



Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias Forestales

**Estructura y composición de los bosques de *Araucaria-  
Nothofagus* en la Reserva Nacional Malalcahuello,  
posterior a su explotación selectiva**

Patrocinante: Sr. Mauro E. González C.

Trabajo de titulación presentado  
como parte de los requisitos para optar  
al título de **Ingeniero Forestal**

**JORGE SEBASTIÁN SILVA MARTÍNEZ**

VALDIVIA  
2009

## CALIFICACIÓN DEL COMITÉ DE TITULACIÓN

		<b>NOTA</b>
Patrocinante:	Sr. Mauro González Cangas	7,0
Informante:	Sr. Carlos Le-Quesne Geier	6,5
Informante:	Sr. Víctor Sandoval Vásquez	6,06

El patrocinante acredita que el presente Trabajo de Titulación cumple con los requisitos de contenido y de forma contemplados en el reglamento de Titulación de la Escuela. Del mismo modo, acredita que en el presente documento han sido consideradas las sugerencias y modificaciones propuestas por los demás integrantes del Comité de Titulación.

---

Sr. Mauro González Cangas.

## Agradecimientos

Agradece a la llama su luz, pero no olvides el pie del candil, que constante y paciente, la sostiene en la sombra (Rabindranath Tagore).

El presente trabajo no hubiera sido posible sin las personas que en algún momento de mi carrera compartieron y fueron mi inspiración de avanzar. Es así, que en esta página, quiero plasmar mi sincera gratitud por la luz y el soporte prestado en esta etapa de mi vida.

Quisiera agradecer el aliento, la preocupación y el empuje de mis seres queridos. A Elda Arroyo, a mis tíos Ricardo Martínez, Rosa Moreira y Patricia Martínez y a todos mis primos, grandes, medianos y chicos. A mis hermanos Rolando Contreras y María Contreras, a mi tía "Mabel" Sepúlveda, a Sergio Jiménez y a toda mi familia en especial a mi Lola Andrade. Igualmente, agradezco y reconozco el afecto de Sonia Rivera, que con preocupación de cual madre acoge a un hijo, me ha brindado toda su fuerza y respaldo. También doy gracias a mi familia Rios-Barria por la compañía y las alegrías.

Entrego mi sincera gratitud a mi compañero de carrera Cristian Rojas y a mi primo Rolando Contreras (Roleiro) por acompañarme de manera desinteresada en la toma de datos en terreno, soportando las inclemencias del tiempo y las extensas jornadas de trabajo. De igual manera agradezco la comunidad de mis compañeros de carrera y a amigos, en especial a Carlos Espinoza, Melisa Troncoso, Jorge Bordillo, Alejandra Elfar, y a todo "staff" del laboratorio de dendrocronología.

Agradezco la colaboración de CONAF, y de gran manera a todos los trabajadores y cuerpo administrativo de la Reserva Nacional Malalcahuello, en especial al Sr Iván Bolívar por la hospitalidad brindada. Así mismo, agradezco al Sr Gabino Negrier, por compartir sus experiencias y conocimiento histórico de las explotaciones madereras.

Doy gracias a mis profesores informantes Sr. Carlos Le-Quesne y Sr. Víctor Sandoval, por dedicar parte de su tiempo en la corrección y evaluación de este trabajo. Así mismo y de manera especial, agradezco a mi profesor patrocinante Sr. Mauro González por brindarme la confianza y la oportunidad de conocer y comprender un poco más las maravillas de los bosques de *Araucaria araucana*.

Finalmente quiero agradecer a mi Claudia Rios, por su apoyo incondicional, su compañía, comprensión y por ese amor que día a día me entrega impulsándome a vivir.

*Dedicado a mis madres Juana Martínez López (q.e.p.d.) y Lola Andrade Gutiérrez y en especial a mi gran amor, mi Claudia Rios.*

*“¡Pobres los árboles de Chile! Ningunos más bellos en la superficie del globo y ningunos más despreciados en los sitios mismos que embellecen. Para ellos, el hacha, el carbón, la ceniza. Y entre tanto, para los árboles exóticos, se dedican los almácigos esmerados, los conservatorios más costosos, los sitios de recreo...”*

*Benjamín Vicuña Mackenna (1831-1886)*

## ÍNDICE DE MATERIAS

	Página
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO TEÓRICO	3
2.1 Ubicación de los bosques de <i>Araucaria araucana</i>	3
2.2 Asociaciones principales	3
2.3 Dinámica y estructura de los bosques de <i>Araucaria-Nothofagus</i>	4
2.4 Historia maderera de la Reserva Nacional Malalcahuello (1944-1960)	6
2.4.1 Concesiones madereras	6
2.4.2 Faenas de producción	7
3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	9
3.1 Área de estudio	9
3.2 Metodología de muestreo	10
3.3 Muestreo y procesamiento de tarugos	12
4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	13
4.1 Cambios en la estructura del bosque luego de su explotación selectiva	13
4.1.1 Estructura diamétrica del bosque remanente	13
4.1.2 Estructura dasométrica del bosque remanente	15
4.1.3 Características dasométricas de los árboles extraídos	16
4.1.4 Estructura vertical del bosque remanente	18
4.2 Ocurrencia de incendios y establecimiento de <i>Nothofagus</i> en el sector El Coloradito	20
4.3 Regeneración arbórea del bosque remanente	23
4.4 Dominancia y diversidad de especies	24
5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	27
5.1 Desarrollo de la explotación maderera en la Reserva Nacional Malalcahuello	27
5.2 Estructura actual del bosque de <i>Araucaria-Nothofagus</i> luego de su explotación selectiva	28
5.3 Regeneración y dominancia de especies a nivel de sotobosque	29
6. CONCLUSIONES	31
7. BIBLIOGRAFÍA	32

## ANEXOS

- 1 *Abstract and Key words*
- 2 Mapa de ubicación geográfica de las unidades muestrales dentro del área de estudio
- 3 Tablas de rodal por parcela
- 4 Estadísticas de regresiones de diámetros por parcela (DAP 1,3 m / DAT 0,5 m)
- 5 Estadísticas de regresiones de alturas por especie (DAP 1,3 m / Altura)
- 6 Fotografías
- 7 Cuadro resumen de diámetros medios cuadráticos (cm) por especie y por parcela. Fórmula de Duncan (1989) para estimar los añillos faltantes
- 8 Gráficos de regeneración arbórea por especie y por parcela

## ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Principales especies del género <i>Nothofagus</i> asociadas a <i>Araucaria araucana</i>	4
Cuadro 2. Presencia y cobertura vegetal según Braun Blanquet (1950)	11
Cuadro 3. Densidad y área basal (AB) residual y extraída por parcela, para las especies arbóreas presentes en el sector El Coloradito	17
Cuadro 4. Regeneración arbórea por parcela	23
Cuadro 5. Composición florística del bosque <i>Araucaria-Nothofagus</i> en la Reserva Forestal Malalcahuello, sector El Coloradito	25

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Ubicación geográfica Reserva Nacional Malalcahuello (Datum: WGS 1984)	9
Figura 2. Distribución de parcelas de regeneración dentro de la unidad muestral principal	12
Figura 3. Parcelas de estructura A. Tendencia de distribución diamétrica en forma de "j inversa"	13
Figura 4. Parcelas de estructura B. Dominadas por estructuras de tipo coetánea para las tres especies	15

Figura 5.	Diámetro medio cuadrático (DMC) por especie para los árboles remanentes y los árboles extraídos en el sector El Coloradito	18
Figura 6.	Distribución media de alturas dominantes por parcelas	18
Figura 7.	Posición sociológica de los individuos arbóreos	19
Figura 8.	Ocurrencia de incendios en el sector El Coloradito	21
Figura 9.	Períodos de establecimiento de <i>Nothofagaceas</i> en sector El Coloradito	22

## RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo analiza la historia de explotación de los bosques en la Reserva Nacional Malalcahuello (IX Región de Chile) a partir de 1945. Conjuntamente se determina la influencia de la práctica del “floreo” sobre la estructura y la composición de los bosques de *Araucaria-Nothofagus* situados dentro de la reserva en el sector El Coloradito.

Se determina el tipo de estructura diamétrica que presenta el bosque residual. Simultáneamente, se calculan los parámetros de área basal y diámetro medio cuadrático de los árboles residuales y extraídos. Se evalúa la estructura vertical del componente arbóreo considerando las alturas dominantes y la posición sociológica de los individuos. A través del análisis de tarugos de incremento de *Nothofagus dombeyi* y *Nothofagus pumilio* se determinan las fechas de establecimiento y las cohortes existentes en el área. Con el propósito de vincular las fechas de establecimiento de las *Nothofagaceas* a los disturbios por fuego, se realizó el fechado preliminar de incendios en 15 muestras de *Araucaria araucana* colectadas en el área. Se determinó la densidad de la regeneración arbórea, la dominancia y la diversidad de las especies del sotobosque de acuerdo a su forma de vida.

Se reconoce para el bosque estudiado una estructura de tipo multietánea irregular. Se presentan dos tendencias clasificadas como “Estructura A” donde las especies en su conjunto, especialmente *Araucaria*, tienden a generar una curva de distribución diamétrica de tipo “J inversa”; y rodales de “Estructura B”, en los cuales se observan distribuciones relativamente coetáneas, con uno a tres cohortes de *N. dombeyi*. La mayor densidad residual la presenta *N. dombeyi* seguida por *A. araucana*. El 81% de árboles cosechados corresponden a *N. dombeyi* y un 19% a *A. araucana*. El área basal extraída supera el 50% residual. La estructura vertical del bosque es multiestratificada, siendo *A. araucana* la especie que presenta el mayor número de individuos sumergidos. Se observan cuatro pulsos de establecimiento coincidentes con las fechas de incendios registradas en *A. araucana*. Por otra parte, se registraron 38 especies en el sotobosque, de las cuales cinco son exóticas. La regeneración arbórea es baja, mientras que la diversidad de acuerdo al índice de Margalef es alta.

Se concluye que el efecto del floreo en bosques de *Araucaria-Nothofagus* se observa principalmente en la estructura diamétrica y etárea, resultando en un cambio gradual de la estructura original, favoreciendo la formación de claros y pequeños parches de bosques secundarios de *Nothofagus* probablemente en detrimento de la abundancia de *Araucaria*.

Palabras claves: Bosques de *Araucaria-Nothofagus*, floreo, incendios.

## 1. INTRODUCCIÓN

La historia de aprovechamiento y utilización del bosque nativo en Chile se remonta al período indígena. En esa época la utilización de los recursos se destinaba principalmente como fuente de energía, construcción de embarcaciones, herramientas y utensilios (Otero, 2006).

A partir del siglo XVI y hasta mediados del siglo XIX (mayormente durante la fase de colonización española) se produce una rápida destrucción de los bosques entre el Maule y Concepción producto de la quema de bosques para habilitación de terrenos agrícolas, ganaderos y para expulsar a los indígenas de sus tierras (Armesto *et al.*, 1994; Marcel, 1997). Durante la mitad del siglo XIX se produce la segunda fase de colonización (período republicano), comprendiendo lo que hoy son las regiones de la Araucanía, Los Ríos y Los Lagos (Armesto *et al.*, 1994). Desde este período y hasta la mitad del siglo XX, la tala selectiva, incendios y habilitaciones de terrenos o desmontes, constituyeron las prácticas más comunes, intensificándose desde 1950 en adelante, durante la fase de industrialización (Armesto *et al.*, 1994; Marcel, 1997; Otero, 2006).

Desde las primeras décadas de siglo XX (1920 en adelante) una de las especies principalmente explotada fue *Araucaria araucana*, utilizada para la construcción de durmientes de ferrocarril, bigas de túneles, mástiles de buque (Herrmann, 2006), fabricación tableros contrachapados, muebles, puertas y ventanas (Otero, 2006). Estas explotaciones y talas incontroladas (algunas de ellas concesionadas por el Estado entre la década de 1940-1960) junto con los roces a fuego, disminuyeron drásticamente la superficie de estos bosques (González *et al.*, 2006). Se estima que la superficie original ocupada por poblaciones de *Araucaria araucana* era de más de 500.000 ha, la cual se redujo drásticamente a 261.000 ha en el transcurso del siglo XX (CONAF *et al.*, 1999).

Dado el impacto de las explotaciones e incendios en los bosques de *Araucaria araucana*, en 1976 la especie fue declarada Monumento Natural, prohibiéndose la corta de individuos. Este estatus fue revocado en 1987 pero restablecido en 1990 debido a la presión de los grupos Pehuenches y conservacionistas (Lara *et al.*, 1996). En la actualidad *A. araucana* sigue bajo esta categoría, por lo que cualquier corta o explotación que ponga en riesgo su integridad y la sustentabilidad de los bosques está penada por la ley. Sin embargo, a pesar de su protección legal, los bosques de *Araucaria araucana* siguen estando bajo una continua presión (González *et al.*, 2006) ya sea por pastoreo, incendios, cosecha de semillas y ocasionalmente corta ilegal para la producción (Bekessy *et al.*, 2004).

En la actualidad muchas áreas dan testimonio de los cambios en la estructura, composición y diversidad que experimentaron los bosques de *Araucaria* producto de faenas de explotación e incendios. Un ejemplo de esto ocurre en los bosques de la Reserva Nacional Malalcahuello <sup>(1)</sup>. En esta área los bosques de *Araucaria araucana* fueron floreados y en algunos casos quemados entre las décadas de 1940 a 1970. En este contexto, el presente trabajo busca evaluar los cambios en la estructura y

---

<sup>(1)</sup> Malalcahuello, en lengua mapuche: malal=corral; cahuello: caballo.

composición de los bosques de *Araucaria-Nothofagus* ubicados en la reserva en el sector El Coloradito, transcurridos aproximadamente 60 años desde su explotación selectiva. Para esto se han planteado los siguientes objetivos específicos:

- i) Analizar la historia de disturbios humanos y naturales que han afectado los bosques de *Araucaria-Nothofagus* en el área de estudio.
- ii) Determinar la influencia de la explotación selectiva sobre la estructura y composición de los bosques de *Araucaria-Nothofagus*.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Ubicación de los bosques de *Araucaria araucana*

La especie *A. araucana* se desarrolla sobre un amplio rango ecológico. En Chile, la distribución actual se divide en un área principal en la Cordillera de los Andes desde los 37° 27' (volcán Antuco) hasta los 39° 40' S (volcán Quetrupillán), y dos poblaciones disyuntas en la Cordillera de la Costa, específicamente en la Cordillera de Nahuelbuta, desde los 37° 40' a los 38° 40' S. En la región andina dicha distribución está asociada con la localización de muchos volcanes activos, siendo el vulcanismo el rol más importante en la distribución de la especie en la región (Veblen, 1982; Veblen *et al.*, 1996; Bekessy *et al.*, 2004).

En el límite superior del bosque andino *A. araucana* se distribuye entre los 1.200 y 1.800 m s.n.m., sin embargo, crece de manera esporádica hasta los 600 m s.n.m. Los individuos de *Araucaria* se desarrollan en todas las orientaciones, excepto las laderas sur, que se caracterizan por bosques méxicos puros de *N. pumilio* (Veblen *et al.*, 1996). En la Cordillera de la Costa, la especie se encuentra en altitudes entre 800 y 1.500 m s.n.m., excepto por una población disyunta que crece en el extremo sur de esta cordillera a 600 m de altitud (Donoso *et al.*, 2008).

En Chile la superficie estimada con presencia de *Araucaria araucana* alcanza 261.000 ha, de las cuales 122.000 ha se encuentran incorporadas en el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (CONAF *et al.*, 1999). En Argentina la superficie comprende 179.000 ha, de la cuales 63.000 ha se encuentran bajo protección (Bekessy *et al.*, 2004).

### 2.2 Asociaciones principales

Dentro del tipo forestal *Araucaria* existen diversas asociaciones de acuerdo a la altitud y latitud en que se encuentren estos bosques. *Araucaria araucana* se encuentra en rodales puros y también asociada a distintas especies del género *Nothofagus*, donde comúnmente se encuentra como árbol dominante. Los rodales puros se ubican típicamente cerca del límite altitudinal arbóreo o creciendo hacia la estepa donde las condiciones de clima o suelo son más extremas. En altitudes mayores los bosques de *A. araucana* se asocian generalmente con *N. pumilio* y *N. antarctica*. En la Cordillera de los Andes entre los 1000 a 1600 m s.n.m. *Araucaria* forma un dosel abierto sobre un estrato codominante compuesto por la decidua *N. pumilio*. En altitudes menores *Araucaria* se asocia con *N. dombeyi* y ocasionalmente con *N. nervosa* que participa en esta asociación. En Argentina, bosques mixtos de *A. araucana*-*N. dombeyi* son infrecuentes y se limitan a hábitats ribereños (Burns, 1993; Veblen *et al.*, 1996; Bekessy *et al.*, 2004).

Hacia el este de la Cordillera de los Andes, entre los 37° 30' y los 40° S, *A. araucana* forma bosques abiertos, asociada con *Austrocedrus chilensis*, *Lomatia hirsuta* y especies arbustivas de estepa en exposiciones norte; en estos casos con precipitaciones entre los 1000-1500 mm (Donoso, 1998).

En la Cordillera de la Costa en sectores de menor altitud, *Araucaria* se encuentra mezclada con especies propias del tipo forestal siempreverde como *Saxegothaea conspicua*, *Eucryphia cordifolia*, *Weinmannia trichosperma* y también *Laurelia sempervirens* (Donoso, 1998; Cortés, 2003). El cuadro 1 muestra la distribución altitudinal de las principales asociaciones de *A. araucana* con el género *Nothofagus*.

Cuadro 1. Principales especies del género *Nothofagus* asociadas a *Araucaria araucana*.

Especie	Sector	Altitud m snm	Descripción
<i>N. pumilio</i>	C. de los Andes	1.000-1.600	Formando el límite altitudinal arbóreo
	C. de Nahuelbuta	1.300-1.400	
<i>N. antarctica</i>	C. de los Andes	Mayor 1.000	Cercana al límite altitudinal arbóreo y en valles u hondonadas de altura
	C de Nahuelbuta		
<i>N. dombeyi</i>	C de los Andes	900-1.300	En sectores de menor altitud y en ambientes ribereños en Argentina
	C. de Nahuelbuta	600-1.400	
<i>N. obliqua</i>	C. de los Andes (Lonquimay)	Mayor 1.000	En la C. de Nahuelbuta, se ubica especialmente en laderas occidentales
	C. de Nahuelbuta	700	

### 2.3 Dinámica y estructura de los bosques de *Araucaria-Nothofagus*

Los primeros trabajos sobre dinámica de bosques de *Araucaria araucana* realizados el área oriental de la Cordillera de los Andes, proponen para la especie un esquema de sucesión regresiva. Donoso (1998) señala que al parecer, el proceso de sucesión regresiva se estaría confundiendo con una “zonación” que se iniciaría en la estepa más árida, continúa con zonas ecotonales (mosaico de bosquetes de *A. araucana* o *A. araucana-Nothofagus antarctica* con manchas de estepa sin árboles) hasta llegar a bosques de mayor extensión, con asociación de *A. araucana-N. pumilio* en zonas más húmedas.

A la vez, Tortorelli (1942) tras su trabajo basado en inventarios de estructura y composición florística de bosques de *Araucaria araucana* ubicados en la provincia de Neuquén, Argentina, concluye que la presencia de bosques ralos y tipo parque serían etapas de una evolución regresiva, esto dado que en los bosques más abiertos, los individuos crecían lentamente, presentaban diámetros y alturas menores, era mayor el número de árboles enfermos y la regeneración era escasa o nula. Así, determina que la etapa de regresión se originaba principalmente a causa de disturbios de carácter antrópico e incrementos de la sequía. Este planteamiento fue rechazado por Veblen (*et al.*, 1982) señalando que no ha existido disminución de las precipitaciones y que poblaciones con estructuras ralas y abiertas resultan de la capacidad de la especie de mantenerse y dominar hábitats extremos. Al respecto, Burns (1991) concluye que las estructuras de los rodales de *Araucaria araucana* cercanos al límite este de su distribución, presentan dinámicas poblacionales afectadas por perturbaciones de tipo catastróficas, frecuentes en su ambiente riguroso. Asimismo, Veblen (*et al.*, 1996) afirma dicho planteamiento, agregando que el retroceso hacia el oeste de los bosques dominados por *Nothofagus* estaría

asociado al efecto de las grandes alteraciones antrópicas producto de la llegada de colonos.

