwood. Forest Ecology and Management 244 (1-3): 76 - 85.

OLIVER, C. y LARSON, B. 1990. Forest stand dynamics. New York, Estados Unidos. McGraw-Hill. 520 p.

PAPAMIJA-MUÑOZ, D. y GARCÍA-SOLÓRZANO, C. 2012. Estimación del índice de área foliar en plantaciones de *Eucalyptus grandis* W.Hill. Colombia Forestal 15(2): 261 - 271.

PASTORINO, M. y GALLO, L. 1997. Natural vegetative propagation of *Austrocedrus chilensis* (*Cupressaceae*) in marginal populations. Programas y resúmenes del II Southern Connection Congress. Valdivia, Chile.

PERALTA, M. 1980. Consideraciones generales para el uso de los suelos principalmente forestales, en la región de Alto Palena y Chaitén X región. Geomorfología de suelos, erosión y uso del en la región de Futaleufú – X región. Boletín técnico N° 58. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Chile. Santiago, Chile. 25 p.

PÉREZ BRIBIESCA, M., HERNÁNDEZ, A., PÉREZ PÉREZ, J., HERRERA, J. y BÁRCENA, R. 2002. Respuesta productiva y dinámica del rebrote del ballico perenne a diferentes alturas de corte. Técnica Pecuaria en México 40(3): 251 - 263.

PÉREZ-HARGUINDEGUY, N., DÍAZ, S., GARNIER, E., LAVOREL, S., POORTER, H., JAUREGUIBERRY, P., BRET-HARTE, M., CORNWELL, W., CRAINE, J., GURVICH,

D., URCELAY, C., VENEKLAAS, E., REICH, P., POORTER, L., WRIGHT, I., RAY, P., ENRICO, L., PAUSAS, J., DE VOS, A., BUCHMANN, N., FUNES, G., QUÉTIER, F., HODGSON, J., THOMPSON, K., MORGAN, H., TER STEEGE, H., VAN DER HEIJDEN, M., SACK, L., BLONDER, B., POSCHLOD, P., VAIERETTI, M., CONTI, G., STAVER, A., AQUINO, S. y CORNELISSEN, J. 2016. New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of Botany* 64: 715 - 716.

PERI, P. 2009. Relevamiento de los bosques nativos de ñire (*Nothofagus antarctica*) de Tierra del Fuego (Argentina) como herramienta para el manejo sustentable. Buenos Aires, Argentina. Ediciones Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). 48 p.

PERI, P. y ORMAECHEA, S. 2013. Relevamiento de los bosques nativos de ñire (*Nothofagus antarctica*) en Santa Cruz: base para su conservación y manejo. Buenos Aires, Argentina. Ediciones Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). 88 p.

PERI, P., HANSEN, N., RUSCH, V., TEJERA, L., MONELOS, L., FERTIG, M., BAHAMONDE, H. y SARASOLA, M. 2009. Pautas de manejo de sistemas silvopastoriles en bosques nativos de *Nothofagus antarctica* (ñire) en Patagonia. Actas Primer Congreso Nacional Sistemas Silvopastoriles. Misiones, Argentina. pp. 151 - 155.

PERI, P., MARTÍNEZ PASTUR, G., MONELOS, L. y BEROIZ, M. 2013. La distribución continental más oriental de *Nothofagus antarctica* en el río Gallegos (Santa Cruz). *Anales del Instituto de la Patagonia*. 41(1): 113 - 117. Punta Arenas, Chile.

PICKETT, S. y WHITE, P. 1985. *The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics*. Academic Press.

PIPER, F. y ZUÑIGA, A. 2012. Intraespecific variation in drought resistance of *Nothofagus antarctica* (G. Forst.) Oerst. (Nothofagaceae). *Gayana Botánica* 69(2): 365 - 368.

PRADO, J. 1989. Manejo de Plantaciones. En: Prado, J. y S. Barros (Eds.). *Eucalyptus: Principios de silvicultura y manejo*. INFOR/CORFO. Santiago, Chile. pp. 79 - 100.

PREMOLI, A. 1991. Morfología y capacidad germinativa en poblaciones de *Nothofagus antarctica* (Forster) Oerst. del noroeste andino patagónico. *Bosque* 12(2): 53 - 59.