En la década del 70, Schmidt (1977) analiza la estructura de los bosques de *Araucaria araucana* en distintas etapas de desarrollo, proponiendo para éstos una sucesión de tipo cíclica, en la cual se diferencian tres fases de desarrollo: la fase de desmoronamiento y establecimiento de la regeneración; la fase de crecimiento óptimo y la fase de envejecimiento. En un estudio posterior realizado por Veblen (1982) se determinaría que la interpretación del desarrollo de estos rodales se explica por el rol de las frecuentes y masivas alteraciones alogénicas de carácter impredecible, pero frecuentes en relación a la longevidad de *Araucaria araucana*. Asimismo, Donoso (1998) señala que la interpretación de la dinámica propuesta por Schmidt no consideró disturbios naturales que afectan a *Araucaria*, como las erupciones volcánicas, incendios, deslizamientos de tierra o avalanchas de nieve o de barro. Así, de acuerdo a estudios de la ecología y dinámica de los bosques de *Araucaria araucana* las principales alteraciones o disturbios exógenos que influyen en la dinámica de estos bosques serían el vulcanismo, los incendios y las caídas por viento (Bekessy *et al.*, 2004; González *et al.*, 2006).

En la IX Región de la Araucanía, Chile, el régimen de fuego ha jugado un rol importante en la estructura y dinámica de los bosques de *Araucaria-Nothofagus*, a escala tanto de rodal como de paisaje (González *et al.*, 2005; González & Veblen, 2007). Asimismo, la influencia de las alteraciones catastróficas como incendios o sepultamiento por capas de escoria resulta en patrones de regeneración distinta para las especies (Veblen *et al.*, 1996). Por otra parte, adaptaciones como la gruesa corteza de los árboles adultos, le permiten a la especie soportar las altas temperaturas producidas en los incendios (Bekessy *et al.*, 2004; González *et al.*, 2006; Donoso, 2008).

A diferencia de las especies de *Nothofagus* que se establecen rápida y masivamente luego de alteraciones por fuego, *A. araucana* se establece paulatinamente y en menor densidad (González *et al.*, 2006). Tanto en asociaciones con *N. dombeyi* y/o *N. pumilio*, la dinámica regenerativa de los bosques es dependiente de la frecuencia y magnitud de los disturbios. Referente a esto, Burns (1991) señala que en asociaciones de *Araucaria-Nothofagus pumilio* luego de un incendio que destruye completamente el rodal, *N. pumilio* establece un cohorte denso y coetáneo impidiendo el establecimiento de nuevos individuos de ambas especies, hasta que el rodal se abre en la etapa de autoraleo. Por otra parte, González (*et al.*, 2006) señala que el rango de tiempo en que *N. pumilio* logra establecerse luego de un incendio de alta severidad es de 40 a 60 años. El mismo patrón de establecimiento y desarrollo podría observarse en la asociación *Araucaria-N. dombeyi*.

En los bosques adultos de *Araucaria-N. pumilio* no afectados recientemente por disturbios de gran escala, *Araucaria* es capaz de regenerar bajo dosel persistiendo en el sotobosque gracias a su mayor tolerancia a la sombra. En la medida en que estos rodales maduran llegando a una etapa más avanzada de desarrollo, son capaces de regenerar mediante estrategia de claros. Sin embargo, gracias a su

mayor capacidad de dispersión y rápido crecimiento *N. dombeyi* y *N. pumilio* son más exitosos en la colonización. A la vez, renovales de *Araucaria araucana* situados en la periferia de los claros pueden ser favorecidos, ya que las condiciones lumínicas causan su liberación, los cuales alcanzaran el dosel superior luego de experimentar múltiples sucesos de liberación (Burns, 1991; Veblen *et al.*, 1996; Donoso, 1998; Bekessy *et al.*, 2004).

## **2.4 Historia maderera de la Reserva Nacional Malalcahuello (1944-1960) <sup>(2)</sup>**

### *2.4.1 Concesiones madereras*

La Reserva Nacional Malalcahuello fue creada en 1931 bajo el estatus de reserva forestal, comprendiendo una superficie total de 29.530 ha. Dicha superficie estaba dominada por terrenos forestales con especies arbóreas “de maderas nobles” lo que motivó el rápido interés por la explotación de los recursos forestales.

A partir de marzo de 1944 se otorga la primera concesión maderera al Consorcio de Administraciones Agrícolas (CAA), la que inicia actividades de explotación en 1945 y las sostiene hasta el año 1948. Se estima que la producción en las tres temporadas que operó el Consorcio fue de 255.000 pulgadas, de las cuales 113.000 pulgadas fueron de *Araucaria araucana*. Resulta importante señalar que estas cifras son tentativas ya que la contabilidad y documentación consistía en simples anotaciones a lápiz en papeles sueltos y paralelamente, la concesión realizó ventas de madera a particulares y retiros clandestinos, actividades que según acuerdo estaban prohibidas y las que finalmente llevaron a la caducidad del contrato.

En el año 1946 se otorgan permisos de explotación a los colonos radicados dentro de la reserva. Una condición impuesta por el Ministerio de Tierra y Colonización consistía en que la producción de madera solo se destinaría a la construcción y mejora de las viviendas, además, prohibía cortar árboles de diámetros inferiores a 30 cm, y aquellos árboles ubicados a orillas de “vertientes” o en pendientes mayores a 18°. En resumen, el total de madera explotada por distintos propietarios fue de 88.300 pulgadas, más 60 trozas que estimativamente representan 3000 pulgadas.

Otra explotación importante fue la efectuada por el Departamento de Ferrocarriles del Ministerio de Obras Públicas entre 1948 a 1949 en una cabida de 460 ha en el sector “Montaña Malalcahuello” (figura 1). Posteriormente en 1950 y tras el agotamiento del recurso se dictaría un decreto autorizando la explotación de 500 ha en el sector “El Colorado” (figura 1). El total de producción durante las temporadas madereras de 1948 y 1949 fue de 98.700 pulgadas, mientras que la producción de 1954 fue de 45.400 pulgadas.

En el transcurso de la década de 1950 el Ministerio de Tierras y Colonización entrega variadas concesiones. De éstas, destaca la concesión otorgada al Sr. Carlos Venegas Bustos por un retazo de 50 ha ubicadas en el sector “Cordillera Blanca”. El particular no respeta la superficie ni la zona de explotación y abarca un total de 78,5 ha en siete diferentes lugares, produciendo un total 102.700 pulgadas (*A. araucana* y

---

<sup>(2)</sup> Fuente: Contraloría General de la República, 1954; Martínez, (1960).

*N. dombeyi*), con esto se le aplican sanciones y se paralizan las faenas. Entre tanto, en 1951 los permisos entregados apuntan al aprovechamiento de trozas volteadas con anterioridad por el CAA, así, se entregan a la Junta Central de Beneficencia (JCB) 145.000 pulgadas de *Araucaria araucana* ubicadas en el sector “Piedra Santa” (figura 1). En las dos temporadas de explotación la JCB alcanza a producir un total de 140.000 pulgadas.

En un estudio desarrollado por Martínez en 1960 se señala que a esa década se habían concedido 10.300 ha a particulares, quedando en propiedad fiscal 19.200 ha de las cuales 12.500 ha estaban cubiertas de bosques. Se agrega que a esa fecha el aprovechamiento maderero dentro de la reserva aún se ejercía sin ninguna planificación tendiente a mantener la perdurabilidad de la producción y que las concesiones entregadas incluían muchas veces terrenos considerados de protección. El autor señala que cada año los bosques de la reserva eran quemados y que los peligros de incendio eran constantes, principalmente por los terrenos particulares ubicados dentro del perímetro de la propiedad fiscal y que a esto se le suma la nula prevención por parte de la administración. Es así que describe estos bosques en su mayoría quemados y muy abiertos al ganado.

Dadas las características morfológicas de su fuste, *Araucaria araucana* constituyó la especie mayormente aprovechada. Los mejores individuos eran cortados a fin de asegurar el rendimiento del aserradero. De la madera obtenida el 70% pertenecía a los concesionarios y el 30% restante se le pagaba al Fisco por la concesión. Los concesionarios destinaban sus maderas tanto al mercado interno como al extranjero, sacando el producto desde la Estación Ferroviaria de Malalcahuello a Temuco, Santiago y otros puntos como Argentina y Perú. El Fisco por su parte remataba la madera que el concesionario pagaba por el usufructo del bosque, la que generalmente era adjudicada a los mismos concesionarios. En ocasiones el Fisco no lograba vender la producción por lo que la madera se acumulaba por años.

#### 2.4.2 Faenas de producción <sup>(3)</sup>

Las faenas de explotación en la época se pueden dividir en dos fases, la primera asociada al trabajo en el bosque que entregaba la materia prima y la segunda fase en el aserradero, donde se ejecutaba el dimensionado de los productos.

*Trabajo en bosque.* En el bosque las superficies que se entregaban a concesión eran delimitadas con anterioridad por un ingeniero forestal. En la marcación de los árboles solo se prohibía la corta de todos los pies del mismo sexo. El tiempo permitido para explotar los bosques dentro de la reserva era de 4 a 5 años, en casos en que el concesionario estimaba no comercial seguir extrayendo, abandonaba la concesión. Las faenas forestales en el bosque eran pagadas a trato y los obreros utilizaban sus propios bueyes y herramientas. El volteo y trozado de los árboles se realizaba a partir de junio, el corte de caída se realizaba con la sierra denominada “corvina”. Al momento de la corta las superficies se encontraban cubiertas de nieve por lo que los cortes se ejecutaban aproximadamente a 90 cm del nivel del suelo. Posteriormente se ejecutaba la apertura de fajas, labores que consisten en preparar las huellas para

---

<sup>(3)</sup> Antecedentes derivados de una entrevista personal realizada el año 2009 al Sr. Gabino Ramírez Negrier (68 años), habitante de la comuna de Malalcahuello.

el maderero, este último, era realizado con bueyes, los cuales llevaban en carros los trozos hasta el “bote” (cancha de acopio contigua al aserradero). En casos donde la troza superaba el largo del carro se acoplaba un carro más chico denominado chata. En fuertes pendientes se llegaban a utilizar hasta seis yuntas de bueyes, una yunta amarrada al frente como guía y otras dos amarradas atrás, esto para evitar el volcamiento del carro o la arremetida intempestiva ladera abajo producto del peso de la troza.

*Trabajo en aserradero.* El aserradero trabajaba aproximadamente 100 días al año concentrando sus actividades en época de primavera y verano. Al llegar las trozas al sector de ubicación del aserradero eran descortezadas con hachas, ya que la dureza de la corteza provocaba el quiebre de los dientes de la sierra. El aserrín y la corteza eran utilizados como combustible del motor a vapor, el cual proporcionaba la fuerza motriz para mover el aserradero. Dicho motor poseía dos volantes, los que transmitían el movimiento a las sierras circulares por medio de correas de 60 m de longitud total. La localización e implementación de los aserraderos dependía en primer lugar de la disponibilidad de agua para hacer andar el motor.

Corrientemente se obtenían de un ejemplar maduro de *Araucaria araucana* tres trozos de 4 m de largo cada uno, que en promedio entregaban 38,5 pulgadas por trozo. El rendimiento promedio del aserradero alcanzaba un 60%, atribuido principalmente al excesivo espesor de la sierra circular, que podía alcanzar los 12 mm. Además, tampoco se aprovechaban las tapas y cantoneras para la elaboración de tablas y listones. La producción diaria del aserradero variaba entre 800 a 900 pulgadas madereras llegando a una producción media anual de 85.000 pulgadas. Los trabajos en los aserraderos eran remunerados por día.

### 3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

#### 3.1 Área de estudio

La Reserva Nacional Malalcahuello se encuentra ubicada en IX región de la Araucanía, Chile, en el sector de la cordillera andina provincia de Malleco, comuna de Lonquimay (CONAF, 2003) junto a la localidad homónima en la vertiente sur del volcán Lonquimay (Iroumé *et al.*, 2000), a 150 km de la ciudad de Temuco comprendiendo una superficie total de 12.789 ha (figura 1).

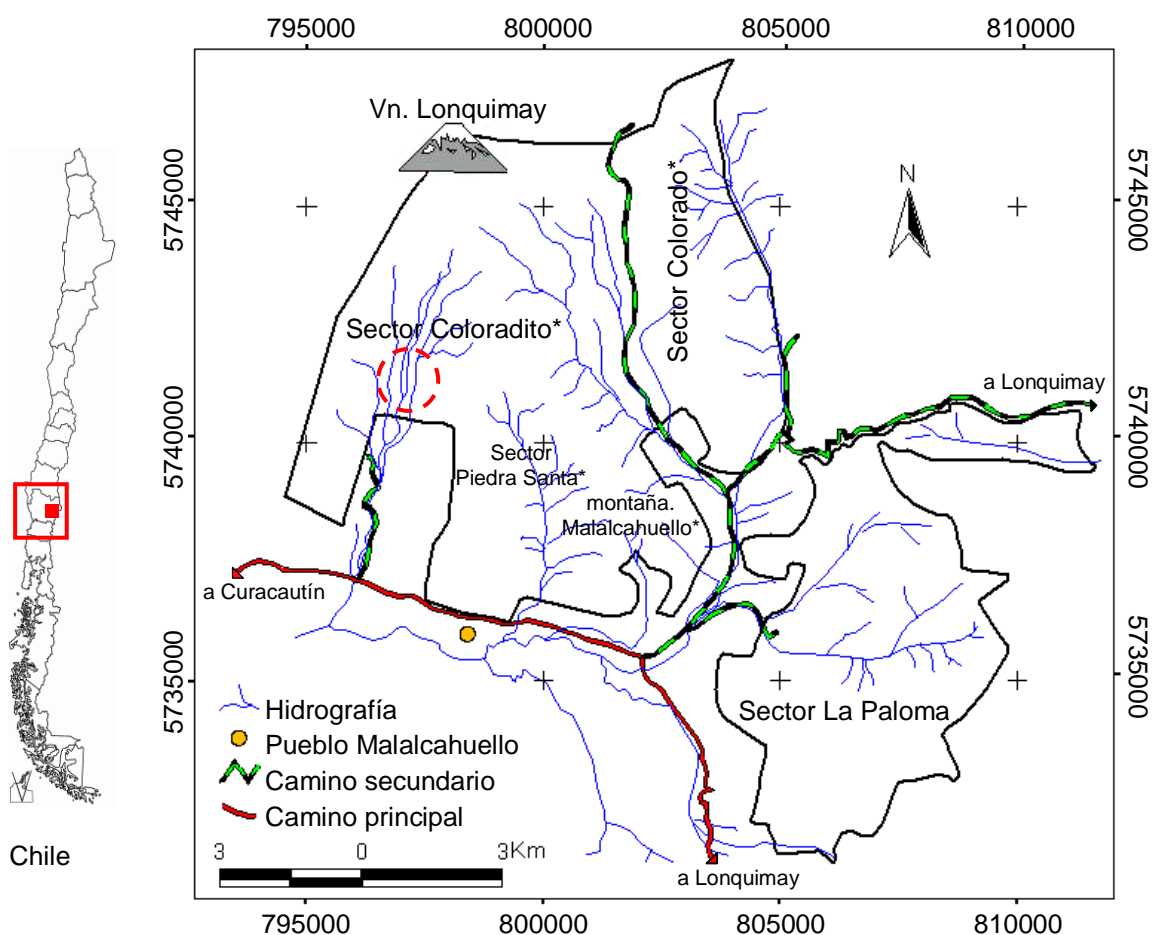


Figura 1. Ubicación geográfica Reserva Nacional Malalcahuello (Datum: WGS 1984). La circunferencia indica el área de estudio. \* Zona con antecedentes de explotación.

El clima predominante es Templado-cálido con lluvias invernales, una precipitación media anual de 2.217 mm, siendo el 40% de la precipitación de tipo nival. El mes más lluvioso es junio con 402 mm, mientras que el más seco es enero con 57 mm. La temperatura media anual es 8,5 °C, siendo enero el mes más cálido con una temperatura media de 14,3 °C y julio el mes más frío con 3,3 °C (Andreoli *et al.*, 2007). La mínima humedad relativa se alcanza en diciembre con 67% y la máxima en junio y julio con 98% (Becerra, 2000).

El relieve del terreno de la reserva es montañoso, con cerros y cumbres escarpadas. Las zonas más bajas se encuentran a 820 m s.n.m. (cercanas al pueblo de Malacahuello), mientras que las más altas corresponden a las del Vn. Lonquimay con 2.822 m de altitud (Martínez, 1960).

En general los suelos corresponden a cenizas volcánicas recientes, solo en algunos sectores se encuentran cenizas volcánicas antiguas que han originado una variedad de trumaos (Iroumé *et al.*, 2000). Los sustratos superficiales son principalmente del tipo arenoso compuestos por cenizas y de tipo pedregoso compuesto por escorias y gravas. Gran parte de la superficie del lugar está configurada por sustratos rocosos. Los sectores cubiertos con mayor biomasa vegetal han llegado a formar sustratos orgánicos y terrosos. En sectores con reducida profundidad de suelo pueden presentarse sustratos anegados debido a la disminución de la infiltración (Becerra, 2000).

En cuanto a la vegetación la distribución y superficie vegetal ha sido influenciada durante todo el holoceno por la actividad volcánica tal como en toda la región centro sur de Chile (Becerra, 2000). Los bosques de la zona corresponden principalmente a los tipos forestales coigue-raulí-tepa y al tipo forestal araucaria (Donoso, 1981), este último, predominante en área de estudio. Por otra parte, se presentan áreas con plantaciones exóticas entre las que destacan las de *Pseudotsuga menziesii*, *Pinus radiata*, *Pinus ponderosa*, *Pinus monticola*, *Pinus contorta* y una variedad de *Eucalyptus* sp. (Iroumé, 1997).

El área de estudio seleccionada se ubica en el sector El Coloradito, al oeste de la reserva, en la vertiente sur del Vn. Lonquimay, entre los 600 a los 1200 m de altitud. La asociación arbórea presente es *Araucaria-Nothofagus* y presenta antecedentes y señales de explotación forestal de épocas pasadas, donde la extracción fue dirigida a las especies *A. araucana* y *N. dombeyi*.

### **3.2. Metodología de muestreo**

Entre el rango de altitud 1200-1500 m s.n.m., se establecieron 11 parcelas rectangulares de 1000 m<sup>2</sup> cada una (20 x 50 m). La localización de éstas se realizó en forma dirigida (no aleatoria), previo recorrido del área, seleccionando aquellos rodales con evidencia de explotación, la cual se indicaba por la presencia de tocones de *Araucaria* y *Nothofagus*. Todas las parcelas fueron geo-referenciadas por medio de GPS (*Global Position System*), registrando coordenadas UTM y altitud de cada parcela establecida.

En cada parcela se midió el DAP (diámetro a la altura del pecho a 1,3 m) y el DAT (diámetro a los 50 cm de altura) a todos los árboles mayores a 5 cm. En el caso de los tocones se midió de DAT y la altura de corta. Simultáneamente se identificó la especie de todos los árboles y tocones registrados. En gabinete, determinó mediante regresión lineal (donde DAT es la variable dependiente) el DAP de los árboles extraídos. Los resultados fueron graficados por parcela de acuerdo a especie y

clases de distribución diamétrica. Igualmente se estimaron parámetros de AB y DMC para el bosque actual y los árboles extraídos.

La posición sociológica de los árboles dentro de las parcelas fue determinada visualmente. Dicha determinación se realizó considerando la clasificación de Kraft desarrollada para bosques coetáneos y que con variantes se usa para bosques heteroetáneos (Donoso, 1998). No se consideró la categoría de árboles muertos ni de árboles suprimidos solo los árboles de *Araucaria* y *Nothofagus* en condición de sumergidos ya que el estudio apuntó al muestreo de renuevos. En cada parcela se midió la altura por especie a un grupo de árboles. Para determinar las alturas de todos los individuos se realizó una regresión lineal simple entre DAP y altura, posteriormente se calculó la altura dominante por especie la cual considera la altura promedio de los árboles codominantes y dominantes del dosel.

Los brinzales presentes (individuos arbóreos con DAP < 5 cm y altura > 2 m), se contaron e identificaron en el área total de cada parcela. Los datos registrados se incorporaron en los gráficos de distribución diamétrica.

Con la finalidad de estimar la riqueza y cobertura de especies en el sotobosque y la densidad de regeneración arbórea en cada parcela, se plantearon 27 sub-parcelas de regeneración de 1 m<sup>2</sup> (1x1 m) (figura 2). En todas las sub-parcelas (297 en total) se identificaron las especies vegetales y se determinó la cobertura de acuerdo a la escala de abundancia-dominancia de Braun-Blanquet (cuadro 2).

Cuadro 2. Presencia y cobertura vegetal según Braun-Blanquet (1950).

% Cobertura	Graduación	Punto medio del rango de cobertura (%)
< 1	+	0,5
1 – 10	1	2,5
10 – 25	2	15
25 – 50	3	37,5
50 – 75	4	62,5
75 - 100	5	87,5

Para determinar la dominancia de las especies y el grado de heterogeneidad, se calculó el “índice de valor de importancia” de las especies de acuerdo a la forma de crecimiento, basado en la suma de la frecuencia relativa con la cobertura relativa. Para determinar la riqueza específica del área de estudio en relación a las especies vegetales se utilizó el Índice de Margalef (DMg), donde valores inferiores a 2,0 son considerados como zonas de baja diversidad y valores superiores a 5,0 son considerados como indicativos de alta diversidad. La fórmula utilizada para el cálculo es:

$$DMg = (S - 1) / \ln N$$

Siendo S la riqueza o número de especies y N el número total de individuos de la muestra.

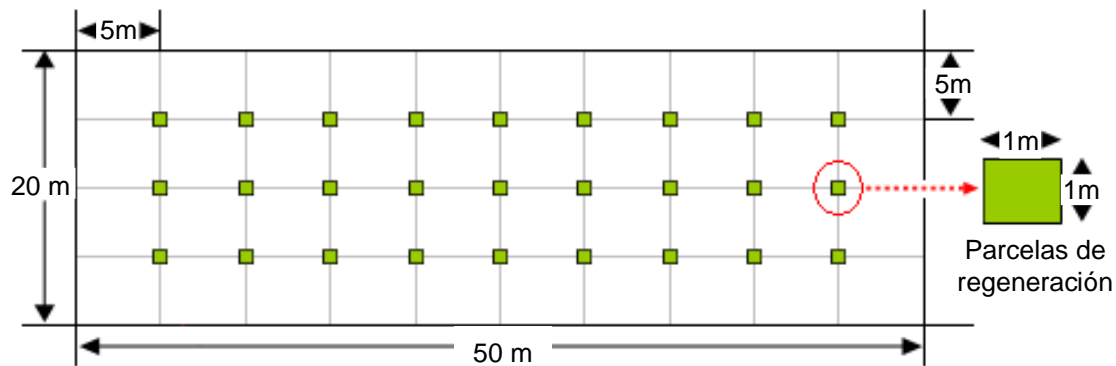


Figura 2. Distribución de parcelas de regeneración dentro de la unidad muestral principal.

### 3.3 Muestreo y procesamiento de tarugos

El muestreo se realizó en enero del 2009 y apuntó a determinar el período de establecimiento de las cohortes existentes. Las especies escogidas para la colecta de tarugos fueron *Nothofagus dombeyi* y *Nothofagus pumilio*, por ser pioneras e indicadoras de disturbios (Veblen *et al.*, 1996). El muestreo fue dirigido (no aleatorio), considerando para la selección el DAP y las características físicas de árboles vivos (corteza y grosor de ramas) ubicados dentro de la parcela o adyacentes a una distancia máxima de 50 m. Para la extracción se utilizaron taladros de incremento de 16 pulgadas de longitud. Las muestras fueron tomadas a 30 cm, excepto en árboles de mayor DAP en que se extrajeron a 70 cm sobre el nivel del suelo. En total se extrajeron 145 tarugos (133 de *N. dombeyi*; 12 de *N. pumilio*), oscilando entre 10 a 15 tarugos por parcela.

Las muestras fueron secadas y montadas sobre molduras de madera. Posteriormente fueron pulidas gradualmente con lijas de distintos granos (de grano 150 hasta grano 600). En cada muestra se realizó el conteo de anillos. En casos sin visibilidad de médula se estimó la cantidad de anillos faltantes según la metodología geométrica propuesta por Duncan (1989) (anexo 7, figura 1). Los tarugos que no presentaban arcos visibles para la aplicación de la fórmula de Duncan fueron considerados como de edad mínima. Los resultados se graficaron por parcela, agrupando los datos de acuerdo a décadas.

A fin de complementar los datos obtenidos y vincular las fechas de establecimiento con la ocurrencia de disturbios por fuego, se analizaron 15 rodajas de *Araucaria araucana*, recolectadas en el área de estudio el año 2004 <sup>(4)</sup>. Todas las rodajas fueron extraídas de árboles vivos y presentaban cicatrices de incendio. El análisis consistió en el conteo de anillos y fechado preliminar de los incendios.

<sup>(4)</sup> Muestras recolectadas por Dr. Mauro E. González. Facultad de Ciencias Forestales Universidad Austral de Chile.

## 4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

### 4.1 Cambios en la estructura del bosque luego de su explotación selectiva

#### 4.1.1 Estructura diamétrica del bosque remanente

Las estructuras diamétricas encontradas corresponden a estructuras multietáneas de tipo irregular. Visualmente se observan dos tendencias las que se han clasificado de acuerdo a las siguientes categorías:

Estructura A: Las especies en conjunto tienden a generar una curva de distribución diamétrica en forma de “j inversa”, con una alta concentración de individuos en categoría de brinzales y en las clases diamétricas de 10 y 20 cm;

Estructura B: En la mayoría de los casos se presentan de una a tres cohortes de *N. dombeyi*, las cuales generan distintas curvas de distribución normal. Esta tendencia también se observa en *A. araucana*, sin embargo, en la especie predomina la distribución tipo “j inversa”.

- *Rodales de estructura A.* Esta estructura diamétrica se observa en cinco parcelas. La especie dominante en las clases superiores (60 a 160 cm) es *N. dombeyi*. Por su parte, *A. araucana* participa en mayor número entre las clases diamétricas de 10 a 60 cm, disminuyendo su frecuencia drásticamente en las clases superiores. La especie *N. pumilio* se presenta en forma aislada y ocupando en la mayoría de los casos clases diamétricas bajo los 60 cm. La presencia de brinzales de *N. dombeyi* y *A. araucana* se observa en todas las parcelas, mientras que *N. pumilio* solo en tres. La densidad de brinzales de *A. araucana* fluctúa de 30 a 320 individuos  $ha^{-1}$ . *N. dombeyi* presenta una densidad de brinzales que fluctúa de 440 a 1190 individuos  $ha^{-1}$ , mientras que *N. pumilio* presenta la densidad más baja, con valores que fluctúan de 10 a los 270 individuos  $ha^{-1}$ .

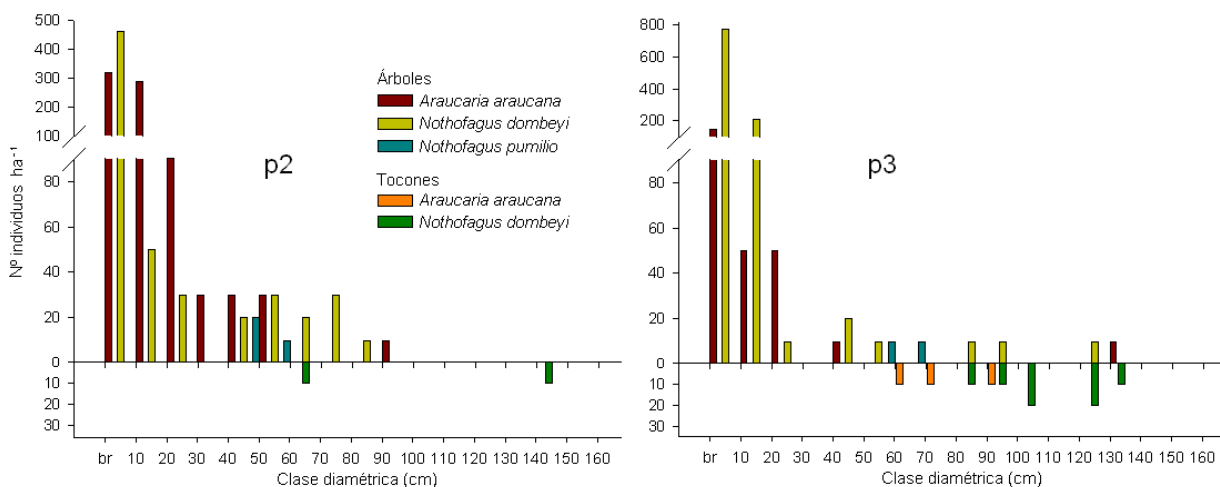
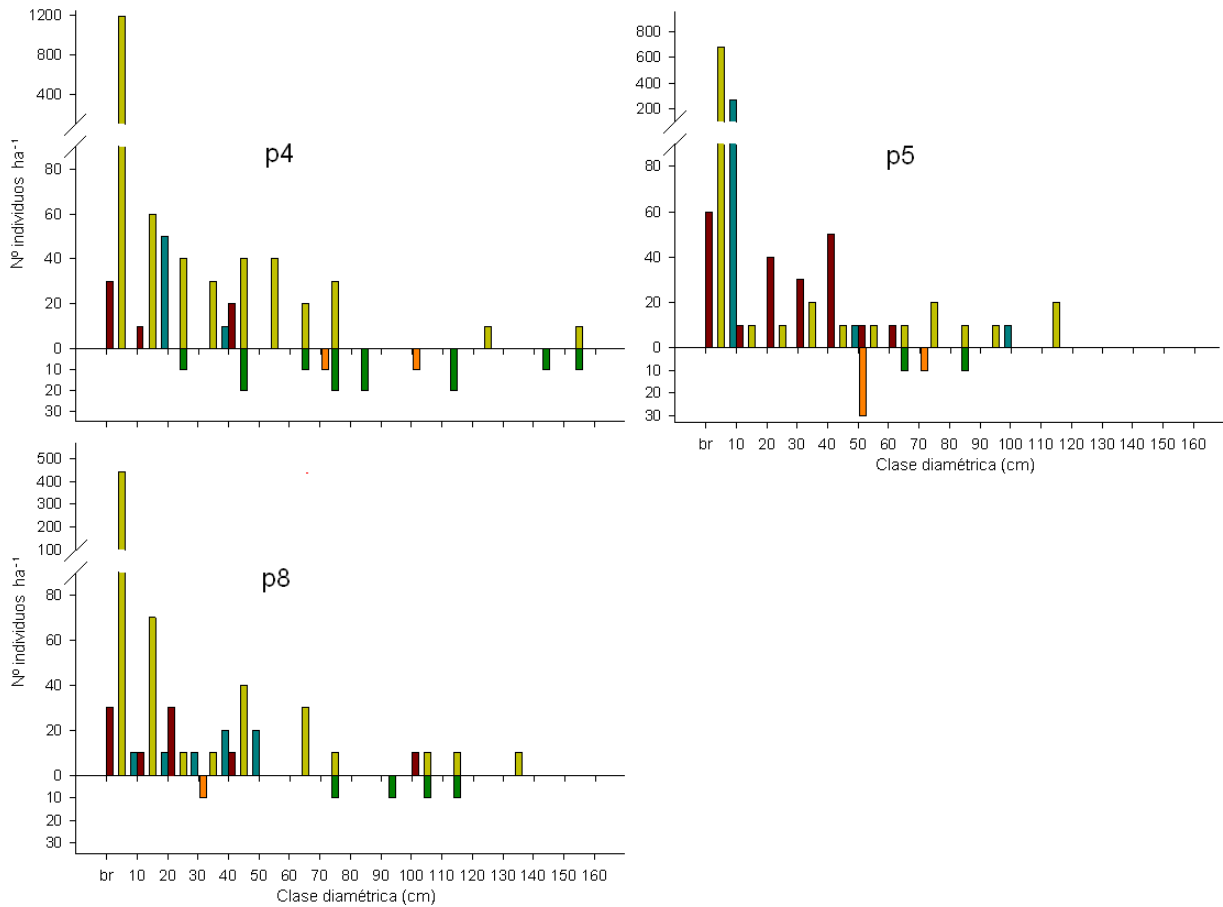


Figura 3. Parcelas de estructura A. Tendencia de distribución diamétrica en forma de “j inversa”.  
(continúa)



Continuación figura 3. Parcelas de estructura A. Tendencia de distribución diamétrica en forma de “j inversa”.

- *Rodales de estructura B.* Esta estructura se observa en seis parcelas. La presencia de individuos ocurre hasta la clase 90 cm. Las densidades más altas se concentran entre las clases diamétricas 10 a los 20 cm y entre 40 a 50 cm. La especie *N. pumilio* se presenta en forma aislada, no obstante la excepción se observa en la parcela once, donde se diferencia una cohorte entre la clase 10 a 40 cm (figura 4). La densidad de brinzales para las tres especies es baja; con excepción en las parcelas diez y once donde *N. dombeyi* presenta densidades de 1280 y 4530 individuos  $ha^{-1}$ , respectivamente.

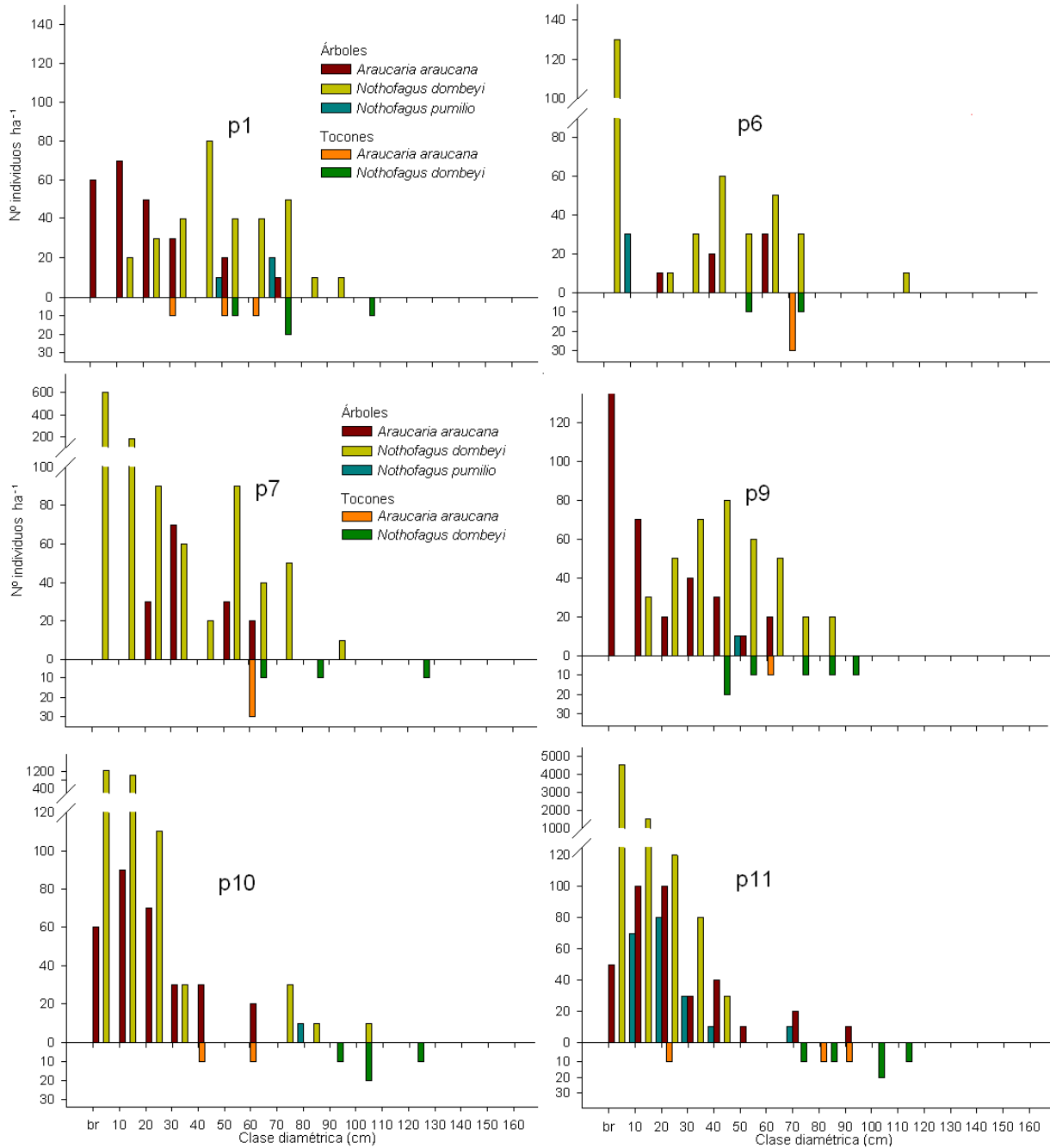


Figura 4. Parcelas de estructura B. Dominadas por estructuras de tipo coetánea para las tres especies.

#### 4.1.2 Estructura dasométrica del bosque remanente

Las especies arbóreas presentes en el sector El Coloradito corresponden a *Araucaria araucana*, *Nothofagus dombeyi* y *Nothofagus pumilio*. La densidad de individuos en las parcelas fluctuó en un rango de 280 a los 2.200 árboles ha<sup>-1</sup>. La densidad promedio de *N. dombeyi* es de 503 árboles ha<sup>-1</sup> (70% respecto al valor medio entre especies), con valores entre parcelas de 130 a 1.760 árboles ha<sup>-1</sup>. A la vez, *A.*

*araucana* promedia 179 árboles  $\text{ha}^{-1}$  (25% respecto al valor medio entre especies) con densidades entre parcelas de 30 a 480 árboles  $\text{ha}^{-1}$ . La especie *N. pumilio* se presenta en menor densidad con un valor medio de 34 árboles  $\text{ha}^{-1}$  (5% respecto al valor medio entre especies) y una variación entre parcelas de 10 a los 130 árboles  $\text{ha}^{-1}$  (cuadro 3).

El área basal (AB) total entre parcelas fluctuó de 50 a 83  $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$ . *N. dombeyi* es la especie que concentra la mayor proporción de AB con un valor medio de 48  $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$  (72% respecto al valor medio entre especies) y un rango entre parcelas de 25 a 66  $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$ . Por su parte *A. araucana* presenta un área basal media de 15  $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$  (23% respecto al valor medio entre especies), con valores entre parcelas entre 3 a 27  $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$ . Paralelamente *N. pumilio* participa con un AB media de 4  $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$  (5% respecto al valor medio entre especies) y un rango de 1 a 8  $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$  entre parcelas (cuadro 3).

El diámetro medio cuadrático (DMC) entre parcelas fluctúa de 14 a 70 cm. La especie *A. araucana* presenta un rango de DMC de menor amplitud, siendo el valor mínimo de 25 cm y el máximo de 52 cm, el 75% de las parcelas presenta valores sobre los 31 cm. Los DMC para las *Nothofagaceas* presentan distribuciones más amplias y alcanzan valores mayores. Para el caso de *N. dombeyi* el rango entre parcelas fluctúa de 14 a 67 cm concentrando el 75% de las parcelas sobre los 38 cm. Para *N. pumilio* los valores fluctúan de 15 a 70 cm, estando el 75% de las parcelas agrupadas sobre los 30 cm (figura 5).

#### 4.1.3 Características dasométricas de los árboles extraídos

Los árboles extraídos corresponden a las especies *A. araucana* y *N. dombeyi*. El número de árboles extraídos en las parcelas fluctúa de 24 a los 141 árboles  $\text{ha}^{-1}$ . En la mayoría de los casos la extracción de *N. dombeyi* supera el número de árboles extraídos de *A. araucana*. Los valores para *N. dombeyi* fluctúan de 20 a los 120 árboles  $\text{ha}^{-1}$ . En *Araucaria* la extracción entre parcelas va desde 10 a 40 árboles  $\text{ha}^{-1}$ .

El área basal total extraída fluctuó de 17 a 87  $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$ . Para *N. dombeyi* el rango de área basal extraída fluctúa de 6 a 75  $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$ , mientras que para *A. araucana* va de 1 a 12  $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$ . Tanto para *A. araucana* como para *N. dombeyi* se presentan situaciones donde los valores de AB extraída resultan ser superiores al 100% del área basal residual (p4, p6 en *A. araucana*; p3, p4, p11 en *N. dombeyi*; cuadro 3).