PREMOLI, A. y STEINKE, L. 2008. Genetics of sprouting: Effects of long-term persistence in fire-prone ecosystems. *Molecular Ecology* 17(17): 3.827 - 3.835.

PREMOLI, A., ACOSTA, M., MATHIASSEN, P. y DONOSO, C. 2012. Variación genética en *Nothofagus* (subgénero *Nothofagus*). *Bosque* 33(2): 115 - 125.

PROMIS, A., CRUZ, G y GALINDO, N. 2015. Desarrollo de propuesta de tecnología silvícola para favorecer la recuperación de bosques degradados de *Nothofagus antarctica*. Informe avance 1. Santiago, Chile. 57 p.

- PYTTEL, P., FISCHER, U., SUCHOMEL, C., GÄRTNER, S. y BAUHUS, J. 2013. The effect of harvesting on stump mortality and re-sprouting in aged oak coppice forests. *Forest Ecology and Management* 289: 18 - 27.
- RAFFAELE, E. y VEBLEN, T. 2001. Effects of cattle grazing on early postfire regeneration of matorral in Northwest Patagonia, Argentina. *Natural Areas Journal* 21: 243 - 249.
- RAMÍREZ, C. 1987. El Género *Nothofagus* y su importancia en Chile. *Bosque* 8(2): 71 - 76.
- RAMÍREZ, C., CORREA, M., FIGUEROA, H. y SAN MARTÍN, J. 1985. Variación del hábito y habitar de *Nothofagus antarctica* en el centro sur de Chile. *Bosque* 6(2): 55 - 73.
- RAPP, M., SANTA REGINA, I., RICO, M. y GALLEGGO, H. 1999. Biomass, nutrient content, litterfall and nutrient return to the soil in Mediterranean oak forests. *Forest Ecology and Management* 119: 39 - 49.
- RELVA, M., DAMASCOS, M., MACCHI, P., MATHIASSEN, P. y PREMOLI, A. 2014. Impactos humanos en la Patagonia. En: RAFFAELE, E., DE TORRES, M., MORALES, C. y KITZBERGER, T. (Eds.). *Ecología e historia natural de la Patagonia Andina: Un cuarto de siglo de investigación en biogeografía, ecología y conservación*. Fundación de Historia Natural Félix de Azara. pp. 157 - 182.
- REQUE, J., SARASOLA, M., GYENGE, J. y FERNÁNDEZ, M. 2007. Caracterización silvícola de ñirantales del norte de la Patagonia para la gestión forestal sostenible. *Bosque* 28(1): 33 - 45.
- REYES, M. 2006. Caracterización del desarrollo de rebrotes de diferentes edades, en un monte bajo clareado de Quillay (*Quillaja saponaria* Mol.), en el secano interior de la VI Región. Memoria para optar al Título Profesional de Ingeniero Forestal. Universidad de Chile. Santiago, Chile. 55 p.
- RIQUELME, F. 2015. Dinámica de crecimiento de rebrotes de *Quillaja saponaria* Mol. bajo un esquema silvicultural de monte bajo, en el secano interior de Chile central. Memoria para optar al Título Profesional de Ingeniero Forestal. Universidad de Chile. Santiago, Chile. 37 p.
- RUSCH, V., ROVETA, R., PERALTA, C., MÁRQUES, B., VILA, A., SARASOLA, M., TODARO, C. y BARRIOS, D. 2004. Indicadores de sustentabilidad en sistemas silvopastoriles. Alternativas de manejo sustentable para el manejo forestal integral de los bosques de Patagonia. Informe final del Proyecto de Investigación Aplicada a los Recursos Forestales Nativos (PIARFON). Tomo II: 681 - 797. Dirección de Bosques de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de Nación (SAyDS). Proyecto BIRF 4085-AR.