El DMC de extracción en las parcelas fluctuó de 30 a 108 cm. En *N. dombeyi* el DMC de los árboles extraídos varía de 61 a 108 cm, presentando el 75% de las parcelas valores sobre 73 cm. En este caso el 81% de las parcelas presentan un DMC de extracción mayor respecto al valor del bosque residual. Por su parte, *A. araucana* presenta un DMC de extracción menor, concentrando los valores entre los 30 a los 86 cm, estando el 75% de las parcelas sobre los 52 cm y el 80% de éstas, sobre los valores de DMC residuales (figura 5).

Cuadro 3. Densidad y área basal (AB) residual y extraída por parcela, para las especies arbóreas del sector El Coloradito. (El AB/tocones se indica corregida a la altura del DAP)

Especie	Atributo	Parcela											Media aritmética
		p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	p10	p11	
Aa*	Nº árboles ha <sup>-1</sup>	180	480	120	30	150	60	150	60	190	240	310	179
	Nº tocones ha <sup>-1</sup>	30	0	30	20	40	30	30	10	10	20	30	23
	AB/árboles (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	12	23	16	3	15	11	17	10	15	14	27	15
	AB/tocones (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	5	0	13	12	10	12	8	1	3	4	12	7
Nd**	Nº árboles ha <sup>-1</sup>	320	190	280	280	130	220	550	200	380	1.220	1.760	503
	Nº tocones ha <sup>-1</sup>	40	20	70	120	20	20	30	40	60	40	50	46
	AB/árboles (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	64	32	29	63	46	51	66	50	60	38	25	48
	AB/tocones (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	18	18	63	75	8	6	19	28	20	33	34	29
Np***	Nº árboles ha <sup>-1</sup>	30	30	20	60	20	0	0	60	10	10	130	34
	AB/árboles (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	7	4	5	1	8	0	0	4	1	4	5	4
Total	Nº árboles ha <sup>-1</sup>	530	700	420	370	300	280	700	320	580	1.470	2.200	715
	Nº tocones ha <sup>-1</sup>	77	24	105	141	68	50	60	54	71	64	85	73
	AB/árboles (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	83	60	50	67	68	62	83	64	77	56	57	66
	AB/tocones (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	23	18	76	87	18	17	28	28	23	37	46	36

Aa\* = *Araucaria araucana*; Nd\*\* = *Nothofagus dombeyi*; Np\*\*\* = *Nothofagus pumilio*.

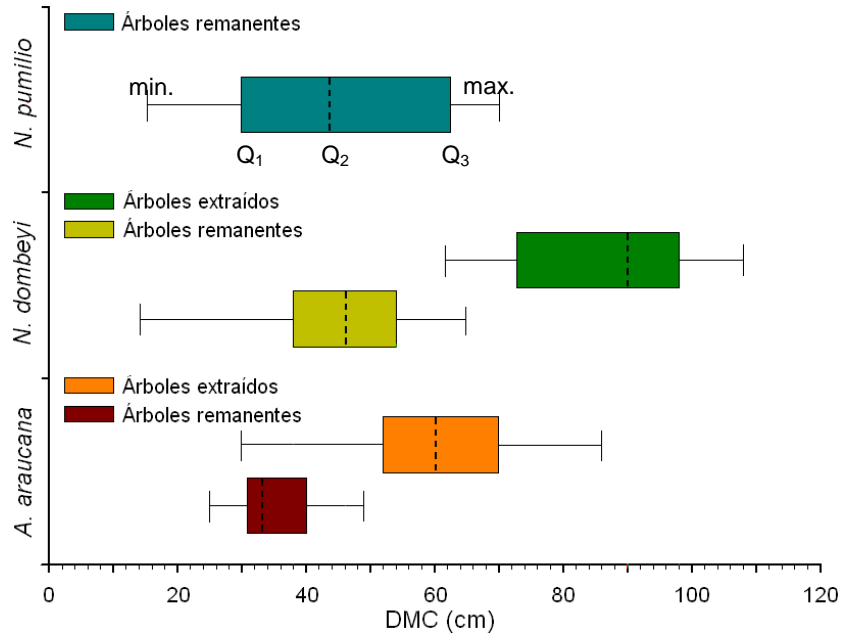


Figura 5. Diámetro medio cuadrático (DMC) por especie para los árboles remanentes y extraídos en el sector El Coloradito.  $Q_1$ = primer cuartil (25% de los datos).  $Q_2$ = segundo cuartil (valor de la mediana).  $Q_3$ = tercer cuartil (75% de los datos). min.=valor mínimo encontrado. max.= valor máximo encontrado.

#### 4.1.4 Estructura vertical del bosque remanente

El valor medio de las alturas entre parcelas fluctúa de 14 a 26,4 m. La especie *N. dombeyi* presenta alturas que fluctúan de 14 a 25 m, superando en la mayoría de los casos la altura de las otras especies. Por su parte, *A. araucana* presenta alturas dominantes inferiores concentrándose en un rango de 14 a 20 m. La especie *N. pumilio* se observa con una altura media dominante entre los 14 a los 26,6 m, ubicándose en la mayoría de los casos entre *A. araucana* y *N. dombeyi* (figura 6).

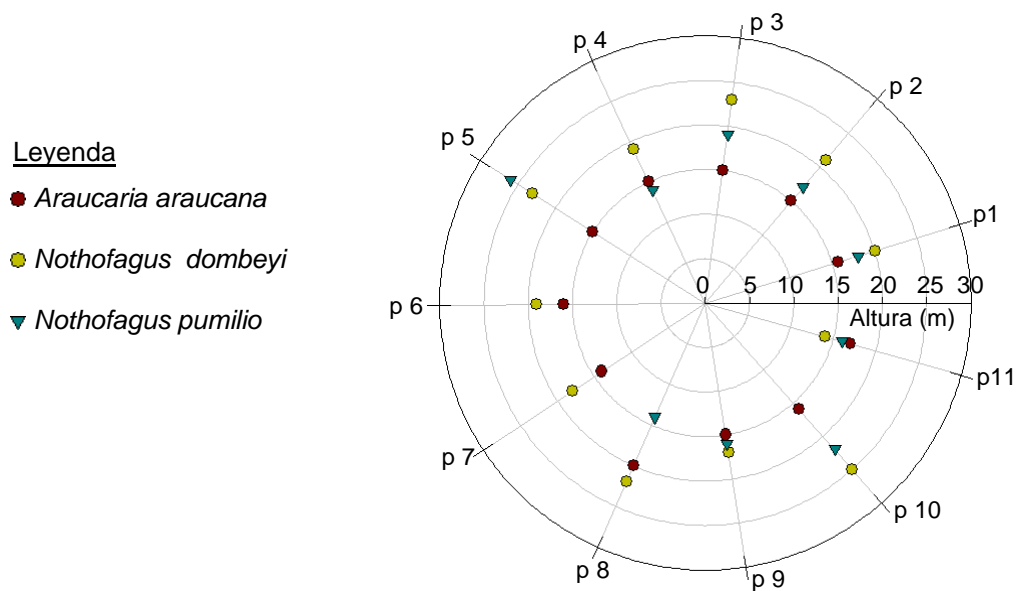


Figura 6. Distribución media de alturas dominantes por parcelas.

La estructura vertical del componente arbóreo es multiestratificada, con presencia de individuos en los cuatro estratos sociológicos (sumergido, intermedio, codominante y dominante). La especie *A. araucana* concentra la mayor proporción de individuos en la posición sociológica sumergida (40% respecto al promedio de la especie por estrato). *N. dombeyi* presenta la mayor concentración de árboles en el estrato sumergido (53% respecto al promedio de la especie por estrato), sin embargo, este valor se explica por dos parcelas que concentran la mayor parte de los individuos en los estratos sumergidos (figura 7, parcela 10-11). La especie *N. pumilio* se presenta en ocho parcelas ocupando aleatoriamente todas las posiciones sociológicas. La ocupación de esta especie por estrato marca una tendencia hacia la clase intermedia (37% respecto al promedio de la especie por estrato).

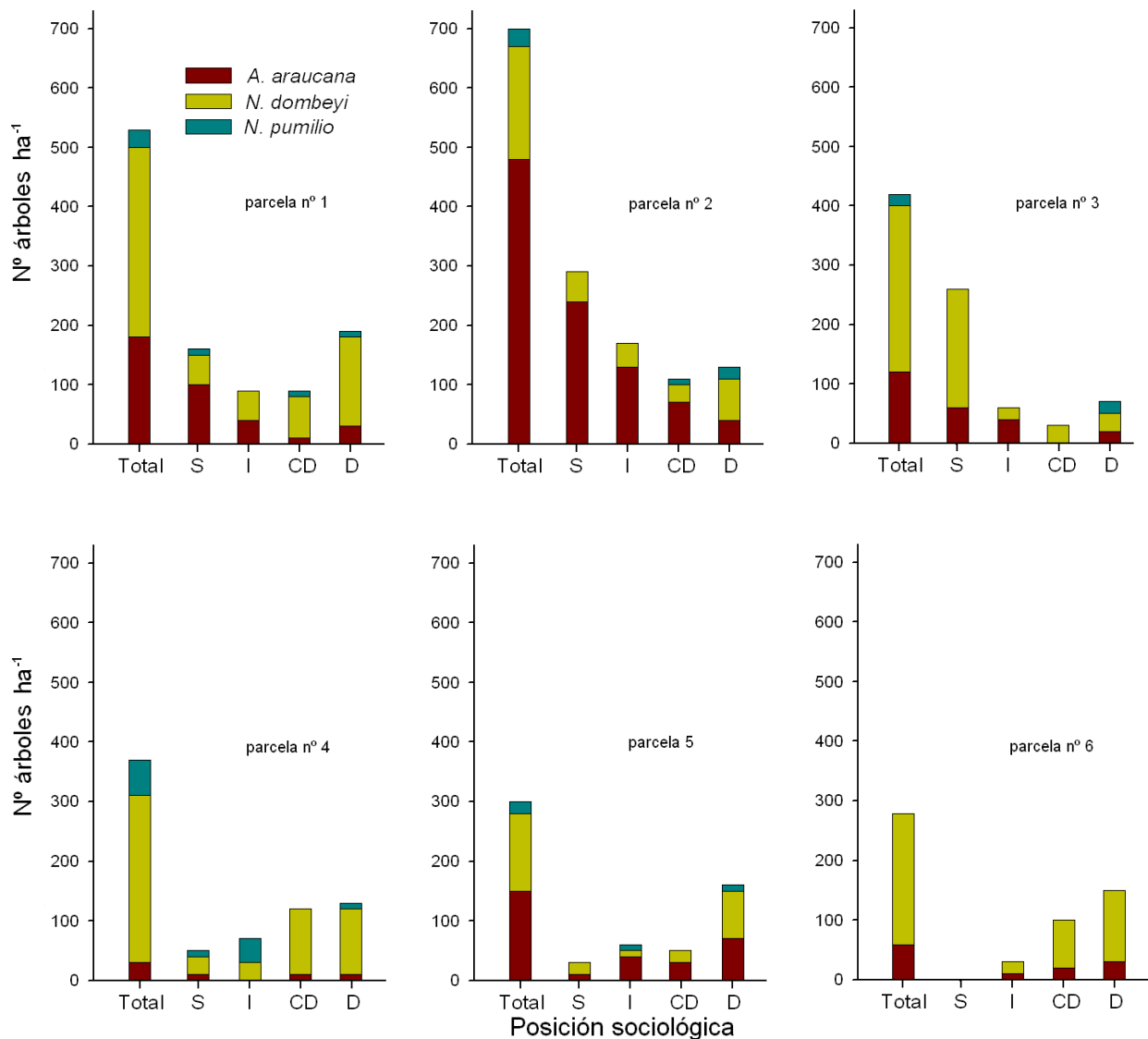
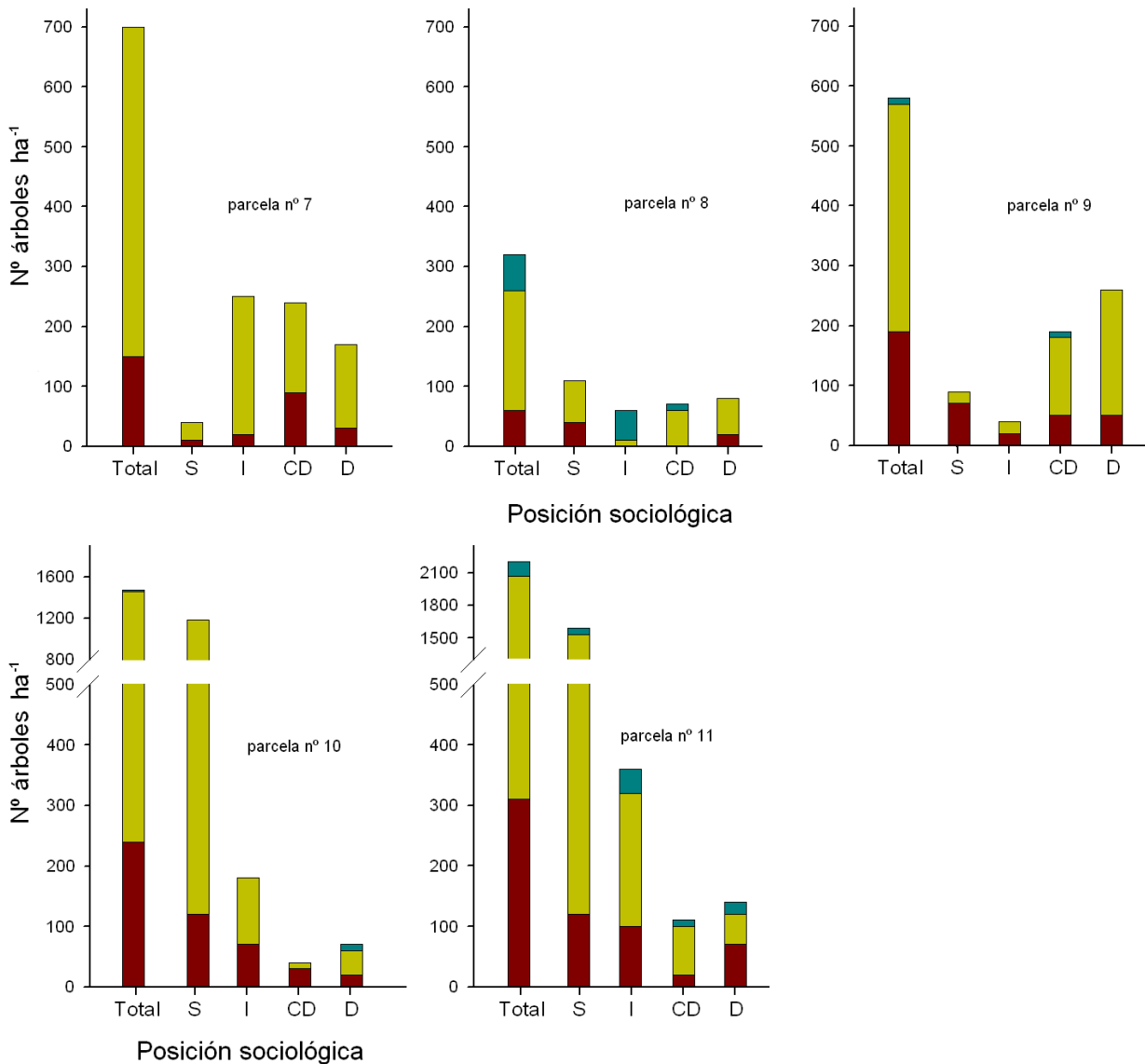


Figura 7. Posición sociológica de los individuos arbóreos. S=árboles sumergidos; I= árboles intermedios; CD= árboles codominantes; D= árboles dominantes. (continúa).



Continuación figura 7. Posición sociológica por parcela. S=árboles sumergidos; I= árboles intermedios; CD= árboles codominantes; D= árboles dominantes.

## 4.2 Ocurrencia de incendios y establecimiento de *Nothofagus* en el sector El Coloradito

La edad de *A. araucana* de acuerdo al último año visible (sin médula) del individuo más longevo alcanza los 538 años. Así, el rango de edad en las muestras varía de 110 a 538 años. A partir del análisis de cicatrices de fuego, se registraron nueve incendios comprendidos entre los años 1898 y 1975. El incendio de 1898 se presenta en cinco muestras. Posteriormente, existe un período de 29 años donde no se registraron incendios. Entre 1927 a 1975 se presenta un período de alta recurrencia de incendios, siendo la década de 1940 la que presenta ausencia de éstos y la década de 1960 la que registra la mayor concentración (figura 8).

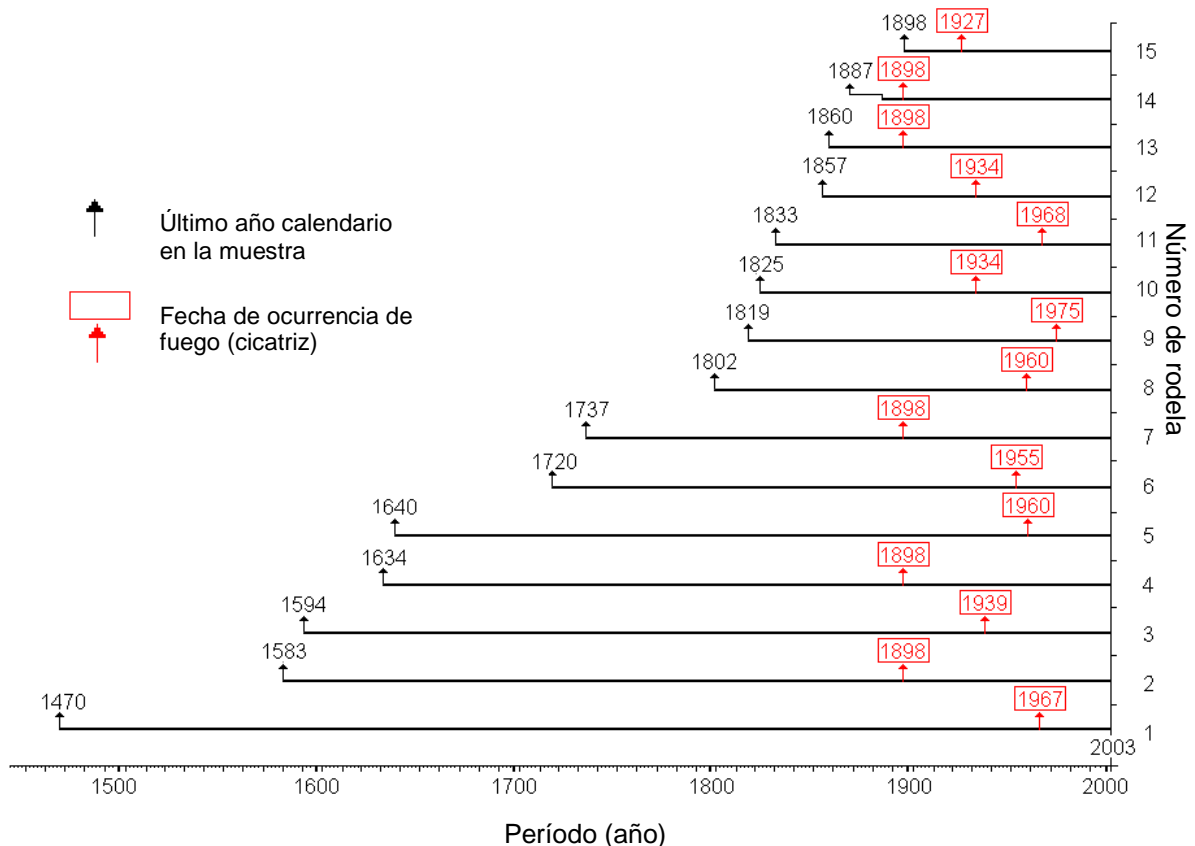


Figura 8. Ocurrencia de incendios en el sector El Coloradito. Cada línea horizontal corresponde a una rodela de *Araucaria araucana* con cicatriz de incendio.