- SALINAS, J. 2016a. Manejo silvopastoral en renovales coetáneos de *Nothofagus antarctica* (G.Forst.) Oerst. (Ñire) en la región de Aysén, Chile. En: SOTOMAYOR, A. y BARROS, S. Los Sistemas Agroforestales en Chile. Instituto Forestal. Chile. pp. 245 - 258.
- SALINAS, J. 2016b. Experiencia de manejo silvopastoral en dos renovales coetáneos de *Nothofagus antarctica* (G. Forst.) Oerst. (ñire) en la Región de Aysén. En: BARROS, S. (Ed.). Instituto Forestal. Revista Ciencia e Investigación Forestal 22(1). Chile.
- SALINAS, J. y ACUÑA, B. 2017. Protección individual de tocones una estrategia para la continuidad del bosque de ñire. Instituto Forestal. Coyhaique, Chile. 14 p.
- SALINAS, J., KOCH, L. ACUÑA, B., y URIBE, A. 2014. Propagación sexual y asexual de ñire *Nothofagus antarctica* (Forster) Oerst. en la Patagonia Chilena. Instituto Forestal. Revista Ciencia e Investigación Forestal 20(3): 15 - 42.
- SALINAS, J., ACUÑA, B., URIBE, A. y KOCH, L. 2015. Estudio de regeneración natural en bosques de *Nothofagus antarctica* (Forster) Oerst. (ñire) bajo pastoreo doméstico en la Región de Aysén. Instituto Forestal, Ministerio de Agricultura. Coyhaique, Chile. 50 p.
- SALINAS, J., SOTOMAYOR, A. y ACUÑA, B. 2016. Evaluation of a thinning under silvopastoral approach in a *Nothofagus antarctica* (ñire) in Chilean Patagonia. World Congress Silvo-Pastoral Systems 2016. Évora, Portugal. 112 p.
- SALINAS, J., PERI, P., HEPP, C. y ACUÑA, B. 2017. Sistemas silvopastorales en bosques de ñire (*Nothofagus antarctica* (G. Forst.) Oerst.) en la Región de Aysén. Instituto Forestal. Coyhaique, Chile. 58 p.
- SAN MARTÍN, J., TRONCOSO, A. y RAMÍREZ, C. 1986. Fitosociología de los bosques de *Nothofagus antarctica* (Forst.) Oerst. en la cordillera costera de Cauquenes (Chile). Bosque 7(2): 65 - 78.
- SARASOLA, M., LÓPEZ, D., GAITÁN, J. y SIFFREDI, G. 2008. Productividad de sistemas silvopastoriles en bosques de ñire en la cuenca del río Foyel. Actas Segunda Reunión sobre *Nothofagus* de la Patagonia – EcoNothofagus 2008. Chubut, Argentina. pp. 156 - 164.
- SCHLTATTER, J. 1979. Reconocimiento de suelos en zona trasandina alrededor de Coyhaique, XI Región. Informe de convenio N° 9. Proyecto SERPLAC/CONAF XI Región – UACH. Valdivia, Chile. 63 p.
- SERRA, M., GAJARDO, R. y GREZ, I. 1994. Estudio del rebrote en cepas de Quillay (*Quillaja saponaria* Mol., *Rosaceae*). Informe Final de Proyecto Específico de Investigación. 105 p.
- SERRADA, R. 2008. Apuntes de Selvicultura. Servicio de Publicaciones. EUIT Forestal. Madrid, España. pp. 393 - 428.