El análisis de tarugos de incremento indica que de las once parcelas muestreadas cinco presentan individuos establecidos antes de 1800 (parcela: 3; 5; 6 y 7; 10). El árbol más longevo se registra en la parcela seis con una edad estimada de 288 años (establecido en el año 1720). Posterior a 1800 y hasta 1860 se observan establecimientos en ocho parcelas (parcela: 1; 4 a 8; 10 y 11). Los pulsos de establecimiento en *N. dombeyi* y *N. pumilio* se pueden observar a partir de 1860. Se diferencian cuatro tendencias: el primer pulso correspondiente a 1860 registrado en cuatro parcelas (parcela: 2, 3; 6; 9); el segundo en 1900 registrado en ocho parcelas (parcela: 2 a 6; 9 a 11); el tercer pulso en 1940 observado en cuatro parcelas (parcela: 3; 8, 9, 10 y 11); y el cuarto en 1980 registrado en cuatro parcelas (parcela: 2 a 4; 11). Igualmente se observan otros establecimientos registrados en forma aislada en distintas situaciones (figura 9).

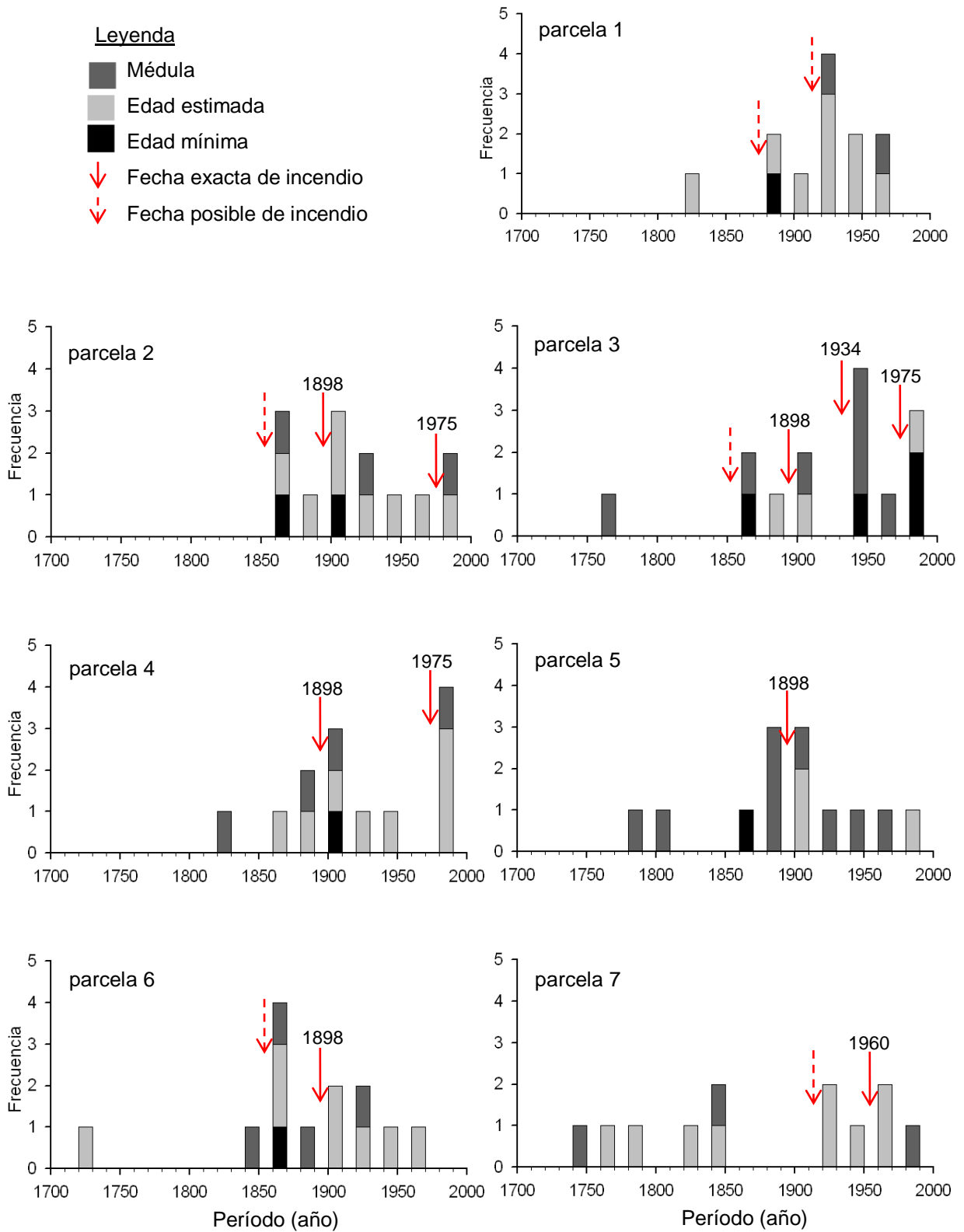
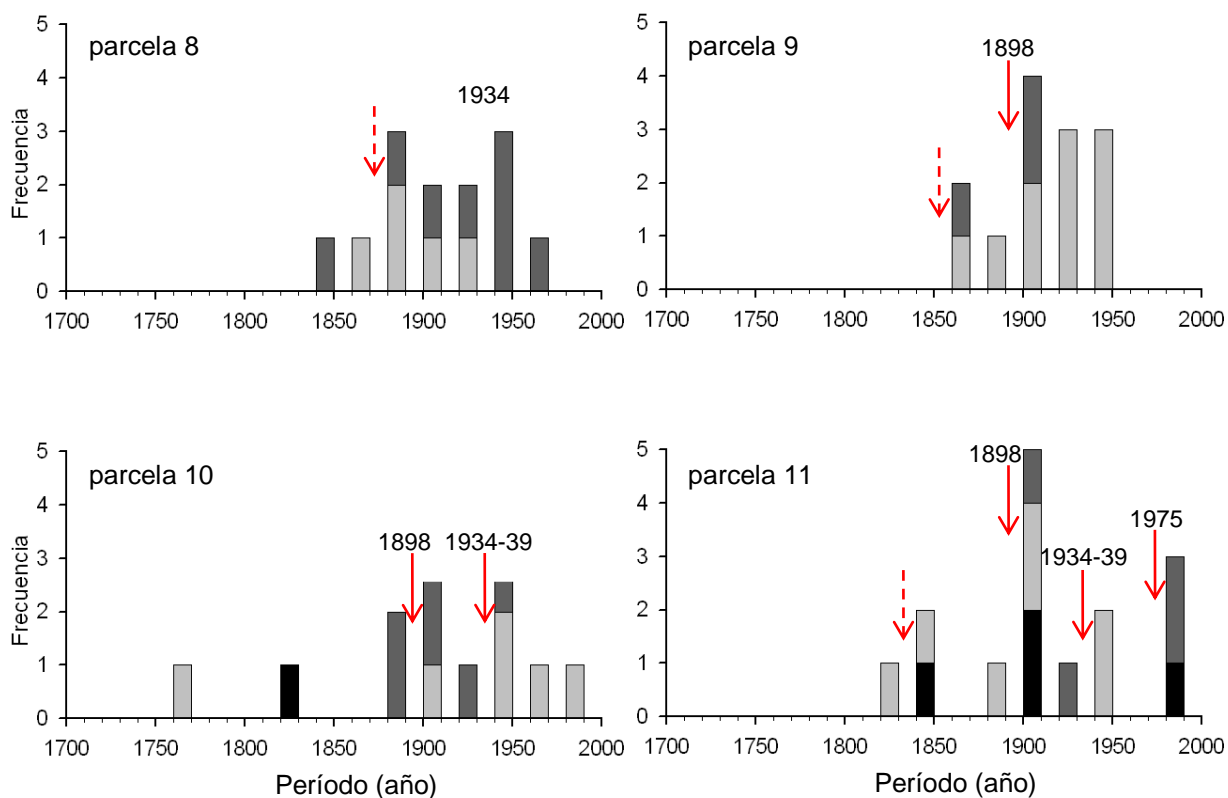


Figura 9. Períodos de establecimiento de *Nothofagaceas* en sector El Coloradito. (continúa).



Continuación figura 9. Períodos de establecimiento de *Nothofagaceas* en sector El Coloradito.

### 4.3 Regeneración arbórea del bosque remanente

La regeneración de las especies arbóreas varía considerablemente entre parcelas. *N. dombeyi* presenta las densidades más altas, fluctuando de 10 a 870 individuos  $ha^{-1}$ . *A. araucana* presenta densidades entre 20 a 160 individuos  $ha^{-1}$ . La especie *N. pumilio* presenta regeneración en el 45% de las parcelas muestreadas con densidades que fluctúan de 10 a 160 individuos  $ha^{-1}$  (cuadro 4).

Cuadro 4. Regeneración arbórea por parcela ( $n^{\circ}$  de individuos  $ha^{-1}$ ).

Especie	Parcela										
	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	p10	p11
<i>A. araucana</i>	20	160	50	0	40	60	90	20	40	50	70
<i>N. dombeyi</i>	230	710	870	290	700	70	10	170	130	310	530
<i>N. pumilio</i>	0	10	0	0	160	10	0	0	0	30	10

#### 4.4 Dominancia y diversidad de especies

La diversidad de plantas encontradas registra un total de treinta y ocho especies de las cuales cuatro son arbóreas. Entre las especies arbóreas, *Myrceugenia chrysocarpa* presenta el valor de importancia más alto (14,4%) seguida de *Nothofagus dombeyi* que alcanza un valor de importancia de 13,5%. La especie *Araucaria araucana* presenta un valor de importancia de 8,1%, mientras que en *Nothofagus pumilio* el valor de importancia es 8,7% (cuadro 5).

Se registraron diez especies arbustivas, siendo *Chusquea coleou* la especie que domina a nivel de sotobosque con un valor de importancia de 24%. La sigue *Drimys andina* (16%) y *Gaultheria pumila* (14%). Destaca la presencia de tres especies del género *Berberis* con valores de importancia que fluctúan de 0,8 a los 7,5%.

Se registraron diecisiete especies de hierbas y un helecho. Del total de hierbas cuatro corresponden a especies introducidas, siendo *Leptostigma arnotianum* la especie con el valor de importancia mayor (6,0%). De las nativas, *Adenocaulon chilense* presenta el valor más alto (14,7%) (cuadro 5).

Solo se registro una especie trepadora, *Dioscorea brachybothrya*, que muestra un valor de importancia de 2,2% y una cobertura relativa de 1,7%. Se identificaron 5 especies de musgos siendo *Bartramia* sp. la que registra un valor de importancia de 10,4%, el más alto de esta forma de vida (cuadro 5).

El índice de Margalef presenta un valor de 5,1 indicando para el área de estudio una alta diversidad de especies vegetales, posiblemente influenciada por los factores antropogénicos que afectaron el área. Además, cabe mencionar que en el 80% de la parcelas se evidenciaban señales de ganado entre estas: ramoneo; heses; pisadas; incluso la presencia de animales (anexo 6, figura 5-6).

Cuadro 5. Composición florística del bosque *Araucaria-Nothofagus* en la Reserva Forestal Malalcahuello, sector El Coloradito. Se presentan los principales parámetros y valor de importancia considerando todas las sub-parcelas de 1x1 m muestreadas en las 11 parcelas de estudio.

Forma de crecimiento	Nº parcelas ocurrencia	Frecuencia (%)	Cobertura promedio (%)	Frecuencia relativa (%)	Cobertura relativa (%)	Valor de importancia (%)
<b>Árboles</b>						
<i>Araucaria araucana</i>	46	15,5	10,3	3,3	4,8	8,1
<i>Nothofagus dombeyi</i>	113	38,0	11,4	8,1	5,3	13,4
<i>Nothofagus pumilio</i>	11	3,7	17,0	0,8	7,9	8,7
<i>Myrceugenia chrysocarpa</i>	3	1,0	30	0,2	14,0	14,2
<b>Arbustos</b>						
<i>Azara alpina</i>	8	2,7	3,6	0,6	1,7	2,2
<i>Berberis montana</i>	2	0,7	1,5	0,1	0,7	0,8
<i>Berberis serratodentata</i>	8	2,7	14,7	0,6	6,8	7,4
<i>Berberis trigona</i>	3	1,0	10,8	0,2	5,0	5,3
<i>Chusquea culeou</i>	208	70,0	18,9	15,0	8,8	23,8
<i>Drimys andina</i>	58	19,5	24,8	4,2	11,5	15,7
<i>Gaultheria pumila</i>	115	38,7	12,1	8,3	5,6	13,9
<i>Maytenus disticha</i>	55	18,5	2,7	4,0	1,2	5,2
<i>Myoschilos oblonga</i>	11	3,7	1,4	0,8	0,7	1,4
<i>Ribes magellanicum</i>	3	1,0	1,8	0,2	0,9	1,1
<b>Hierbas y helechos</b>						
<i>Acaena ovalifolia</i>	3	1,0	1,2	0,2	0,5	0,8
<i>Adenocaulon chilense</i>	191	64,3	2,0	13,8	0,9	14,7
<i>Alstroemeria aurea</i>	1	0,3	2,5	0,1	1,2	1,2
<i>Carex sp.</i>	107	36,0	1,8	7,7	0,8	8,5
<i>Chloraea sp.</i>	1	0,3	0,5	0,1	0,2	0,3
<i>Festuca sp.</i>	16	5,4	3,6	1,2	1,7	2,8
<i>Fragaria chilensis</i>	4	1,3	1,0	0,3	0,5	0,8
<i>Francoa appendiculata</i>	5	1,7	3,4	0,4	1,6	1,9
<i>Leontodon taraxacoides*</i>	2	0,7	0,5	0,1	0,2	0,4

\* especie introducida

continúa

Continuación cuadro 5. Composición florística del bosque *Araucaria-Nothofagus* en la Reserva Forestal Malalcahuello, sector El Coloradito. Se presentan los principales parámetros y valor de importancia considerando todas las sub-parcelas de 1x1 m muestreadas en las 11 parcelas de estudio.

Forma de crecimiento	Nº parcelas ocurrencia	Frecuencia (%)	Cobertura promedio (%)	Frecuencia relativa (%)	Cobertura relativa (%)	Valor de importancia (%)
<b>Hierbas y helechos</b>						
<i>Leptostigma arnotianum*</i>	71	23,9	1,9	5,1	0,9	6,0
<i>Leucanthemum vulgare*</i>	7	2,4	1,6	0,5	0,7	1,2
<i>Lycopodium gayanum</i>	6	2,0	1,8	0,4	0,9	1,3
<i>Osmorhiza chilensis</i>	137	46,1	2,1	9,9	1,0	10,8
<i>Perezia pedicularidifolia</i>	2	0,7	0,5	0,1	0,2	0,4
<i>Rubus geoides</i>	10	3,4	0,5	0,7	0,2	1,0
<i>Rumex acetocella*</i>	5	1,7	1,0	0,4	0,5	0,8
<i>Vicia sp.</i>	8	2,7	4,1	0,6	1,9	2,5
<i>Viola reichei</i>	31	10,4	1,5	2,2	0,7	3,0
<b>Trepadoras</b>						
<i>Dioscorea brachybothrya</i>	7	2,4	3,7	0,5	1,7	2,2
<b>Musgos</b>						
<i>Acrocladium auriculatum</i>	1	0,3	2,5	0,1	1,2	1,2
<i>Leptostomum menziesii</i>	4	1,3	7,6	0,3	3,5	3,8
<i>Eriodon conostomus</i>	1	0,3	2,5	0,1	1,2	1,2
<i>Bartramia sp.</i>	124	41,8	3,1	8,9	1,4	10,4
<i>Polytrichum sp.</i>	1	0,3	2,5	0,1	1,2	1,2
<b>total parcelas</b>	<b>1389</b>	<b>467,7</b>	<b>214,8</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>200</b>

\* especie introducida

## 5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 5.1 Desarrollo de la explotación maderera en la Reserva Nacional Malalcahuello

La época en que se desarrolla la historia maderera de la Reserva Nacional Malalcahuello coincidiría con lo expuesto por Otero (2006), quien señala que al término de la construcción del túnel las raíces (1938) se abrió a la explotación toda la zona de araucarias del Alto Bío Bío. A la vez, el mismo autor señala que probablemente el principal estímulo de construir dicho túnel, fue la abundancia de los recursos madereros que poseía el sector. Esto explicaría el interés del gobierno de la época en constituir en la zona una reserva forestal de tan amplia superficie (29.500 ha) y entregar a concesión grandes extensiones de terrenos a fin de obtener beneficios económicos derivados de la explotación de estos bosques.

El inicio de las faenas forestales marcaría el régimen de intervenciones por más de una década, las que posteriormente dadas las malas gestiones silvícolas y administrativas, condicionaría el agotamiento de los recursos forestales de mejor calidad, o en casos, la pérdida de bosques producto de las quemas (Martínez, 1960). Por otra parte, la presión ejercida por colonos radicados en los límites y dentro de la reserva, habría contribuido al deterioro de estos sistemas boscosos, influyendo en la regeneración de las áreas dañadas mediante la introducción de ganado. De esta manera la estructura y composición del bosque que hoy se presenta no solo sería el resultado del efecto del floreo, sino también de la incidencia de los factores mencionados.

Entre 1945 y 1960 la extracción maderera era dirigida casi exclusivamente a *Araucaria araucana*, sin embargo, la explotación en el área de estudio también incluyó *N. dombeyi*. Por ende, cabe suponer que la intervención pudo ocurrir en dos ciclos: el primero en el transcurso de las fechas señaladas, donde se extrajeron especialmente individuos de *A. araucana*; y el segundo posterior a 1960, donde el agotamiento de *Araucaria* llevó a la intervención de otras especies, como en este caso *N. dombeyi*. Paralelamente, se puede señalar que a medida que las especies de alto valor en las zonas bajas se agotaban, la explotación se fue desarrollando hacia los sitios más retirados, entre éstos, El Coloradito, que comprende una mayor participación de *N. dombeyi*.

Si bien los antecedentes analizados muestran un régimen de explotación entre 1945 a 1960, no se deben descartar intervenciones realizadas antes o después de esos años, considerando que la extracción se daba con libertad, sin registros y que las primeras restricciones a la explotación de *Araucaria araucana* surgirían en noviembre del año 1970 con la promulgación del reglamento n° 439, que entrega al Servicio Agrícola Ganadero la tarea de autorizar y fiscalizar las explotaciones (Saelzer, 1973). Por otra parte, la especie obtuvo una protección real a partir de 1976, dejando así un margen de una década y media a la explotación.

## 5.2 Estructura actual del bosque de *Araucaria-Nothofagus* luego de su explotación selectiva

El floreo consiste en la extracción de los mejores ejemplares de valor maderero, quedando en pie un dosel raleado, compuesto de individuos no deseados (e.g. árboles muertos, enfermos, juveniles o especies sin valor comercial; Armesto *et al.*, 1998). Al año 1997 el 51% de los bosques nativos presentes en Chile presentaba algún grado de intervención antrópica, ya sea por incendios y/o floreos (UACH, 1999). Los bosques sometidos a floreos de diversa intensidad llevaron a la degradación de muchos sistemas boscosos, entre éstos, los bosques de *Fitzroya cupressoides* en la zona de Llanquihue-Chiloé (Armesto *et al.*, 1994), los bosques de *Pilgerodendron uviferum* en todo el litoral de Aysén, hasta la península de Taitao, o los bosques de *Araucaria araucana* en la zona de Curacautín-Lonquimay (Otero, 2006), entre otros.

La estructura diamétrica de los bosques maduros de *Araucaria-Nothofagus* sin intervención se presenta típicamente como de tipo multietánea regular, donde las especies se encuentran representadas en todas las clases diamétricas, comúnmente entre los 10 a los 200 cm (Schmidt, 1977; Burns, 1993; Rechene *et al.*, 2003; Drake *et al.*, 2005). El bosque en estudio contrasta con estos casos, presentando distribuciones de tipo multietánea irregular, donde simultáneamente *A. araucana* y *N. dombeyi* se distribuyen formando cohortes coetáneas o bien, generando curvas de distribución de tipo "J inversa". Un estudio realizado en bosques de *Quercus prinus* en Estados Unidos, indica para bosques floreados estructuras similares a la de bosques manejados bajo el método de selección individual (Ward *et al.*, 2005). En Chile, este método se aplica principalmente al tipo forestal siempreverde, no obstante, autores como Drake (*et al.*, 2005) lo plantean para el tipo forestal *Araucaria*. Cabe señalar que en los bosques estudiados por Ward (*et al.*, 2005), los rodales intervenidos por floreo redujeron significativamente la calidad y el crecimiento en volumen esperado en el segundo ciclo de corta, mientras que en los rodales intervenidos bajo el método de selección, el diámetro límite de corta se tuvo que reducir para mantener la viabilidad económica de la cosecha en el segundo ciclo. Similarmente estudios realizados en bosques floreados de *Pinus silvestri* al norte de España, señalan que al momento de la segunda intervención se presentaba un decrecimiento en volumen de 26%, lo que condujo al aumento de la edad de rotación (Bravo & Montero, 2003).