- SOKAL, R. y ROHLF, F. 2012. Biometry. The principles and practice of statistics in biological research. Fourth Edition. W.H. Freeman and Company. New York. 937 p.
- STECCONI, M., PUNTIERI, J. y BARTHÉLÉMY, D. 2000. Annual shoot-growth in *Nothofagus antarctica* (G. Forster) Oersted (Nothofagaceae) from Northern Patagonia. *Trees* 14: 289 - 296.
- STECCONI, M., MARCHELLI, P., PUNTIERI, J., PICCA, P. y GALLO, L. 2004. Natural hybridization between a deciduous (*Nothofagus antarctica*, Nothofagaceae) and an evergreen (*N. dombeyi*) forest tree species: evidence from morphological and isoenzymatic traits. *Annals of Botany* 94: 775 - 786.
- STEINKE, L., PREMOLI, A., SOUTO, C. y HEDRÉN, M. 2008. Adaptive and neutral variation of resprouter *Nothofagus antarctica* growing in distinct habitats in north-western Patagonia. *Silva Fennica* 42(2): 177 - 188.
- TEJERA, L., HANSEN, N. y FERTIG, M. 2005. Efecto de la cobertura arbórea y el pastoreo vacuno sobre el establecimiento de la regeneración de *Nothofagus antarctica* (G.Forst.) Oerst. Actas III Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano. Corrientes, Argentina. 7 p.
- TOLEDO, L. 2005. Descripción del rebrote en cepas de *Sequoia sempervirens* (D. Don) Endl. Memoria para optar al Título Profesional de Ingeniero Forestal. Universidad de Chile. Santiago, Chile. 81 p.
- URIBE, J., CABRERA, R., DE LA FUENTE, A. y PANEQUE, M. 2012. Atlas bioclimático de Chile. 228 p.
- URRUTIA, J., LANUZA, O. y HERRERA, A. 2014. Sobrevivencia y producción de biomasa, de *Acacia pennatula* (Schlecht.) Benth por efecto de tres alturas de poda. 2012. Agroforestería y sistemas silvopastoriles. Medio ambiente, tecnología y desarrollo humano. N° 11. pp. 5 - 12.
- VEBLEN, T. y LORENZ, D. 1987. Postfire stand development of *Austrocedrus-Nothofagus* forests in northern Patagonia. *Vegetatio* 71: 113 - 126.
- VEBLEN, T. y LORENZ, D. 1988. Recent vegetation changes along the forest/steppe ecotone in northern Patagonia. *Annals of the Association of American Geographers* 78(1): 93 - 111.
- VEBLEN, T., DONOSO, C., KITZBERGER, T. y REBERTUS, J. 1996. Ecology of southern Chilean and Argentinean *Nothofagus* forests. En: VEBLEN, T., HILL, R. y READ, J. The ecology and biogeography of *Nothofagus* forests. pp. 293 - 353.
- VERGARA, O. y JÉREZ, V. 2010. Insectos e infestaciones asociadas al follaje de *Nothofagus antarctica* (Forst) Oerst (Nothofagaceae) en la cuenca del río Baker, Región de Aysén, Chile. *Gayana Botánica* 74(2): 83 - 93.

VIDAL, R. y PREMOLI, A. 2004. Variación en *Nothofagus antarctica* (Forster) Oerst. (Ñire o Ñirre). En: DONOSO, C., PREMOLI, A., GALLO, L. e IPINZA, R. Variación intraespecífica en las especies arbóreas de los bosques templados de Chile y Argentina. Editorial Universitaria. Santiago, Chile. pp. 173 - 188.

VITA, A. 1978. Los tratamientos silviculturales. Universidad de Chile. Santiago, Chile. 234 p.

VITA, A. 1996. Los tratamientos silviculturales. Universidad de Chile. Segunda edición. Santiago, Chile. 150 p.

VITA, A., SERRA, M., GREZ, I., GONZÁLEZ, M. y OLIVARES, A. 1998. Respuesta del rebrote en espino (*Acacia caven* (Mol.) Mol.) sometido a intervenciones silviculturales en la zona árida de Chile. Ciencias Forestales 13(1-2): 3 - 18.

WOLFF, F. 2016. Estimación del crecimiento en biomasa y contenido de carbono en rebrotes de monte bajo de *Quillaja saponaria* Mol. en el secano interior de Chile central. Memoria para optar al Título Profesional de Ingeniero Forestal. Universidad de Chile. Santiago, Chile. 38 p.

XUE, Y., ZHANG, W., ZHOU, J., MA, C. y MA, L. 2003. Effects of stump diameter, stump height, and cutting season on *Quercus variabilis* stump sprouting. Scandinavian Journal of Forest Research 28(3): 223 - 231.

ÁPENDICE

I. Caracterización de rebrotes de tocón

Cuadro I.1. Densidad de rebrotes (brotes/tocón) promovida por los tratamientos de corta luego de dos años de realizada la intervención en el bosque de *Nothofagus antarctica* en Valle California. Los valores corresponden a la media \pm el error estándar y el rango de los datos.

Parámetro	Tratamientos de corta			General
	3 cm	30 cm	100 cm	
Promedio	47,2a (\pm 38,6)	91,6b (\pm 51,4)	108,3b (\pm 76,5)	85,7 (\pm 64,0)
Rango	7 - 116	21 - 193	18 - 327	7 - 327

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Cuadro I.2. Densidad de rebrotes (brotes/tocón) promovida por los tratamientos de corta luego de dos años de realizada la intervención en el bosque de *Nothofagus antarctica* en Balmaceda. Los valores corresponden a la media \pm el error estándar y el rango de los datos.

Parámetro	Tratamientos de corta			General
	3 cm	30 cm	100 cm	
Promedio	39,3a (\pm 31,2)	74,2a (\pm 52,6)	94,7a (\pm 101,7)	73,1 (\pm 74,5)
Rango	4 - 89	2 - 191	11 - 353	2 - 353

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Cuadro I.3. Diámetro basal promedio (mm) de los diez vástagos de mayor tamaño promovido por los tratamientos de corta luego de dos años de realizada la intervención en el bosque de *Nothofagus antarctica* en Valle California. Los valores corresponden a la media \pm el error estándar y el rango de los datos.

Parámetro	Tratamientos de corta			General
	3 cm	30 cm	100 cm	
Promedio	4,0a (\pm 1,5)	5,5a (\pm 3,1)	6,9b (\pm 3,1)	5,6 (\pm 3,0)
Rango	1,6 - 7,3	2,7 - 12,9	3,8 - 18,5	1,6 - 18,5

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Cuadro I.4. Diámetro basal promedio (mm) de los diez vástagos de mayor tamaño promovido por los tratamientos de corta luego de dos años de realizada la intervención en el bosque de *Nothofagus antarctica* en Balmaceda. Los valores corresponden a la media \pm el error estándar y el rango de los datos.

Parámetro	Tratamientos de corta			General
	3 cm	30 cm	100 cm	
Promedio	2,6a (\pm 0,8)	3,7a (\pm 1,2)	3,5a (\pm 2,1)	3,3 (\pm 1,6)
Rango	1,6 - 3,9	1,9 - 5,7	0,9 - 7,7	0,9 - 7,7

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Cuadro I.5. Longitud promedio (cm) de los 10 vástagos de mayor tamaño promovida por los tratamientos de corta luego de dos años de realizada la intervención en el bosque de *Nothofagus antarctica* en Valle California. Los valores corresponden a la media \pm el error estándar y el rango de los datos.

Parámetro	Tratamientos de corta			General
	3 cm	30 cm	100 cm	
Promedio	51,5a (\pm 18,5)	68,6ab (\pm 29,5)	68,7b (\pm 16,4)	63,9 (\pm 23,2)
Rango	29,4 - 94,0	31,9 - 125,6	41,9 - 107,7	29,4 - 125,6

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Cuadro I.6. Longitud promedio (cm) de los 10 vástagos de mayor tamaño promovida por los tratamientos de corta luego de dos años de realizada la intervención en el bosque de *Nothofagus antarctica* en Balmaceda. Los valores corresponden a la media \pm el error estándar y el rango de los datos.

Parámetro	Tratamientos de corta			General
	3 cm	30 cm	100 cm	
Promedio	32,9a (\pm 15,9)	48,7a (\pm 18,8)	41,8a (\pm 27,4)	41,8 (\pm 22,3)
Rango	10,3 - 64,2	17,2 - 75,6	6,9 - 92,5	6,9 - 92,5

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Cuadro I.7. Diámetro basal (mm) del rebrote de mayor tamaño promovido por los tratamientos de corta luego de dos años de realizada la intervención en el bosque de *Nothofagus antarctica* en Valle California. Los valores corresponden a la media \pm el error estándar y el rango de los datos.

Parámetro	Tratamientos de corta			General
	3 cm	30 cm	100 cm	
Promedio	5,0a (\pm 1,5)	6,8a (\pm 2,9)	10,3b (\pm 6,0)	7,7 (\pm 4,7)
Rango	2,5 - 7,7	3,5 - 15,7	4,5 - 27,8	2,5 - 27,8

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Cuadro I.8. Diámetro basal (mm) del rebrote de mayor tamaño promovido por los tratamientos de corta luego de dos años de realizada la intervención en el bosque de *Nothofagus antarctica* en Balmaceda. Los valores corresponden a la media \pm el error estándar y el rango de los datos.

Parámetro	Tratamientos de corta			General
	3 cm	30 cm	100 cm	
Promedio	3,0a (\pm 1,0)	4,5b (\pm 1,2)	4,9ab (\pm 3,5)	4,3 (\pm 2,5)
Rango	0,8 - 4,1	2,6 - 6,4	1,7 - 14,2	0,8 - 14,2

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Cuadro I.9. Longitud (cm) del rebrote de mayor tamaño promovida por los tratamientos de corta luego de dos años de realizada la intervención en el bosque de *Nothofagus antarctica* en Valle California. Los valores corresponden a la media \pm el error estándar y el rango de los datos.