Por otra parte el dosel multietratificado observado en el sector El Coloradito se asemeja a otros bosques de *Araucaria-Nothofagus* no intervenidos (Rechene *et al.*, 2003; Drake *et al.*, 2005). Sin embargo, los valores de área basal por hectárea, son muy inferiores respecto a los bosques no explotados (Schmidt, 1977; Drake *et al.*, 2005). En la práctica de floreo convencional el área basal retenida, resulta considerablemente mayor al área basal extraída, ya que el bosque residual queda conformado por enormes árboles sobremaduros ubicados en el estrato superior. En este contexto la extracción realizada se contrapone a este planteamiento, presentando un número de árboles extraídos equivalente al 10% del total de árboles residuales, y un área basal extraída superior al 50% del área basal residual.

La estructura diamétrica y los pulsos de establecimiento observados en el sector El Coloradito, evidencian cohortes de *N. dombeyi* y *N. pumilio*, señalando una estrategia de regeneración por claros propia de la dinámica regenerativa de estas especies (Veblen & Donoso, 1987; Burns, 1993). Pollmann (2002), observa en bosques de *Nothofagus nervosa* intervenidos por floreo, la misma estrategia de regeneración. Se debe considerar en el análisis del área de estudio, la formación de claros por efecto del fuego, agente que juega un rol importante como modelador de la estructura y dinámica de los bosques de *Araucaria-Nothofagus*, a escala tanto de rodal como de paisaje (González & Veblen, 2007). Así, es posible observar que los pulsos de establecimiento de las *Nothofagaceas* preceden a las fechas de incendios registradas en las muestras de *Araucaria*. Al mismo tiempo, la participación de individuos en clase de brinzal y en posición sociológica sumergida indicaría aperturas sobre los 1500 m<sup>2</sup>, siendo esta superficie generalmente la mínima para la formación de parches coetáneos de estas especies intolerantes (Veblen & Donoso, 1987). Resulta importante señalar que el aumento de la frecuencia de incendios a partir de 1960 es coincidente con el período de madereo en la zona de Malalcahuello.

La estructura de *A. araucana* se explicaría según lo describe Burns (1993), por el establecimiento de la especie en forma continua bajo la sombra parcial de las pioneras, a partir de los árboles sobrevivientes de los disturbios por fuego (en este caso agréguese floreo), accediendo al dosel superior luego de reiteradas liberaciones en ausencia de perturbaciones de gran magnitud. Al respecto, es posible observar el alto número de árboles sumergidos e intermedios que conforman los estratos inferiores del bosque.

### 5.3 Regeneración y dominancia de especies a nivel de sotobosque

En cuanto a la regeneración de *A. araucana*, *N. dombeyi* y *N. pumilio*, Schmidt (1977), señala que ésta no se produce gradualmente sobre un dosel arbóreo que va muriendo lentamente, sino que ocurre discontinuamente bajo claros creados en el dosel, lo que se refleja en lo expuesto en el subcapítulo anterior. Proporcionalmente *N. dombeyi* representa el 83% del total de plántulas registradas, mientras que *A. araucana* el 12% y *N. pumilio* el 5%. En comparación a otros bosques de características similares, la densidad de regeneración de estas tres especies es baja. El floreo ha demostrado tener un alto impacto negativo, ya que en su aplicación práctica no se presta atención a la regeneración y protección del bosque (Morales, 1990). Sin embargo estudios como el desarrollado por Garfias (2005) en bosques de mixtos *Nothofagus pumilio-Nothofagus betuloides* intervenidos bajo esta práctica, dan cuenta de niveles de regeneración normales para estas dos especies (89.200 plantas ha<sup>-1</sup>). Por otra parte Dezzotti (*et al.*, 2003) determinaría que en bosques intervenidos mediante cortas de selección, el éxito de establecimiento de *Nothofagus* estaría estrechamente vinculado a la exclusión del ganado. Si bien, el presente estudio no considera el efecto del ganado sobre la regeneración arbórea, su presencia podría estar determinando el bajo número de plántulas observadas producto del consumo semillas de *Araucaria* y/o del ramoneo de las especies palatables (González *et al.*, 2006). Caso similar lo expone Pulido (*et al.*, 2000) referido a la incidencia del ramoneo del guanaco (*Lama guanicoe*) sobre la

regeneración temprana en bosques de *N. pumilio*, concluyendo que la presencia de *L. guanicoe* es un factor limitante en el crecimiento inicial de la regeneración tanto en bosques vírgenes, o intervenidos por floreo o corta de protección. Paralelamente otro factor que podría incidir en los niveles de regeneración sería la cobertura relativa del sotobosque, dominado por las arbustivas *Drimys andina*, *Gaultheria* sp. y *Chusquea culeou*, siendo esta última especie determinante en el éxito de la regeneración arbórea (Veblen *et al.*, 1982) tanto en *N. dombeyi* (Blackhall *et. al.*, 2008) como en *N. pumilio* (Rechene *et al.*, 2003). Además, la estructura multiestratificada del componente arbóreo, determinaría la entrada de luz al sotobosque, afectando el establecimiento y desarrollo de las especies intolerantes como *A. araucana*, *N. dombeyi* y *N. pumilio*.

Del total de especies observadas en el sotobosque el 89% corresponden a especies de la flora nativa. Las especies introducidas presentan una participación de 11%. Pauchard (2002) señala que la mayoría de las plantas introducidas habitan lugares con una historia de desarrollo de intervención humana. De esta forma si se considera el largo período en el que estos bosques estuvieron expuestos a la actividad maderera, se puede atribuir la presencia de especies alóctonas a dichas prácticas, tal como sucede en los bosques de *Pilgerodendron uviferum* de la Cordillera de la Costa (afectados largamente por la actividad antrópica; Szejner, 2007), como también, al ingreso de animales al bosque por parte de los propietarios colindantes a la reserva, práctica que hasta hoy persiste (anexo 6; figura 5-6). A la vez Pauchard (2002) señala que no todas las especies introducidas se convierten en invasoras, sólo una pequeña proporción consigue naturalizarse en el nuevo ambiente y son aún menos las que logran alcanzar tasas de reproducción y sobrevivencia que les permitan dominar el ecosistema colonizado. Se ha propuesto que el grado de invasibilidad de una región está relacionado con la resistencia del ecosistema (Williamson 1996). Al respecto, el grado de alteración del ecosistema determinará la dominancia de estas especies. En áreas donde la explotación se desarrollo de forma más intensa, con cobertura baja y una presión ganadera frecuente y casi permanente, las exóticas podrían llegar a dominar mientras se mantenga esta situación.

## 6. CONCLUSIONES

El paisaje forestal actual del sector El Coloradito es producto de una historia de disturbios, los que han determinado un mosaico de vegetación arbórea caracterizado por parches coetáneos de *Nothofagus* y parches adultos del bosque residual. Así, se puede inferir que las prácticas de floreo realizadas en épocas pasadas y la ocurrencia de incendios han sido importantes modeladores de la estructura actual de los bosques de *Araucaria-Nothofagus* presentes en el sector.

Si bien no se conocen antecedentes de la fecha exacta en que se realizó el madereo en los bosques estudiados, el aumento de las perturbaciones de fuego desde 1930 indicaría que a partir de esa década y principalmente entre 1940 y 1960 se sostuvo el apogeo de la explotación en este sector, siendo temporalmente coincidente con los registros de explotación de otros sectores.

El efecto del floreo en los bosques de *Araucaria-Nothofagus* se observa principalmente en la estructura diamétrica y etárea del bosque, difiriendo cualitativamente y cuantitativamente en comparación a bosques no intervenidos. Una intervención constante bajo esta práctica resultaría en la pérdida gradual de su estructura original, favoreciendo la formación de claros y el establecimiento de las especies *Nothofagaceas*, probablemente en detrimento de la abundancia de *Araucaria*.

En consideración al índice de Margalef, el efecto del floreo en el sector ha sido determinante en la riqueza de especies del sotobosque, sin embargo se hace necesario estimar este valor de acuerdo a otros índices que incluyan relaciones por especie y entre éstas.

En el sector el Coloradito la presencia de ganado dentro del bosque es una práctica que se ha mantenido por varias décadas, contribuyendo en la introducción de especies exóticas típicas de praderas. Estas especies se podrían catalogar como no invasivas, mientras se mantenga una cobertura arbórea relativamente alta. En situaciones donde el bosque ha sido fuertemente floreado y con una presión ganadera alta, estas especies exóticas terminan dominado el sitio. El cambio en la estructura experimentado por el bosque remanente limitaría la opción a corto y mediano plazo de un manejo silvícola sustentable mediante los métodos propuestos por variados autores. A su vez, se hace necesario implementar medidas que apunten a la restauración del bosque residual. Al respecto, se recomienda la aplicación de técnicas de restauración activa, las que pueden incluir la exclusión del ganado, la plantación (o siembra) de árboles y arbustos nativos de procedencia local, entre otras.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Andreoli, A.; Carlig, G.; Comiti, F.; Iroume, A. 2007. Residuos leñosos de gran tamaño en un torrente de la Cordillera de Los Andes, Chile: su funcionalidad e importancia. *Bosque (Chile)* 28 (2): 83-96.
- Armesto J.; Villagrán C.; Donoso C. 1994. Desde la era glacial a la industrial: La historia del bosque templado chileno. *Ambiente y Desarrollo* 10 (1): 66-72.
- Armesto J.; Franklin J.; Arrollo M.; Smith C. 1998. El sistema de cosecha con "retención variable" una alternativa de manejo para conciliar los objetivos de conservación y producción en los bosques nativos chilenos. Capítulo 3. En: Donoso C.; Lara A. (eds). *Silvicultura de los Bosques Nativos de Chile*. 1ª Edición. Santiago (Chile). Editorial Universitaria. pp 69-89.
- Becerra, P.; Cruz, G. 2000. Diversidad vegetal de la Reserva Forestal Malalcahuello, IX Región, Chile. *Bosque (Chile)* 21 (2): 47-68.
- Bekessy, S.; Lara, A.; González, M. E.; Cortés, M.; Gallo, L.; Premoli, A.; Newton, A.; Izquierdo, F. 2004. Variación en *Araucaria araucana* (Molina) Koch. Capítulo 9. En: Donoso C.; Premoli A., Gallo L.; Ipinza R (eds.). *Variación Intraespecífica en las especies arbóreas de los bosques templados de Chile y Argentina*. 1ª Edición. Santiago (Chile). Editorial Universitaria. pp. 215-229.
- Blackhall M.; Raffaele E.; Veblen T. 2008. Efectos interactivos de *Chusquea culeou* y el ganado sobre la regeneración post-fuego de *Nothofagus dombeyi*. En: Segunda reunión sobre los *Nothofagus* en la Patagonia. Esquel (Argentina). Abril 22-24 de 2008. p 53.
- Bravo F.; Montero G. 2003. High-grading effects on Scots pine volume and basal area in pure stands in northern Spain. *Annals of Forest Science* 60 (1): 11-18.
- Burns, B. 1991. Regeneration dynamics of *Araucaria araucana*. Ph.D. Thesis, Department of Geography, University of Colorado, Boulder, Colorado, USA. 211 p.
- Burns, B. 1993. Fire-induced dynamics of *Araucaria araucana*-*Nothofagus antarctica* forest in the southern Andes. *Journal of Biogeography*. 20(6): 669-685.
- CONAF; CONAMA; BIRF; Universidad Austral de Chile; Pontificia Universidad Católica de Chile; Universidad de Temuco. 1999. Catastro y evaluación de recursos vegetacionales nativos de Chile. Informe nacional con variables ambientales. Santiago. Chile. 88 p.
- CONAF. 2003. Reserva Nacional Malalcahuello. INTERNET: [http://www.conaf.cl/?seccion\\_id=9fda424f670744d583d00811e46d9477&unidad=2](http://www.conaf.cl/?seccion_id=9fda424f670744d583d00811e46d9477&unidad=2) (Abril 12, 2009).

- Contraloría General de la República. 1954. Informe sobre concesiones madereras otorgadas en la Reserva Forestal de Malalcahuello. 30 p.
- Cortés M. 2003. Dinámica y conservación de *Araucaria araucana* (Mol.) Koch en la Cordillera de la Costa de Chile. Tesis de Magister. Valdivia, Chile. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile. 112 p.
- Dezzotti A.; Sbrancia M.; Rodríguez M.; Roat D.; Parisi A. 2003. Regeneración de un bosque mixto de *Nothofagus* (Nothofagaceae) después de una corta selectiva. Revista chilena de Historia Natural 76: 591-602.
- Donoso C. 1981. Tipos Forestales de los bosques nativos de Chile. Documento de Trabajo N°. 38. Investigación y Desarrollo Forestal (CONAF, PNUD-FAO) (Publicación FAO Chile). Publicación FAO. Chile. 82 p.
- Donoso, C. 1998. Bosques templados de Chile y Argentina; Variación, Estructura y dinámica. 4ª Edición. Santiago (Chile). Editorial Universitaria. 483 p.
- Donoso C.; González M. E.; Cortés M.; González C.; Donoso P.; Hernández M. 2008. Poblaciones de araucaria enana (*Araucaria araucana*) en la Cordillera de Nahuelbuta, Chile. Bosque (Chile) 29 (2): 170-175.
- Donoso C. 2008. Ecología Forestal. El bosque y su medioambiente. 6ª Edición. Santiago (Chile). Editorial Universitaria. 372 p.
- Drake A.; Herrera F.; Acuña E. 2005. Propuesta de manejo sustentable de *Araucaria araucana* (Mol. C. Koch). Bosque (Chile) 26 (1): 23-32.
- Garfias C. 2005. Desarrollo de un bosque floreado de lenga y coihue de magallanes en la provincia de última esperanza, XII región. Tesis Ingeniero Forestal. Santiago, Universidad de Chile, Fac. de Cs. Forestales. 38 p.
- González, M. E. 2002. Fire history of *Araucaria-Nothofagus* forests in the Andean cordillera of south-central Chile. Ph.D. Thesis, University of Colorado, Boulder, Colorado, USA. 388 p.
- González, M. E. Veblen T. Sibold J. 2005. Fire history of *Araucaria-Nothofagus* forests in Villarrica National Park, Chile. Journal of Biogeography (USA). 32: 1187-1202.
- González M. E.; Cortés M.; Izquierdo F.; Gallo L.; Echeverría C.; Bekkesy S. y Montaldo P. 2006. *Araucaria araucana* (Molina) K. Koch.; Araucaria(o), Pehuén, Piñonero, Pino Araucaria, Pino chileno, Pino del Neuquén, Monkey puzzle tree. En: Donoso C. (ed.). Las especies arbóreas de los bosques templados de Chile y Argentina: Autoecología. 1ª Edición. Valdivia (Chile). Marisa Cuneo ediciones. pp. 36-53.

- González M. E.; Veblen T. 2007. Incendios en bosques de *Araucaria araucana* y consideraciones ecológicas al madereo de aprovechamiento en áreas recientemente quemadas. *Revista chilena de historia natural (Chile)* 80 (2): 243-253.
- Herrmann T. 2006. Indigenous knowledge and management of *Araucaria araucana* forest in the Chilean Andes: implications for native forest conservation. *Biodiversity and Conservation* 15: 647-662.
- Iroumé A. 1997. Estudio de los procesos hidrológicos en una cuenca experimental forestal andina de la IX Región, Chile. *Bosque (Chile)* 18 (1): 73-81.
- Iroumé A.; Huber, A. 2000. Intercepción de las lluvias por la cubierta de bosques y efecto en los caudales de crecida en una cuenca experimental en Malalcahuello, IX Región, Chile. *Bosque (Chile)* 21 (1): 45-56.
- Lara A.; Donoso C. 1996. Utilización de los bosques nativos en Chile: Pasado, presente y futuro. En: Armesto J.; Villagran C.; Arroyo M. (eds.). *Ecología de los bosques nativos de Chile*. 1ª Edición. Santiago (Chile), Editorial Universitaria. pp. 363-386.
- Lara A.; Soto D.; Armesto J.; Donoso P.; Wernli C.; Nahuelhual L. & Squeo F. 2003. Componentes Científicos Clave para una Política Nacional Sobre Usos, Servicios y Conservación de los Bosques Nativos Chilenos. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. 134 p.
- Macel C. 1997. Una vez más la miseria ¿Es Chile un país sustentable?. Santiago (Chile). Lom Ediciones. 216 p.
- Martínez O. 1960. Administración de la Reserva Forestal de Malalcahuello. Tesis Ingeniero Forestal. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Fac. de Cs. Forestales. 71 p.
- Morales E. 1990. Perspectivas en el manejo del bosque nativo. *Ambiente y Desarrollo* 6 (2): 85-94.
- Otero, L. 2006. La huella del fuego: historia de los bosques nativos poblamiento y cambios en el paisaje del sur de Chile. Santiago (Chile), Pehuén. 168 p.
- Pauchard A.; Alaback P. 2002. La amenaza de plantas invasoras. *Chile Forestal (Chile)* 289:13-15.
- Pollmann W. 2002. Effects of natural disturbance and selective logging on *Nothofagus* forests in south-central Chile. *Journal of Biogeography (USA)* 29: 955-970.

- Pulido F.J.; Díaz B.; Martínez G. 2000. Incidencia del ramoneo del guanaco (*Lama guanicoe* müller) sobre la regeneración temprana en bosques de lenga (*Nothofagus pumilio* (poepp et endl) krasser) de tierra del fuego, Argentina. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales* (Argentina) 9 (2): pp. 381-394.
- Rechene C.; Bava J.; Mujica R. 2003. Los bosques de *Araucaria araucana* en Chile y Argentina. Programa de Apoyo Ecológico (TOEB) Investigaciones de bosques tropicales. Sociedad Alemana de Technische Zusammenarbeit (GTZ). Alemania. 158 p.
- Saelzer F. 1973. Las prohibiciones de corta en la Legislación Chilena de Bosques. Publicación Docente N° 1 del Instituto de Manejo y Economía Forestal, Universidad Austral de Chile. p 57
- Schmidt H. 1977. Dinámica de un bosque virgen de *Araucaria-Lenga* (Chile). *Bosque* (Chile) 2 (1): 3-11.
- Szejner P. 2007. Estructura, Dinámica y Estado de conservación de los bosques de *Pilgerodendron uviferum* (D. Don) Florín, en la Reserva Nacional Valdivia. Tesis Ingeniero Forestal. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Fac. de Cs. Forestales. 33 p.
- Tortorelli L. 1942. La explotación racional de los bosques de *Araucaria* de Nequén, su importancia económica. Argentina. Escuela de Estudios Argentinos. Buenos Aires. 74 p.
- UACH. 1999. Informe País, Estado del Medio ambiente en Chile. Santiago (Chile). Lom Ediciones. 404 p.
- Veblen T.; Donoso C. 1987. Alteración natural y dinámica regenerativa de las especies chilenas de *Nothofagus* de la región de los lagos. *Bosque* (Chile) 8 (2): 133-142.
- Veblen T. 1982. Regeneration patterns in *Araucaria araucana* forests in Chile. *Journal of Biogeography* (USA) 9 (1): 11-28.
- Veblen T.; Schlegel F. 1982. Reseña ecológica de los bosques del sur de Chile. *Bosque* (Chile) 4 (2): 73-115.
- Veblen T.; Kitzberger T.; Burns B.; Rebertus A. 1996. Perturbaciones y dinámica de regeneración en bosques del sur de Chile y Argentina. En: Armesto J.; Villagran C.; Arroyo M. (eds.). *Ecología de los bosques nativos de Chile*. 1ª Edición. Santiago (Chile), Editorial Universitaria. pp. 169-198.

Ward J.; Stephens G.; Ferrandino F. 2005. Influence of cutting method on stand growth in sawtimber oak stands. Northern journal of applied forestry (USA) 22 (1) :59-67.