Parámetro	Tratamientos de corta			General
	3 cm	30 cm	100 cm	
Promedio	63,0a (\pm 23,1)	86,9b (\pm 27,3)	93,1b (\pm 25,8)	83,2 (\pm 28,3)
Rango	29,6 - 111,8	50,1 - 130,2	54,3 - 142,8	29,6 - 142,8

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Cuadro I.10. Longitud (cm) del rebrote de mayor tamaño promovida por los tratamientos de corta luego de dos años de realizada la intervención en el bosque de *Nothofagus antarctica* en Balmaceda. Los valores corresponden a la media \pm el error estándar y el rango de los datos.

Parámetro	Tratamientos de corta			General
	3 cm	30 cm	100 cm	
Promedio	50,5a (\pm 25,7)	57,8a (\pm 20,2)	54,1a (\pm 33,8)	54,4 (\pm 27,1)
Rango	13,5 - 96,5	21,0 - 90,0	13,0 - 111,0	13,0 - 111,0

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Cuadro I.11. Biomasa acumulada total (g) del rebrote de mayor tamaño promovida por los tratamientos de corta luego de dos años de realizada la intervención en el bosque de *Nothofagus antarctica* en Valle California. Los valores corresponden a la media \pm el error estándar y el rango de los datos.

Parámetro	Tratamientos de corta			General
	3 cm	30 cm	100 cm	
Promedio	6,8a (\pm 6,4)	18,5a (\pm 23,7)	62,4b (\pm 92,4)	33,1 (\pm 64,2)
Rango	0,9 - 26,0	2,2 - 89,4	4,5 - 398,8	0,9 - 398,8

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Cuadro I.12. Biomasa acumulada total (g) del rebrote de mayor tamaño promovida por los tratamientos de corta luego de dos años de realizada la intervención en el bosque de *Nothofagus antarctica* en Balmaceda. Los valores corresponden a la media \pm el error estándar y el rango de los datos.

Parámetro	Tratamientos de corta			General
	3 cm	30 cm	100 cm	
Promedio	1,7a (\pm 1,0)	3,8a (\pm 2,5)	8,3a (\pm 12,7)	5,0 (\pm 8,5)
Rango	0,2 - 3,6	0,4 - 8,7	0,2 - 41,6	0,2 - 41,6

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Cuadro I.13. Biomasa acumulada en tallo (g) del rebrote de mayor tamaño promovida por los tratamientos de corta luego de dos años de realizada la intervención en el bosque de *Nothofagus antarctica* en Valle California. Los valores corresponden a la media \pm el error estándar y el rango de los datos.

Parámetro	Tratamientos de corta			General
	3 cm	30 cm	100 cm	
Promedio	2,8a (\pm 3,2)	7,5b (\pm 7,8)	20,0b (\pm 27,3)	11,3 (\pm 19,1)
Rango	0,2 - 12,5	1,2 - 29,5	1,2 - 113,9	0,2 - 113,9

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Cuadro I.14. Biomasa acumulada en tallo (g) del rebrote de mayor tamaño promovida por los tratamientos de corta luego de dos años de realizada la intervención en el bosque de *Nothofagus antarctica* en Balmaceda. Los valores corresponden a la media \pm el error estándar y el rango de los datos.

Parámetro	Tratamientos de corta			General
	3 cm	30 cm	100 cm	
Promedio	1,0a (\pm 0,7)	2,1a (\pm 1,3)	4,1a (\pm 6,6)	2,6 (\pm 4,3)
Rango	0,2 - 2,6	0,3 - 4,9	0,1 - 22,2	0,1 - 22,2

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Cuadro I.15. Biomasa acumulada en ramas (g) del rebrote de mayor tamaño promovida por los tratamientos de corta luego de dos años de realizada la intervención en el bosque de *Nothofagus antarctica* en Valle California. Los valores corresponden a la media \pm el error estándar y el rango de los datos.

Parámetro	Tratamientos de corta			General
	3 cm	30 cm	100 cm	
Promedio	2,3a (\pm 2,5)	7,8a (\pm 13,3)	28,4b (\pm 46,0)	14,8 (\pm 32,1)
Rango	0,1 - 9,4	0,5 - 54,1	0,9 - 199,5	0,1 - 199,5

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Cuadro I.16. Biomasa acumulada en ramas (g) del rebrote de mayor tamaño promovida por los tratamientos de corta luego de dos años de realizada la intervención en el bosque de *Nothofagus antarctica* en Balmaceda. Los valores corresponden a la media \pm el error estándar y el rango de los datos.