## **ANEXOS**

**Anexo 1**  
***Abstract and Key words***

## Structure and composition of the forests of *Araucaria-Nothofagus* on the Reserve National Malalcahuello, selective post-exploitation

Abstract:

The present study analyzes the history of forest logging within the Malalcahuello National Reserve (IX Region of Chile) since 1945. Also, it determines the influence of the practice of high-grading (floreo) on the structure and composition of the *Araucaria-Nothofagus* forests located in the El Coloradito within the Reserve National.

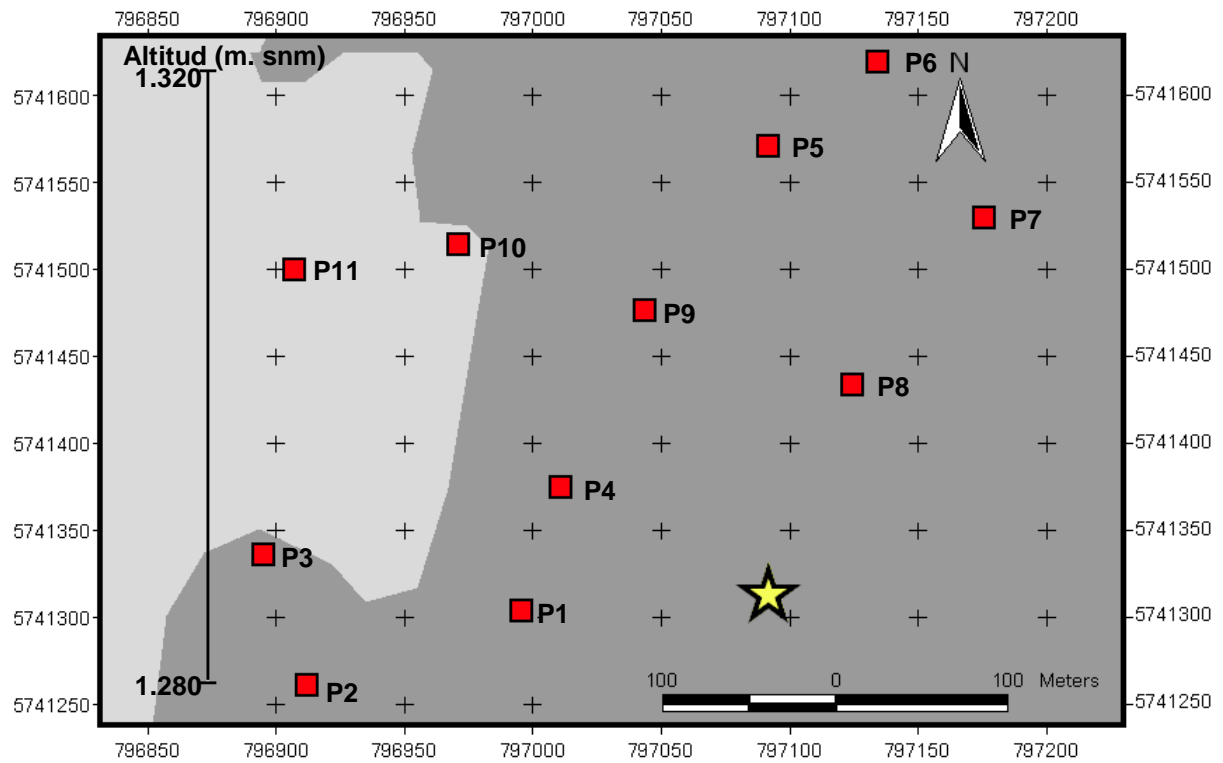
It was determined the type of diametrical structure that presents the residual forest. Simultaneously, it is calculated parameters of basal area and quadratic average diameter of the residual and extracted trees. It was evaluated the vertical structure of the tree component taking into account height and the sociological position of the individuals. From Increment cores of *Nothofagus dombeyi* and *Nothofagus pumilio* were determined dates of establishment and cohorts in the area. With the purpose of link the dates of establishment of the *Nothofagus* species to fire disturbances, it was preliminary dated fire events in 15 samples of *Araucaria araucana* collected in the area. It was determined the density of tree regeneration, the dominance and the diversity of herb cover species according to its life form.

The forest studied showed a multietanean structure of irregular type. Tree forest presented two tendencies classified as "Structure A" where the species together tended to generate a curve of diametrical distribution in form of "inverse j"; and stand of "Structure B", with even aged distributions, with one or three cohorts of *N. dombeyi*. At the same time *N. dombeyi* showed the highest residual density it's present in followed by *A. araucana*. The species *N.dombeyi* presented the highest number of trees extracted with a basal area extracted between 17 a 87 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>. The vertical structure of the forest is multi-stratum, were *A. araucana* the specie that present the greater number of individuals submerged. Four pulses of establishment were coincident with the dates of fire events in *A. araucana*. On the other hand, 38 species were regenerating in the undergrowth were of which five are exotic. Tree regeneration number was low, while the species richness according to the index of Margalef was high, influenced by human action.

It was concluded that the practices of high-grading during the last decades and fire occurrence have shaped the landscape and the current structure of the *Araucaria-Nothofagus* forests of in the area El Coloradito. Simultaneously, the presence of cattle within the forest has determined the introduction of exotic species.

Key words: Forests of *Araucaria-Nothofagus*, high-grading, fires.

**Anexo 2**  
**Mapa de ubicación geográfica de las unidades muestrales dentro del área de estudio**



Leyenda.

- Unidades muestrales (1000 m<sup>2</sup>).
- ★ Sector de ubicación aserradero en los años de explotación.

Figura 1. Distribución de unidades muestrales dentro del área de estudio

**Anexo 3**  
**Tablas de rodal por parcela**

Cuadro 1 tabla de rodal *Araucaria araucana* parcela nº 1.

Clase (cm)	árboles/ha	tocones/ha	AB árboles (m <sup>2</sup> /ha)	AB tocones (m <sup>2</sup> /ha)
10	70	0	0,55	0
20	50	0	1,57	0
30	30	10	2,12	0,71
40	0	0	0	0
50	20	10	3,93	1,96
60	0	10	0	2,83
70	10	0	3,85	0
Total	180	30	12,02	5,50

Cuadro 2. Tabla de rodal *Nothofagus dombeyi* parcela nº 1.

Clase (cm)	árboles/ha	tocones/ha	AB árboles (m <sup>2</sup> /ha)	AB tocones (m <sup>2</sup> /ha)
10	20	0	0,16	0
20	30	0	0,94	0
30	40	0	2,83	0
40	80	0	10,05	0
50	40	10	7,85	1,96
60	40	0	11,31	0
70	50	20	19,24	7,70
80	10	0	5,03	0
90	10	0	6,36	0
100	0	10	0	7,85
Total	320	40	63,77	17,51

Cuadro 3. Tabla de rodal *Nothofagus pumilio* parcela nº 1.

Clase (cm)	árboles/ha	AB árboles (m <sup>2</sup> /ha)
10	0	0
20	0	0
30	0	0
40	10	1,26
50	0	0
60	20	5,65
Total	30	6,91

Cuadro 4. Tabla de rodal *Araucaria araucana* parcela n° 2.

Clase (cm)	árboles/ha	AB árboles (m <sup>2</sup> /ha)
10	290	2,28
20	90	2,83
30	30	2,12
40	30	3,77
50	30	5,89
60	0	0
70	0	0,00
80	0	0
90	10	6,36
Total	480	23,25

Cuadro 5. Tabla de rodal *Nothofagus dombeyi* parcela n° 2.

Clase (cm)	árboles/ha	tocones/ha	AB árboles (m <sup>2</sup> /ha)	AB tocones (m <sup>2</sup> /ha)
10	50	0	0,39	0
20	30	0	0,94	0
30	0	0	0	0
40	20	0	2,51	0
50	30	0	5,89	0
60	20	10	5,65	3
70	30	0	11,55	0
80	10	0	5,03	0
90	0	0	0	0
100	0	0	0	0
110	0	0	0	0
120	0	0	0	0
130	0	0	0	0
140	0	10	0	15
Total	190	20	31,97	15,39

Cuadro 6. Tabla de rodal *Nothofagus pumilio* parcela n° 2.

Clase (cm)	árboles/ha	AB árboles (m <sup>2</sup> /ha)
10	0	0
20	0	0
30	0	0
40	20	2,51
50	10	2
Total	30	4,48

Cuadro 7. Tabla de rodal *Araucaria araucana* parcela n° 3.

<i>Araucaria araucana</i>				
Clase (cm)	árboles/ha	tocones/ha	AB árboles (m <sup>2</sup> /ha)	AB tocones (m <sup>2</sup> /ha)
10	50	0	0,39	0
20	50	0	1,57	0
30	0	0	0,00	0
40	10	0	1,26	0
50	0	0	0	0
60	0	10	0	3
70	0	10	0	4
80	0	0	0	0,00
90	0	10	0	6,36
100	0	0	0	0
110	0	0	0	0
120	0	0	0	0
130	10	0	13,27	0
Total	120	30	16,49	13,04

Cuadro 8. Tabla de rodal *Nothofagus dombeyi* parcela n° 3.

Clase (cm)	árboles/ha	tocones/ha	AB árboles (m <sup>2</sup> /ha)	AB tocones (m <sup>2</sup> /ha)
10	210	0	1,65	0
20	10	0	0,31	0
30	0	0	0	0
40	20	0	2,51	0
50	10	0	1,96	0
60	0	0	0	0
70	0	0	0	0
80	10	10	5,03	5,03
90	10	10	6	6,36
100	0	20	0	15,71
110	0	0	0	0
120	10	20	11	23
130	0	10	0	13,27
Total	280	70	29,14	62,99

Cuadro 9. Tabla de rodal *Nothofagus pumilio* parcela n° 3.

Clase (cm)	árboles/ha	AB árboles (m <sup>2</sup> /ha)
10	0	0
20	0	0
30	0	0
40	0	0
50	10	2
60	10	2,83
70	0	0
Total	20	4,79

Cuadro 10. Tabla de rodal *Araucaria araucana* parcela n° 4

Clase (cm)	árboles/ha	tocones/ha	AB árboles (m <sup>2</sup> /ha)	AB tocones (m <sup>2</sup> /ha)
10	10	0	0,08	0
20	0	0	0	0
30	0	0	0	0
40	20	0	2,51	0
50	0	0	0	0
60	0	0	0	0
70	0	10	0	4
80	0	0	0	0
90	0	0	0	0
100	0	10	0	8
Total	30	20	2,59	11,70

Cuadro 11. Tabla de rodal *Nothofagus dombeyi* parcela n° 4.

Clase (cm)	árboles/ha	tocones/ha	AB árboles (m <sup>2</sup> /ha)	AB tocones (m <sup>2</sup> /ha)
10	60	0	0,47	0
20	40	10	1,26	0
30	30	0	2	0
40	40	20	5,03	3
50	40	0	7,85	0
60	20	10	6	3
70	30	20	12	8
80	0	20	0	10
90	0	0	0	0
100	0	0	0	0
110	0	20	0	19,01
120	10	0	11	0
130	0	0	0	0
140	0	10	0	15
150	10	10	18	17,67
Total	280	120	62,91	75,48

Cuadro 12. Tabla de rodal *Nothofagus pumilio* parcela n° 4.

Clase (cm)	árboles/ha	AB árboles (m <sup>2</sup> /ha)
10	50	0
20	0	0
30	10	0,71
Total	60	1,10

Cuadro 13. Tabla de rodal *Araucaria araucana* parcela nº 5.

Clase (cm)	árboles/ha	tocones/ha	AB árboles (m <sup>2</sup> /ha)	AB tocones (m <sup>2</sup> /ha)
10	70	0	0,55	0
20	50	0	1,57	0
30	30	10	2,12	1
40	0	0	0	0
50	20	10	4	2
60	0	10	0	3
70	10	0	4	0
Total	180	30	12,02	5,50

Cuadro 14. Tabla de rodal *Nothofagus dombeyi* parcela nº 5.

Clase (cm)	árboles/ha	tocones/ha	AB árboles (m <sup>2</sup> /ha)	AB tocones (m <sup>2</sup> /ha)
10	20	0	0,16	0
20	30	0	0,94	0
30	40	0	3	0
40	80	0	10,05	0
50	40	10	7,85	2
60	40	0	11	0
70	50	20	19	8
80	10	0	5,03	0
90	10	0	6	0
100	0	10	0	7,85
Total	320	40	63,77	17,51

Cuadro 15. Tabla de rodal *Nothofagus pumilio* parcela nº 5.

Clase (cm)	árboles/ha	AB árboles (m <sup>2</sup> /ha)
10	0	0
20	0	0
30	0	0
40	10	1
50	0	0
60	20	5,65
Total	30	6,91

Cuadro 16. Tabla de rodal *Araucaria araucana* parcela n° 6.

Clase (cm)	árboles/ha	AB árboles (m <sup>2</sup> /ha)
10	290	2,28
20	90	2,83
30	30	2,12
40	30	3,77
50	30	5,89
60	0	0
70	0	0
80	0	0
90	10	6,36
<b>Total</b>	<b>480</b>	<b>23,25</b>

Cuadro 17. Tabla de rodal *Nothofagus dombeyi* parcela n° 6.

Clase (cm)	árboles/ha	tocones/ha	AB árboles (m <sup>2</sup> /ha)	AB tocones (m <sup>2</sup> /ha)
10	50	0	0,39	0
20	30	0	0,94	0
30	0	0	0	0
40	20	0	3	0
50	30	0	6	0
60	20	10	6	3
70	30	0	12	0
80	10	0	5,03	0
90	0	0	0	0
100	0	0	0	0
110	0	0	0	0
120	0	0	0	0
130	0	0	0	0
140	0	10	0	15,39
<b>Total</b>	<b>190</b>	<b>20</b>	<b>31,97</b>	<b>18,22</b>

Cuadro 18. Tabla de rodal *Nothofagus pumilio* parcela n° 6.

Clase (cm)	árboles/ha	AB árboles (m <sup>2</sup> /ha)
10	0	0
20	0	0
30	0	0
40	20	3
50	10	2
<b>Total</b>	<b>30</b>	<b>4,48</b>

Cuadro 19. Tabla de rodal *Araucaria araucana* parcela n° 7.

Clase (cm)	árboles/ha	tocones/ha	AB árboles (m <sup>2</sup> /ha)	AB tocones (m <sup>2</sup> /ha)
10	50	0	0,39	0
20	50	0	1,57	0
30	0	0	0,00	0
40	10	0	1,26	0
50	0	0	0	0
60	0	10	0	2,83
70	0	10	0	3,85
80	0	0	0	0
90	0	10	0	6,36
100	0	0	0	0
110	0	0	0	0
120	0	0	0	0
130	10	0	13	0
Total	120	30	16,49	13,04

Cuadro 20. Tabla de rodal *Nothofagus dombeyi* parcela n° 7.

Clase (cm)	árboles/ha	tocones/ha	AB árboles (m <sup>2</sup> /ha)	AB tocones (m <sup>2</sup> /ha)
10	210	0	1,65	0
20	10	0	0,31	0
30	0	0	0	0
40	20	0	2,51	0
50	10	0	1,96	0
60	0	0	0	0
70	0	0	0	0
80	10	10	5	5
90	10	10	6	6
100	0	20	0	16
110	0	0	0	0
120	10	20	11	23
130	0	10	0	13,27
Total	280	70	29,14	62,99

Cuadro 21. Tabla de rodal *Nothofagus pumilio* parcela n° 7.

Clase (cm)	árboles/ha	AB árboles (m <sup>2</sup> /ha)
10	0	0
20	0	0
30	0	0
40	0	0
50	10	1,96
60	10	2,83
70	0	0
Total	20	4,79

Cuadro 22. Tabla de rodal *Araucaria araucana* parcela nº 8.

Clase (cm)	árboles/ha	tocones/ha	AB árboles (m <sup>2</sup> /ha)	AB tocones (m <sup>2</sup> /ha)
10	10	0	0,08	0
20	0	0	0	0
30	0	0	0	0
40	20	0	2,51	0
50	0	0	0	0
60	0	0	0	0
70	0	10	0	3,85
80	0	0	0	0
90	0	0	0	0
100	0	10	0	7,85
Total	30	20	2,59	11,70

Cuadro 23. Tabla de rodal *Nothofagus dombeyi* parcela nº 8.

Clase (cm)	árboles/ha	tocones/ha	AB árboles (m <sup>2</sup> /ha)	AB tocones (m <sup>2</sup> /ha)
10	60	0	0,47	0
20	40	10	1,26	0
30	30	0	2,12	0
40	40	20	5,03	2,51
50	40	0	7,85	0
60	20	10	5,65	2,83
70	30	20	11,55	7,70
80	0	20	0	10
90	0	0	0	0
100	0	0	0	0
110	0	20	0	19,01
120	10	0	11,31	0
130	0	0	0	0
140	0	10	0	15,39
150	10	10	17,67	17,67
Total	280	120	62,91	75,48

Cuadro 24. Tabla de rodal *Nothofagus pumilio* parcela nº 8.

Clase (cm)	árboles/ha	AB árboles (m <sup>2</sup> /ha)
10	50	0
20	0	0
30	10	1
Total	60	1,10

Cuadro 25. Tabla de rodal *Araucaria araucana* parcela nº 9.

Clase (cm)	árboles/ha	tocones/ha	AB árboles (m <sup>2</sup> /ha)	AB tocones (m <sup>2</sup> /ha)
10	70	0	0,55	0
20	20	0	0,63	0
30	40	0	2,83	0
40	30	0	3,77	0
50	10	0	1,96	0
60	20	10	5,65	2,83
Total	190	10	15,39	2,83

Cuadro 26. Tabla de rodal *Nothofagus dombeyi* parcela nº 9.

Clase (cm)	árboles/ha	tocones/ha	AB árboles (m <sup>2</sup> /ha)	AB tocones (m <sup>2</sup> /ha)
10	30	0	0,24	0
20	50	0	1,57	0
30	70	0	4,95	0
40	80	20	10,05	2,51
50	60	10	11,78	1,96
60	50	0	14,14	0
70	20	10	7,70	3,85
80	20	10	10,05	5,03
90	0	10	0	6,36
Total	380	60	60,48	19,71

Cuadro 27. Tabla de rodal *Nothofagus pumilio* parcela nº 9.

Clase (cm)	árboles/ha	AB árboles (m <sup>2</sup> /ha)
10	0	0
20	0	0
30	0	0
40	10	1,26
Total	10	1,26

Cuadro 28. Tabla de rodal *Araucaria araucana* parcela nº 10.

Clase (cm)	árboles/ha	tocones/ha	AB árboles (m <sup>2</sup> /ha)	AB tocones (m <sup>2</sup> /ha)
10	90	0	0,71	0
20	70	0	2,20	0
30	30	0	2,12	0
40	30	10	3,77	1,26
50	0	0	0	0
60	20	10	5,65	2,83
Total	240	20	14,45	4,08

Cuadro 29. Tabla de rodal *Nothofagus dombeyi* parcela nº 10.

Clase (cm)	árboles/ha	tocones/ha	AB árboles (m <sup>2</sup> /ha)	AB tocones (m <sup>2</sup> /ha)
10	1030	0	8,09	0
20	110	0	3,46	0
30	30	0	2,12	0
40	0	0	0	0
50	0	0	0	0
60	0	0	0	0
70	30	0	11,55	0
80	10	0	5,03	0
90	0	10	0	6,36
100	10	20	7,85	15,71
110	0	0	0	0
120	0	10	0	11,31
Total	1220	40	38,09	33,38

Cuadro 30. Tabla de rodal *Nothofagus dombeyi* parcela nº 10.

Clase (cm)	árboles/ha	AB árboles (m <sup>2</sup> /ha)
10	0	0
20	0	0
30	0	0
40	0	0
50	0	0
60	0	0
70	10	3,85
Total	10	3,85

Cuadro 31. Tabla de rodal *Araucaria araucana* parcela nº 11.

Clase (cm)	árboles/ha	tocones/ha	AB árboles (m <sup>2</sup> /ha)	AB tocones (m <sup>2</sup> /ha)
10	100	0	0,79	0
20	100	10	3,14	0
30	30	0	2,12	0
40	40	0	5,03	0
50	10	0	1,96	0
60	0	0	0	0
70	20	0	7,70	0
80	0	10	0	5,03
90	10	10	6,36	6,36
Total	310	30	27,10	11,70

Cuadro 32. Tabla de rodal *Nothofagus dombeyi* parcela nº 11.

Clase (cm)	árboles/ha	tocones/ha	AB árboles (m <sup>2</sup> /ha)	AB tocones (m <sup>2</sup> /ha)
10	1530	0	12,02	0
20	120	0	3,77	0
30	80	0	5,65	0
40	30	0	3,77	0
50	0	0	0	0
60	0	0	0	0
70	0	10	0	3,85
80	0	10	0	5,03
90	0	0	0	0
100	0	20	0	15,71
110	0	10	0	9,50
Total	1760	50	25,21	34,09

Cuadro 33. Tabla de rodal *Nothofagus dombeyi* parcela nº 11.

Clase (cm)	árboles/ha	AB árboles (m <sup>2</sup> /ha)
10	80	0,63
20	30	0,94
30	10	0,71
40	0	0
50	0	0
60	10	2,83
Total	130	5,11

**Anexo 4**  
**Estadísticas de regresiones de diámetros por parcela (DAP 1,3 m / DAT 0,5m)**

Cuadro 1. Estadística de la regresión lineal DAP/DAT por especie. Parcela nº 1.

<i>Araucaria araucana</i>	
<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coeficiente de correlación múltiple	0,96
Coeficiente de determinación R <sup>2</sup>	0,92
R <sup>2</sup> ajustado	0,92
Error típico	0,05
Observaciones	18
<i>Coeficientes</i>	
Intercepción	0,01
Variable X 1	0,85
<i>Nothofagus dombeyi</i>	
<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coeficiente de correlación múltiple	0,87
Coeficiente de determinación R <sup>2</sup>	0,76
R <sup>2</sup> ajustado	0,75
Error típico	0,10
Observaciones	32
<i>Coeficientes</i>	
Intercepción	0,13
Variable X 1	0,65

Cuadro 2. Estadística de la regresión lineal DAP/DAT por especie. Parcela nº 2.

<i>Nothofagus dombeyi</i>	
<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coeficiente de correlación múltiple	0,99
Coeficiente de determinación R <sup>2</sup>	0,98
R <sup>2</sup> ajustado	0,98
Error típico	0,04
Observaciones	19
<i>Coeficientes</i>	
Intercepción	0,03
Variable X 1	0,76

Cuadro 3. Estadística de la regresión lineal DAP/DAT por especie. Parcela nº 3. (continúa).

<i>Araucaria araucana</i>	
<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coeficiente de correlación múltiple	1,00
Coeficiente de determinación R <sup>2</sup>	1,00
R <sup>2</sup> ajustado	1,00
Error típico	0,01
Observaciones	12
<i>Coeficientes</i>	
Intercepción	-0,01
Variable X 1	0,89

Continuación cuadro 3. Estadística de la regresión lineal DAP/DAT por especie. Parcela nº 3.

<i>Nothofagus dombeyi</i>	
<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coeficiente de correlación múltiple	1,00
Coeficiente de determinación R <sup>2</sup>	1,00
R <sup>2</sup> ajustado	1,00
Error típico	0,02
Observaciones	28
<i>Coeficientes</i>	
Intercepción	0,00
Variable X 1	0,83

Cuadro 4. Estadística de la regresión lineal DAP/DAT por especie. Parcela nº 4.

<i>Araucaria araucana</i>	
<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coeficiente de correlación múltiple	1,00
Coeficiente de determinación R <sup>2</sup>	1,00
R <sup>2</sup> ajustado	1,00
Error típico	0,00
Observaciones	3
<i>Coeficientes</i>	
Intercepción	-0,02
Variable X 1	0,87
<i>Nothofagus dombeyi</i>	
<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coeficiente de correlación múltiple	0,99
Coeficiente de determinación R <sup>2</sup>	0,97
R <sup>2</sup> ajustado	0,97
Error típico	0,05
Observaciones	28
<i>Coeficientes</i>	
Intercepción	-0,02
Variable X 1	0,88

Cuadro 5. Estadística de la regresión lineal DAP/DAT por especie. Parcela nº 5. (continúa).

<i>Araucaria araucana</i>	
<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coeficiente de correlación múltiple	0,99
Coeficiente de determinación R <sup>2</sup>	0,99
R <sup>2</sup> ajustado	0,99
Error típico	0,01
Observaciones	15
<i>Coeficientes</i>	
Intercepción	-0,02
Variable X 1	0,90

Continuación cuadro 5. Estadística de la regresión lineal DAP/DAT por especie. Parcela nº 5.

<i>Nothofagus dombeyi</i>	
<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coeficiente de correlación múltiple	0,99
Coeficiente de determinación R <sup>2</sup>	0,99
R <sup>2</sup> ajustado	0,99
Error típico	0,04
Observaciones	13
<i>Coeficientes</i>	
Intercepción	0,02
Variable X 1	0,80

Cuadro 6. Estadística de la regresión lineal DAP/DAT por especie. Parcela nº 6.

<i>Araucaria araucana</i>	
<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coeficiente de correlación múltiple	0,99
Coeficiente de determinación R <sup>2</sup>	0,98
R <sup>2</sup> ajustado	0,97
Error típico	0,02
Observaciones	6
<i>Coeficientes</i>	
Intercepción	-0,03
Variable X 1	0,91
<i>Nothofagus dombeyi</i>	
<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coeficiente de correlación múltiple	0,97
Coeficiente de determinación R <sup>2</sup>	0,94
R <sup>2</sup> ajustado	0,94
Error típico	0,05
Observaciones	22
<i>Coeficientes</i>	
Intercepción	0,14
Variable X 1	0,62

Cuadro 7. Estadística de la regresión lineal DAP/DAT por especie. Parcela nº 7. (continúa).

<i>Araucaria araucana</i>	
<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coeficiente de correlación múltiple	0,98953339
Coeficiente de determinación R <sup>2</sup>	0,97917632
R <sup>2</sup> ajustado	0,9775745
Error típico	0,02145702
Observaciones	15
<i>Coeficientes</i>	
Intercepción	-0,00066484
Variable X 1	0,85290328

Continuación cuadro 7. Estadística de la regresión lineal DAP/DAT por especie. Parcela nº 7.

<i>Nothofagus dombeyi</i>	
<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0,93054824
Coefficiente de determinación R <sup>2</sup>	0,86592002
R <sup>2</sup> ajustado	0,86339021
Error típico	0,08575213
Observaciones	55
<i>Coefficientes</i>	
Intercepción	0,01567639
Variable X 1	0,82100364

Cuadro 8. Estadística de la regresión lineal DAP/DAT por especie. Parcela nº 8.

<i>Araucaria araucana</i>	
<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	1,00
Coefficiente de determinación R <sup>2</sup>	1,00
R <sup>2</sup> ajustado	1,00
Error típico	0,02
Observaciones	6
<i>Coefficientes</i>	
Intercepción	-0,01
Variable X 1	0,89
<i>Nothofagus dombeyi</i>	
<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	1,00
Coefficiente de determinación R <sup>2</sup>	0,99
R <sup>2</sup> ajustado	0,99
Error típico	0,03
Observaciones	20
<i>Coefficientes</i>	
Intercepción	-0,02
Variable X 1	0,88

Cuadro 9. Estadística de la regresión lineal DAP/DAT por especie. Parcela nº 9. (continúa).

<i>Araucaria araucana</i>	
<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0,99
Coefficiente de determinación R <sup>2</sup>	0,99
R <sup>2</sup> ajustado	0,99
Error típico	0,02
Observaciones	17
<i>Coefficientes</i>	
Intercepción	-0,01
Variable X 1	0,84

Continuación cuadro 9. Estadística de la regresión lineal DAP/DAT por especie. Parcela nº 9.

<i>Nothofagus dombeyi</i>	
<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coeficiente de correlación múltiple	0,95
Coeficiente de determinación R <sup>2</sup>	0,90
R <sup>2</sup> ajustado	0,90
Error típico	0,06
Observaciones	38
<i>Coeficientes</i>	
Intercepción	0,02
Variable X 1	0,71

Cuadro 10. Estadística de la regresión lineal DAP/DAT por especie. Parcela nº 10.

<i>Araucaria araucana</i>	
<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coeficiente de correlación múltiple	0,99177447
Coeficiente de determinación R <sup>2</sup>	0,9836166
R <sup>2</sup> ajustado	0,9828719
Error típico	0,02133155
Observaciones	24
<i>Coeficientes</i>	
Intercepción	-0,00715123
Variable X 1	0,88396496
<i>Nothofagus dombeyi</i>	
<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coeficiente de correlación múltiple	0,92112722
Coeficiente de determinación R <sup>2</sup>	0,84847536
R <sup>2</sup> ajustado	0,84721265
Error típico	0,05752372
Observaciones	122
<i>Coeficientes</i>	
Intercepción	0,0114472
Variable X 1	0,79393207

Cuadro 11. Estadística de la regresión lineal DAP/DAT por especie. Parcela nº 11. (continúa).

<i>Araucaria araucana</i>	
<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coeficiente de correlación múltiple	0,9970006
Coeficiente de determinación R <sup>2</sup>	0,99401021
R <sup>2</sup> ajustado	0,99380366
Error típico	0,01591435
Observaciones	31
<i>Coeficientes</i>	
Intercepción	-0,00654258
Variable X 1	0,92710901

Continuación cuadro 11. Estadística de la regresión lineal DAP/DAT por especie. Parcela nº 11.

<i>Nothofagus dombeyi</i>	
<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0,9882441
Coefficiente de determinación R <sup>2</sup>	0,97662641
R <sup>2</sup> ajustado	0,97649207
Error típico	0,01052633
Observaciones	176
<i>Coefficientes</i>	
Intercepción	-0,00434392
Variable X 1	0,93084689

**Anexo 5**  
**Estadísticas de regresiones de alturas por especie (DAP 1,3 m / Altura)**

Cuadro 1. Estadística de la regresión lineal DAP/Altura para *Araucaria araucana*.

Estadísticas de la regresión	
Coeficiente de correlación múltiple	0,80
Coeficiente de determinación R <sup>2</sup>	0,64
R <sup>2</sup> ajustado	0,63
Error típico	3,20
Observaciones	42
Coeficientes	
Intercepción	7,50
Variable X 1	0,18

Cuadro 2. Estadística de la regresión lineal DAP/Altura para *Nothofagus dombeyi*.

Estadísticas de la regresión	
Coeficiente de correlación múltiple	0,84
Coeficiente de determinación R <sup>2</sup>	0,70
R <sup>2</sup> ajustado	0,70
Error típico	3,91
Observaciones	51
Coeficientes	
Intercepción	7,24
Variable X 1	0,23

Cuadro 3. Estadística de la regresión lineal DAP/Altura para *Nothofagus pumilio*.

Estadísticas de la regresión	
Coeficiente de correlación múltiple	0,85
Coeficiente de determinación R <sup>2</sup>	0,73
R <sup>2</sup> ajustado	0,69
Error típico	3,82
Observaciones	10
Coeficientes	
Intercepción	8,50
Variable X 1	0,20

**Anexo 6**  
**Fotografías**



Figura 1. Basas de *Araucaria araucana* descompuestas. Entregadas por los concesionarios madereros a la administración de la Reserva hace aproximadamente 50 años como parte de pago.



Figura 2. Cicatriz fustal causada por fuego. A) Cicatriz en *Nothofagus dombeyi*. B) Cicatriz en *Araucaria araucana*.

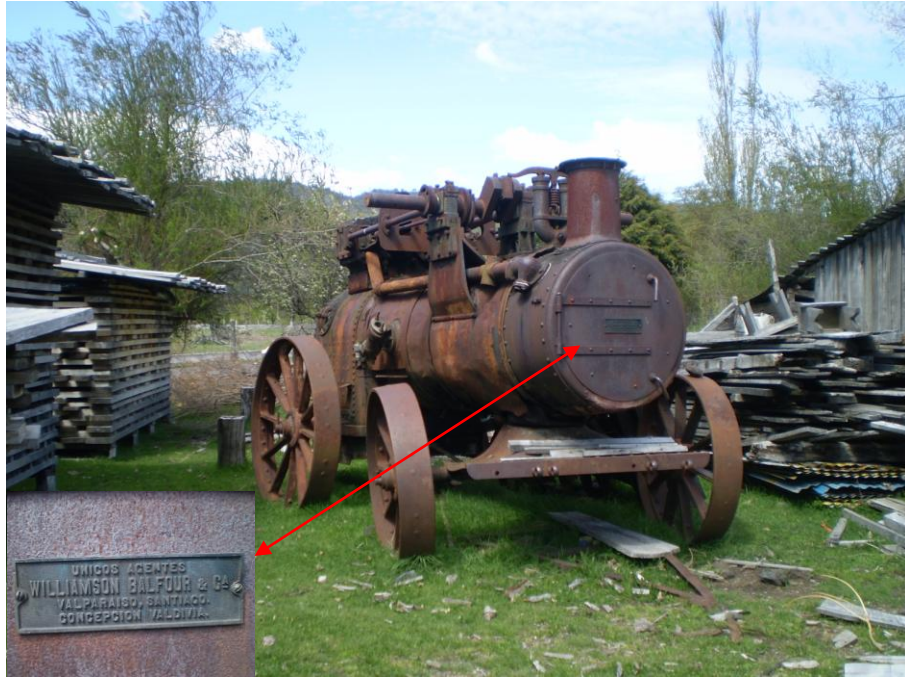


Figura 3. Motor a vapor utilizado en las faenas de aserrío de trozas.



Figura 4. Carro utilizado para transportar las trozas desde el bosque al aserradero.



Figura 5. Vacunos ramoneando regeneración de *Nothofagus dombeyi*. Al fondo, *Chusquea culeou* ramoneado.



Figura 6. Propietarios moviendo ganado dentro de la reserva.



Figura 7. Tocón de *Araucaria araucana* registrado en parcela N° 3.



Figura 8. Tocón de *Nothofagus dombeyi* registrado en parcela N° 9.



Figura 9. Árbol de *Nothofagus dombeyi* derribado por viento.



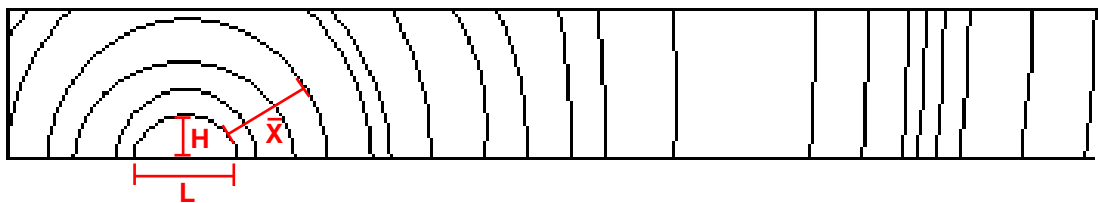
Figura 10. Trozos de *Araucaria araucana* y *Nothofagus dombeyi* utilizados como cerco por un propietario contiguo a la reserva.

### **Anexo 7**

**Cuadro resumen diámetros medios cuadráticos (cm) por especie y por parcela.  
Formula de Duncan (1989) para estimar los añillos faltantes.**

Cuadro 1. Diámetro medio cuadrático (cm) por especie y parcela de árboles residuales y extraídos.

Parcela	Especie				
	árboles			tocones	
	<i>A. araucana</i>	<i>N. dombeyi</i>	<i>N. pumilio</i>	<i>A. araucana</i>	<i>N. dombeyi</i>
p1	29,2	29,2	54,2	74,7	48,3
p2	24,8	24,8	43,6	107,7	0,0
p3	41,8	41,8	55,2	107,0	74,4
p4	33,2	33,2	15,3	89,5	86,3
p5	35,1	35,1	69,6	70,7	55,7
p6	49,0	49,0	0,0	60,8	70,0
p7	38,5	38,5	0,0	90,2	60,0
p8	46,4	46,4	30,3	93,7	30,0
p9	32,1	32,1	40,0	64,7	60,0
p10	27,7	27,7	70,0	103,1	51,0
p11	33,4	33,4	22,4	93,2	70,5



Formula: 
$$NAF = \frac{\left[ \frac{L^2}{8H} + \frac{H}{2} \right]}{\bar{x}}$$

Donde: NAF= Número de anillos faltantes

L = Largo de anillo faltante

H= Altura de anillo faltante

$\bar{x}$ = Acho de anillos dividido en 3

Figura 1. Método de Duncan (1989) para estimar los años faltantes al centro.

**Anexo 8**  
**Gráficos de regeneración arbórea por especie y por parcela**

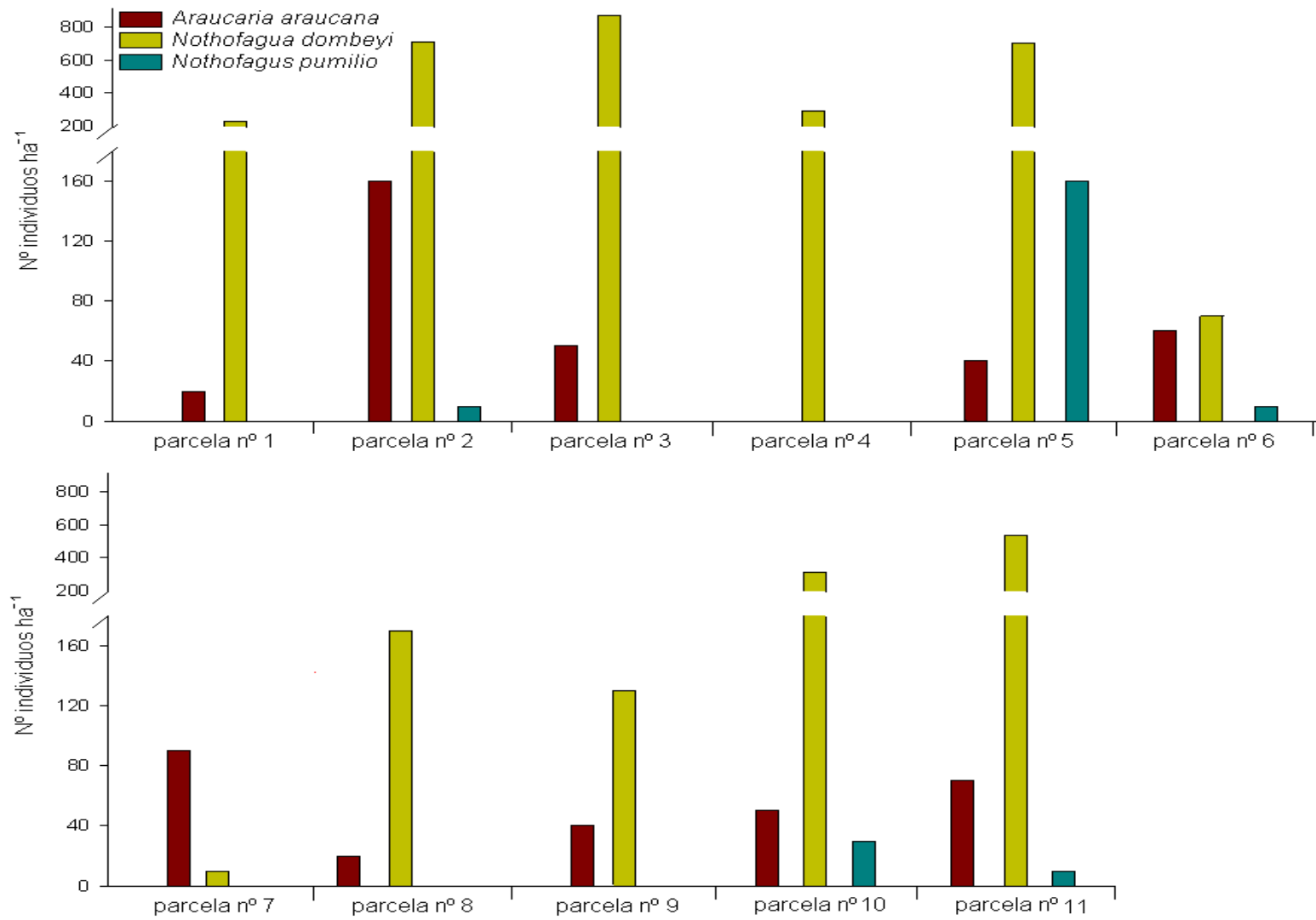


Figura 1. Regeneración arbórea por especie y por parcelas encontrada en el área de estudio El Coloradito.