Parámetro	Tratamientos de corta			General
	3 cm	30 cm	100 cm	
Promedio	0,3a (\pm 0,3)	0,8a (\pm 0,7)	2,9a (\pm 4,4)	1,5 (\pm 3,0)
Rango	0,004 - 0,8	0,02 - 2,2	0,02 - 12,1	0,004 - 12,1

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Cuadro I.17. Biomasa acumulada en hojas (g) del rebrote de mayor tamaño promovida por los tratamientos de corta luego de dos años de realizada la intervención en el bosque de *Nothofagus antarctica* en Valle California. Los valores corresponden a la media \pm el error estándar y el rango de los datos.

Parámetro	Tratamientos de corta			General
	3 cm	30 cm	100 cm	
Promedio	1,7a (\pm 1,2)	3,6a (\pm 4,3)	14,0b (\pm 19,8)	7,3 (\pm 13,8)
Rango	0,4 - 4,3	0,5 - 16,3	1,2 - 85,4	0,4 - 85,4

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Cuadro I.18. Biomasa acumulada en hojas (g) del rebrote de mayor tamaño promovida por los tratamientos de corta luego de dos años de realizada la intervención en el bosque de *Nothofagus antarctica* en Balmaceda. Los valores corresponden a la media \pm el error estándar y el rango de los datos.

Parámetro	Tratamientos de corta			General
	3 cm	30 cm	100 cm	
Promedio	0,5a (\pm 0,3)	0,9a (\pm 0,6)	1,7a (\pm 2,2)	1,1 (\pm 1,5)
Rango	0,02 - 0,8	0,1 - 2,0	0,1 - 7,3	0,02 - 7,3

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Cuadro I.19. Área foliar (cm²) del rebrote de mayor tamaño promovida por los tratamientos de corta luego de dos años de realizada la intervención en el bosque de *Nothofagus antarctica* en Valle California. Los valores corresponden a la media \pm el error estándar y el rango de los datos.

Parámetro	Tratamientos de corta			General
	3 cm	30 cm	100 cm	
Promedio	22,5a (\pm 4,9)	18,2b (\pm 6,7)	14,1b (\pm 5,3)	17,8 (\pm 6,6)
Rango	15,0 - 30,3	10,1 - 36,3	7,0 - 25,1	7,0 - 36,3

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Cuadro I.20. Área foliar (cm²) del rebrote de mayor tamaño promovida por los tratamientos de corta luego de dos años de realizada la intervención en el bosque de *Nothofagus antarctica* en Balmaceda. Los valores corresponden a la media \pm el error estándar y el rango de los datos.

Parámetro	Tratamientos de corta			General
	3 cm	30 cm	100 cm	
Promedio	22,6a (\pm 16,0)	28,1a (\pm 13,0)	19,3a (\pm 6,4)	23,2 (\pm 12,2)
Rango	0,7 - 59,6	10,8 - 57,6	5,4 - 31,2	0,7 - 59,6

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Cuadro I.21. Área foliar específica (cm²/g) del rebrote de mayor tamaño promovida por los tratamientos de corta luego de dos años de realizada la intervención en el bosque de *Nothofagus antarctica* en Valle California. Los valores corresponden a la media ± el error estándar y el rango de los datos.

Parámetro	Tratamientos de corta			General
	3 cm	30 cm	100 cm	
Promedio	196,0a (± 21,2)	171,2b (± 27,5)	177,8ab (± 23,2)	180,2 (± 26,0)
Rango	167,1 - 239,5	119,8 - 223,9	115,1 - 219,2	115,1 - 239,5

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Cuadro I.22. Área foliar específica (cm²/g) del rebrote de mayor tamaño promovida por los tratamientos de corta luego de dos años de realizada la intervención en el bosque de *Nothofagus antarctica* en Balmaceda. Los valores corresponden a la media ± el error estándar y el rango de los datos.

Parámetro	Tratamientos de corta			General
	3 cm	30 cm	100 cm	
Promedio	195,6a (± 22,4)	200,6a (± 56,8)	197,7a (± 52,8)	198,2 (± 47,0)
Rango	160,7 - 225,7	116,6 - 327,0	119,1 - 325,9	116,6 - 327,0

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)